ННГАСУ

КОНКУРС

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

СНО ННГАСУ

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ИТОГАМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ СТУДЕНТОВ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ИМ. В.В. НАЙДЕНКО

Сборник докладов

Нижний Новгород
22-24 апреля 2026 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Всероссийская научно-техническая конференция по итогам исследовательских работ студентов архитектурно-строительных специальностей им. В.В. Найденко

Сборник докладов

Нижний Новгород
ННГАСУ
2026

ББК 38
УДК [72+69]:005.745
В 85

Публикуется в авторской редакции

Всероссийская научно-техническая конференция по итогам исследовательских работ студентов архитектурно-строительных специальностей им. В.В. Найденко : сборник докладов (Н. Новгород, ННГАСУ, 22-24 апреля 2026 года) / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет ; редкол. : А. К. Ситникова, Н. С. Березин, А. В. Щеголева [и др.]. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2026. – 816 с. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-5-528-00656-7. – Текст : электронный.

В сборник вошли доклады участников Всероссийской научно-технической конференции по итогам исследовательских работ студентов архитектурно-строительных специальностей им. В.В. Найденко, прошедшей в ННГАСУ 22-24 апреля 2026 года.

Организатор: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет.

Конференция проведена в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ.

ББК 38

Редакционная коллегия:

А. К. Ситникова, Н. С. Березин, А. В. Щеголева, А. П. Помазов, Д. М. Лобов,
П. С. Некипелова, Е. П. Светлова.

ISBN 978-5-528-00656-7
© ННГАСУ, 2026

Содержание

Архитектура, градостроительство и историко-культурное наследие 12

Авдонькина А.А. Опыт реставрации и приспособления комплекса мельницы Башкирова в Нижнем Новгороде 13

Антонова П.А., Агеева Е.Ю. Архитектурные и конструктивные особенности зданий с большепролетными деревянными конструкциями 17

Багаева Ю.Д., Путилова М.А. Влияние архитектурного пространства детских реабилитационных центров на психологическое состояние ребенка 22

Бадиа М.Р. Университетские комплексы в странах арабского мира 26

Безобразова З.Е., Агеева Е.Ю. Анализ влияния формы железобетонных покрытий на архитектурный образ здания 31

Белобородова А.С., Щеголева А.В. История формирования сетчатых оболочек как нового типа архитектурных конструкций 36

Вагин А.О., Веселова Е.А. Анализ конструкций современных большепролетных покрытий аэровокзалов: классификация, особенности и области применения 41

Войнова Д.А., Агеева Е.Ю. Анализ применения сетчатых конструкций в общественных зданиях на примере ТЦ «Бутон» в Новосибирске. 46

Воробьева Н.А. Станции метрополитена и ТПУ как ключевые элементы формирования интермодальных систем пассажирских перевозок: обзор теоретических обоснований и мирового практического опыта 50

Воробьева Н.А. Экологический императив развития метрополитенов сегодня: глобальные выгоды и локальные риски. 54

Забаранков Р.О., Гребенюк М.А. Сохранение исторических зон как инструмент брендирования территорий 59

Зубкова Т.С., Агеева Е.Ю. История развития деревянных купольных конструкций 63

Иаиш С. Инновации в архитектуре торгово-развлекательных центров России и Марокко 68

Иванов Я.А., Кочетова Е. А. Особенности планировочных решений зданий для пожилых людей 72

Иванов Я.А., Агеева Е.Ю. Динамика туристических потоков Чувашской Республики с учётом историко-культурного наследия (2022-2024 гг.) 76

Иванова Т.Е. Оценка фрагментации зеленого коридора реки Борзовки в Нижнем Новгороде 79

Исмаил А. Современная жилая эко-архитектура ближнего востока: интеграция традиционных форм 84

Кириллова Е.Д. Современные принципы проектирования экопоселков (на примере поселка Аматциемс в Латвии) 89

Китаев М.А. Высотные здания и комплексы: современные тенденции 94

Костина Е.А. Красный кирпич в архитектуре жилых домов Городца рубежа XIX – XX веков 98

Курицына А.П., Агеева Е.Ю. Особенности проектирования планетариев 103

Малова А.С. Архитектурное проектирование кампуса с вертикальными садами 107

Молодцов И.Д., Колос С.М., Зайцев А.А. Инженерное наследие В.Г. Шухова в Нижегородской области: обзор двух гиперболоидных пожарных вышек 113

Набиев Р.Н. Архитектурно-пространственное решение экспоцентра 118

Набиев Р.Н. Принцип архитектурной суперимпозиции и формальные приёмы его реализации 123

Полуляхова А.С. Организация пространств для собак с учетом их потребностей 129

Пономарев П.В., Агеева Е.Ю., Калина О.В. Особенности проектирования театрального центра «Вишнёвый сад» в городе Москва 133

Пономарев П.В., Агеева Е.Ю., Калина О.В. Многозальные театрально-зрелищные комплексы: особенности проектирования 137

Просвирина А.Ю. Инвестиционный потенциал объектов садово-паркового наследия и их роль в развитии туризма (на примере Воскресенского района Нижегородской области) 141

Самойлова П.Е. Концепция объемно-планировочных решений жилых комплексов класса «Комфорт» 145

Сахарова Н.В., Пилипенко В.И. Послевоенная реконструкция центральной улицы города Воронеж. Проблема утери Воронежского конструктивизма в военные годы 149

Седунова Е.В. Сравнение архитектуры зданий ленинградского авангарда: начало и конец эпохи 154

Тайк А. Функционально-планировочная организация физкультурно-реабилитационного комплекса 159

Тарасова А.В., Тен М.Г. Проблемы сохранения и реставрации памятников деревянного зодчества Новосибирска 164

Татаринова Е.С., Федулов Д.М. Адаптивное использование нефтехранилищ: методы трансформации промышленного наследия в общественные пространства 169

Тимина М.М., Агеева Е.Ю. Высотные энергоэффективные здания: аспекты проектирования 173

Ткачева Е.В. Современные тенденции проектирования геронтологических центров 178

Тухватулина С.Г. Генеральные планы 1781 года для новых уездных городов Нижегородской губернии 184

Хвисевич С.С. Компромисс традиции и современности в архитектуре православного храма 189

Швецов Д.П., Агеева Е.Ю. Современная городская велоинфраструктура 193

Эль Мезуари И. Симбиоз традиций и экологии: проектирование устойчивого туристического комплекса в Марокко 196

Эль Харруби А. Проницаемость иконических прибрежных культурных центров: согласование «Эффекта Бильбао» с городской связанностью 201

Эль Яамани А. Символизм архитектурной формы культурных центров в пустынных регионах 206

Якушев Д.П. Проблема интеграции современной застройки в аутентичную архитектуру исторического центра города (на примере Нижнего Новгорода) 210

Дизайн архитектурной среды и ландшафтная архитектура 213

Банникова К.Н. Дизайн городской среды космического экопоселения 214

Братанова Л.В., Киреева Т.В. Контейнерное озеленение фасадов – анализ европейского опыта 218

Грибанова А.А. Промышленный музей: периоды возникновения и современная типология 223

Морева Т.В., Киреева Т.В. Анализ экологического состояния дворов жилых комплексов категории Двор без машин на эксплуатируемых кровлях 227

Киреева Т.В., Мусанова А.А. Конструкции для озеленения эксплуатируемой кровли подземного паркинга жилых комплексов 232

Попов Н.В., Тарасова Ю.С. Роль информационных технологий в сфере дизайна 237

Смирнов И.А., Тарасова Ю.С. Роль цвета в медицине 241

Смирнов И.А., Тарасова Ю.С. Элементы народных росписей в современном дизайне 246

Инженерные системы жизнеобеспечения зданий, промышленных предприятий и городов 251

Бешляга А.В., Морозов М.С. К вопросу о повышении энергоэффективности центров обработки данных 252

Бондарук А.С., Кубасова М.А., Козлов С.С. Особенности организации воздухообмена на фуд-корте 256

Вороновский Е.А. Газоснабжение жилого микрорайона «Заря» в г. Белгород 260

Горбунов А.С. Оптимизация режимов работы системы отопления и вентиляции для снижения энергопотребления 263

Елизаров А.Д., Руин А.Е. К вопросу формированию параметров микроклимата в свиноводческих комплексах 267

Епифанцев К.А., Рогулина М.М., Курников И.А. Основы применения гелиоэнергетики в строительстве 271

Захарова П.П., Гаврикова Т.А. Аппаратно-программный комплекс для современной «Умной бани» 276

Зеленов И.С. Применение пылеуловителей в системах промышленной вентиляции 281

Калашнёв И.Э., Козлов С.С. Особенности проектирования инженерных систем жилых деревянных многоэтажных домов 286

Конева К.С., Бодров М.В. Основы применения биогаза в сельском хозяйстве 289

Коноплева А.А., Шолыгина Е.М. Особенности создания отопительно-вентиляционных систем современных кампусов 294

Ларин А.М., Смыков А.А. Цифровые двойники для систем лучистого отопления: автоматизация расчетов, повышение надежности 297

Логинова М.А., Крылова Л.С., Руин А.Е. Особенности поддержания микроклиматических условий в объектах культурного наследия 302

Лотфуллина К.А., Корягин М.В. Ресурсосбережение в инженерных системах теплоснабжения 306

Ляуданскас Н.В., Морозов М.С. Особенности поддержания параметров микроклимата теплиц 310

Мангушева Ю.А., Бодров М.В. Создание и поддержание параметров микроклимата коневодческих предприятий 314

Метелкин И.И., Кириллов С.Д, Грималовская И.П., Смыков А.А Повышение эффективности использования системы отопления за счет её перевода в режим охлаждения 317

Некипелова П.С., Пылаев А.Н., Бодров М.В., Методы повышения энергетической эффективности жилых зданий. Отечественный и зарубежный опыт 321

Поздникина Е.В., Плотникова В.В., Алексеевнина Д.С. Основы применения ветряных энергоустановок 325

Светлова Е.П., Руин А.Е. К вопросу энергосбережения многоэтажных жилых зданий 328

Светлова Е.П. Системы отопления многоквартирных жилых домов 332

Успенский В.Н., Перфилов Д.Ю., Козлов С.С. Особенности проектирования систем вентиляции и кондиционирования в школах 335

Шубин А.С. Щукин А.М., Суханов Д.В., Козлов Е.С. К определению оптимального значения сечения воздуховодов 338

Инновационные технологии в геодезии, землеустройстве и кадастрах 343

Антошин Е.А., Ануров М.А., Петрова Л.Г. Применение спутниковых данных OpenStreetMap для разработки учебного макета 344

Будрин М.А., Будейская А.П., Охотникова П.Ю. Определение геодезических координат с помощью анимационного контента: психолого-педагогические аспекты творческого метода 349

Захаров Н.А., Иванов А.В. Оценка вариантов расположения трамвайных путей для градостроительных проектов 353

Зуев Д.Р. Теоретические основы пространственного моделирования на базе многоуровневой и разнородной геоинформации 358

Зуев Д.Р. основные методы формирования и анализа пространственных моделей на базе многоуровневой и разнородной геоинформации 363

Королев В.А. Технология обработки космических снимков для целей мониторинга чрезвычайной ситуации на Каховском водохранилище 368

Краснова А.И., Хаметов Т.И. Использование современных технологий в целях мониторинга территории 373

Лукьянченко Д.Д., Крашенинников М.С., Кошурина А.А. Разработка программы-генератора размеченных синтетических данных для отладки поисковых алгоритмов карстовых воронок.....376

Пальцева Ю.А. Применение данных дистанционного зондирования в мониторинге земель сельскохозяйственного назначения Дальнеконстантиновского муниципального округа 381

Панасенко Н.А., Солнышкова О.В. Использование графических программ для анимированного объяснения работы с топографическими планами 386

Перунцева С.М. Пространственное развитие территории Городца Нижегородской области.....389

Плешков К.В. Методика разработки градостроительной документации по материалам лазерного сканирования.....394

Полтев А.А., Сорокин К.Д. Классификация древесных пород по данным ДЗЗ. 398

Рыбакова П.А. Совершенствование процедуры образования земельных участков на прибрежных территориях 402

Сафиуллова Н.Е., Храмова И.М. Основания и практика расторжения договоров купли-продажи обременённых земельных участков 407

Сафиуллова Н.Е., Храмова И.М. Расторжение договора купли-продажи земельного участка на примере СНТ «Колос» Республики Башкортостан 412

Семенова А.Е. Понятие геопространственной информации и методы её управления 415

Семенова А.Е. Современные цифровые технологии в управлении геопространственной информацией.....420

Сергеева Н.С., Чечин А.В. Применение Mapflow.AI при создании наборов пространственных данных.....425

Филимонова А.А., Умбетова Ж.Д., Петрова Л.Г. Анализ точности неравноточных измерений превышений цифровым нивелиром EFT L-0.7.....430

Чистякова П.П. Анализ территорий населенных пунктов Ветлужского муниципального округа Нижегородской области.....435

Широкова Е.В., Сорокин К.Д. Разработка веб-карты разрушенных церквей Нижегородской области 439

Информационные технологии и BIM-моделирование в строительстве 444

Баркин К.В. Трянина Н.Ю. Алгоритм построения оболочек двоякой отрицательной Гауссовой кривизны в программах автоматизированного проектирования 445

Гусева Д.М., Морякова А.Л. Сравнительный анализ эффективности использования BIM-технологий на разных этапах жизненного цикла объекта.....450

Захарова Е.Ю., Щеголева А.В., Безсольнов М.В. Проблемы организации среды общих данных в студенческих BIM-проектах. 455

Исаев Е.Д., Балынин С.Ю. Применение VR\AR технологий для управления строительными проектами и взаимодействия с BIM-моделями.....459

Кузнецов Н.И. Разработка веб-приложения для эффективного планирования и отслеживания выполнения строительных задач.....464

Мирошниченко Д.А., Балынин С.Ю. Разработка программного обеспечения для автоматизированной обработки результатов обследования зданий 468

Пестрикова В.И., Поздеев М.Л., Кислицын Д.И. Проектирование реляционной базы данных экспериментальных исследований каменной кладки для моделей машинного обучения 471

Разинков А.С. Организационно-технологические предпосылки создания цифровой платформы перераспределения остаточных строительных материалов 476

Разинков А.С. BIM как инструмент контроля расхода строительных материалов 481

Степанова М.Д., Морякова А.Л. Влияние BIM на подход к проектированию и управлению строительными проектами 485

Талалаев Д.Н., Бахтинова Ч.О. ТИМ как инструмент оптимизации строительства: влияние на продолжительность и стоимость реализации проектов. 489

Титавнин А.С. Анализ барьеров и стратегий вовлечения вторичных ресурсов в оборот: экономическое моделирование цифровой платформы перераспределения остаточных строительных материалов 494

Хомутский В.А., Кузьмина А.А., Колосова Н.В. Машинное обучение и искусственный интеллект (ИИ) в системах проектирования теплогазоснабжения 499

Храпцова М.С., Чмир Ю.Э. Информационная модель как часть цифрового двойника 503

Строительные конструкции и материалы 507

Антонова П.А., Савина Н.В. Проектирование фундамента под высотное деревянное здание: опыт России и Канады 508

Аристов С.В., Сучкова Е.О. Анализ эффективности различных типов свай на просадочных грунтах 513

Барчуков С.В., Гребнев П.А. Анализ свойств звукоизолирующих покрытий типа плавающий пол 516

Березин Н.С., Гребнев П.А. Проектирование ограждающих конструкций жилого помещения в реконструируемом здании 521

Боровкова А.И., Гаврикова Т.А. Обоснование необходимости реконструкции здания детского сада по результатам тепловизионного обследования 527

Васильков Р.Г., Савина Н.В. Моделирование и вариантный анализ преднапряженного перекрытия технического этажа 532

Гордеевцева П.М., Сучкова Е.О. Использование зонирования при оттаивании паровыми иглами на примере объекта строительства гостиницы в г. Архангельске 537

Егоршин И.В., Савина Н.В. Самовосстанавливающийся бетон в железобетонных конструкциях: основные методы самовосстановления и их принципы работы 541

Заборский Н.Р., Савина Н.В. Расчет и усиление плоской плиты перекрытия на продавливание в зоне сопряжения плиты перекрытия с колоннами 546

Зуева С.С., Селиванова Э.В., Гулин И.А. Конструкционные строительные материалы на основе бесклинкерных цементов 551

Калинина Н.С., Егорова К.А., Гулин И.А. Гидратационное твердение металлургических шлаков с амоносиликатным активатором 555

Кириленко Е.С. Эволюция компоновки гидроузлов волжско-камского каскада 560

Кокарев Д.А., Чугунов А.С. Совершенствование распорного устройства для временного усиления кирпичных стен 565

Коновалова В.А., Старикова М.В., Хазов П.А. Необходимость цифровизации производственной и эксплуатационной стадий жизненного цикла технических систем 569

Королев С.Ю., Поздеев М.Л. Калибровка модели пластического течения Друкера-Прагера в SCAD++ для физически нелинейного расчета неармированной каменной кладки 575

Королева Е.Ю, Трянина Н.Ю. Особенности проектирования и расчета покрытия в виде комбинированной арочной системы культурно-образовательного центра 580

Красильников В.В., Сучкова Е.О. Эффективность применения сейсмоизолированных фундаментов в районах с сейсмической активностью 585

Кривошапкина Е.А., Хряпченкова И.Н. Технико-экономическое обоснование применения химических анкеров 589

Лёрик С.Р., Болховитин М.В., Вычужанин В.С., Куприянов Л.С. Влияние актуализации СП 20.13330.2016 на риски обрушения кровель в снежные зимы Санкт-Петербурга 595

Ложкина В.Е. Инженерно-строительные аспекты проектирования и эксплуатации архитектурно-скульптурных монументов уникальных форм на примере скульптуры «Родина-мать зовет» в Волгограде 599

Любезнова М.А., Кузнецова Е.А., Облетов Е.Н. Консольные здания в мировой архитектуре: конструктивные отличия и принципы работы элементов 604

Масленникова А.А. Применение заклепочных соединений в конструкциях инженерных сооружений В.Г. Шухова 608

Молоснова Н.Д. Верификация системы расчета аэродинамических параметров глобоидных поверхностей 612

Пашанин А.Е., Савина Н.В. Вариантное проектирование монолитных железобетонных колонн каркасных зданий 617

Пермяков В.К., Ламзин Д.А. Анализ видов стальной фибры, применяемой для дисперсного армирования бетонных конструкций 622

Пироговский Н.С., Поздеев М.Л. Определение площади сжатой части каменных сечений сложной геометрии при прямоугольной эпюре напряжений 628

Романов А.Э., Поздеев М.Л. Тензометрия каменных кладок с использованием метода корреляции цифровых изображений 633

Русаков И.В., Чугунов А.С. Усиление кирпичных стен исторических зданий путем их насыщения полимерными составами 638

Селиванова Э.В. Скрытая конструктивность: инженерная функция декоративных элементов в традиционной китайской архитектуре 643

Серова А.А., Сучкова Е.О. Геотехническое обоснование и анализ эффективности применения песчаных свай для усиления торфяных оснований при вариантном проектировании 648

Солнцева В.М., Федоров А.В., Трянина Н.Ю. Исследование влияния ветровой нагрузки на покрытие купола зонтичной формы 652

Стоянченко А.В., Чугунов А.С. Углесталеволоконный профиль для создания облегченных рам, эксплуатируемых в агрессивной среде 658

Филимонов Н.Д. Анализ эффективности применения композитного шпунта ШК-200УМ в берегоукрепительных сооружениях 662

Фурса О.В., Хазов П.А. Цифровая оценка применимости нормативных методик при расчете аэродинамики криволинейных покрытий. 668

Широков М.К. Коэффициент оценки оптимального распределения напряжений с учетом плотности структуры 671

Шубенкина П.Д., Сорокина Д.О. Прогрессирующее обрушение высотных зданий: анализ защитных решений башен «Москва-Сити» 676

Шульгин С.С., Савина Н.В. Оценка прогибов монолитного безбалочного бескапительного перекрытия на основе численного моделирования в ПК SCAD 681

Шульгин С.С., Савина Н.В. Усиление бетонных и железобетонных конструкций полимерными композиционными материалами 685

Щербакова Д.Е., Савина Н.В. Технология несъёмной опалубки для ускоренного возведения монолитных конструкций 690

Щербань А.В. Прогрессирующее обрушение зданий и сооружений: история становления расчёта, эволюция нормативной базы и анализ ключевых аварий 695

Технологии, организация и управление проектами в строительстве 701

Александрова А.А. Инновационные технологии и перспективы переносных домов в устойчивом мобильном жилье 702

Дивнова И.А. Формирование мероприятий строительного контроля огнезащиты металлоконструкций в приобъектном заготовительном цехе 706

Ельнов П.А. Организационно-технологические мероприятия по монтажу огнезащитных сеток на металлические конструкции 711

Еремина М.А. Хряпченкова И. Н. Сравнение опалубочных систем при возведении вертикальных несущих конструкции высотных зданий 716

Иванова К.А. Сравнение экономической эффективности нового строительства и реконструкции 721

Игошева А.А., Хряпченкова И.Н., Помазов А.П. Конструктивно-технологические преимущества сборно-монолитного каркаса «Сарет» 726

Корчагин А.С., Челнокова В.М. Разработка комплекса компенсационно-восстановительных мероприятий по устранению проблемы всплытия действующего подземного паркинга 731

Масленникова А.А. Как работают скоростные лифты в небоскребах «Москва-Сити». Проблема ожидания лифта в час-пик и её решение. 736

Мележенкова О.А. Оценка организационно-технологической надежности капитального ремонта студенческих общежитий с учетом рисков 740

Мишукова Н.С., Додонова К.С., Васильева С.В. Рынок жилья будущего. Что победит: ИЖС или квартиры? 745

Перьков И.Е., Бараненко Д.Ю. Анализ существующего рынка для прокладки трубопроводов методом горизонтально-направленного бурения 751

Петрова О.А., Попова А.А., Тогузова А.С., Влияние цифровых платформ на качество сервиса в сделках с недвижимостью 755

Разуваева А.А. Совершенствование системы строительного контроля при возведении берегоукрепительных сооружений из габионных конструкций с учетом опыта атомной отрасли 758

Расулов Ш.Ш. Разработка элементов системы контроля качества на этапах производства стеклянных ограждений (заказ–замер–раскрой–закалка–сборка–монтаж) 763

Скляренко Б.В., Бахтинова Ч.О. Влияние климатических факторов Крайнего Севера на организацию производства строительно-монтажных работ 767

Титавнин А.С. Разработка и исследование алгоритмов оптимизации логистики перераспределения строительных остатков 772

Чеснова А.А., Салтыкова Д.А. Адаптация риелторских услуг к тренду на загородную недвижимость 776

Якунина О.А. Анализ вариантов временных зданий сборно-разборного типа для устройства огнезащитного покрытия металлоконструкций 779

Экологическая и техносферная безопасность 784

Абражеева П.С. Государственный аудит промышленной безопасности при эксплуатации подъемных сооружений на объектах капитального строительства 785

Бревнов Н.Е. Обеспечение безопасности и охраны труда на стройплощадке с применением искусственного интеллекта 790

Бунакова И.А. Обзорное исследование Kiout Chat для охраны труда и его сравнение с универсальным чат – ботом 795

Гаврилова Е.В., Самарина А.К., Пикулина Е.В, Гусейнова С.М. Анализ возможности применения фиторемедиации для очистки почв от нефтепродуктов 798

Летуновский В.В., Розанцева Н.В. Разработка эффективных процессов бетонных работ с учётом психоэмоционального состояния бетонщиков 803

Лукашев М.И., Волкова В.Н., Козин А.В. Исследование методов повышения эффективности флотационных аппаратов для очистки воды 808

Укладова В.П., Москалева А.Д., Методы контроля биологического фактора в АО «Нижегородский водоканал» 812

Архитектура, градостроительство и историко-культурное наследие

УДК 72.025.5

Опыт реставрации и приспособления мельницы Башкирова в Нижнем Новгороде

*Авдонькина А.А. *, студент*

* Ответственный за переписку: anastasia21647@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрен опыт реставрации комплекса мельницы Башкирова в Нижнем Новгороде – объекта промышленного наследия конца XIX века. Приведены исторические сведения об объекте и его градостроительной роли в речной панораме Оки. Проанализирован проект реконструкции комплекса: реставрация главного корпуса, воссоздание утраченного общежития, археологические раскопки и воссоздание лабазов, снос котельной советского периода. Описано функциональное наполнение комплекса после реконструкции. Сделан вывод о комплексном подходе к сохранению промышленного наследия.

Ключевые слова: реставрация объектов культурного наследия, приспособление объектов культурного наследия, промышленная архитектура, мельница Башкирова, комплексный подход к реконструкции.

Научный руководитель – профессор кафедры ИАП ННГАСУ, канд. архитектуры, доцент Шумилкина Таисия Васильевна.

Введение

Нижний Новгород, являясь одним из древнейших торговых и промышленных центров России, сохранил богатое наследие купеческой архитектуры, среди которой особое место занимают памятники промышленной архитектуры. Одним из таких знаковых объектов является комплекс мукомольного завода «Емельянъ Башкировъ и сыновья», представляющий собой не только памятник инженерной мысли, но и важную градостроительную доминанту на Окской набережной.

История Нижегородского мукомольного завода берет свое начало с 1871 года, когда родоначальник династии, купец Емельян Башкиров вместе с тремя сыновьями учредил Торговый дом «Емельян Башкиров с сыновьями», который изначально занимался торговлей зерном, а затем перешел к его переработке [1, 2]. В 1878 году Торговый дом обратился с ходатайством к императору Александру II о разрешении построить каменную паровую мельницу в Кунавинской слободе (ныне улица Интернациональная на Окской набережной). Разрешение было получено, проект выполнил архитектор Килевейн. Строительство завершилось в 1879 году: комплекс включал пятиэтажную мельницу, здание заводоуправления и рабочее общежитие. В 1891 году после смерти Емельяна Башкирова братья разделили дело: мельница отошла Якову Емельяновичу. В 1898 году здание серьезно пострадало от пожара, однако уже в 1899 году после масштабной реконструкции предприятие вновь заработало, достигнув мощности переработки до 24 тысяч пудов (384 тонны) зерна в сутки.

В архитектурно-планировочном отношении комплекс завода формировался постепенно. В разные периоды было возведено несколько корпусов, преимущественно из красного кирпича, характерного для промышленной застройки Нижнего Новгорода конца XIX – начала XX века. Здания отличались рациональной конструктивной системой: массивные стены,

высокие арочные оконные проемы и система внутренних перекрытий, обеспечивающие необходимую жесткость для работы тяжелого оборудования. В декоре использовались элементы «кирпичного стиля», где выразительность фасадов достигалась за счет пластики кладки и ритма оконных проемов. В таком виде комплекс просуществовал до 2007 года.

Реконструкция

Однако, современные градостроительные условия диктуют необходимость переосмысления судеб многих зданий. Так произошло и с комплексом мельницы Башкирова. В 1980-х годах здесь было запущено новое мукомольное производство, а в последующий период значительная часть исторических построек пришла в состояние запустения, утратив свою первоначальную функцию, поэтому возникла необходимость реконструкции комплекса. Такое решение необходимо не только как способ сохранения промышленного наследия, но и возможностьвернуть территории актуальное социально-культурное значение.

Особую градостроительную ценность комплексу придает его местоположение [4]. Здания входят в речную панораму Нижнего Новгорода, формируя важную визуальную связь с акваторией Оки и застройкой набережной. Благодаря своим объемно-пространственным характеристикам комплекс выполняет роль своеобразного «окна» – ключевого акцента, раскрывающего вид на исторический центр и задающего масштаб окружающей застройке.

Современный проект реконструкции комплекса включает несколько видов реставрационных работ.

– Главный корпус («Дом Башкирова») является ядром комплекса и обладает наибольшей исторической ценностью. Его состояние оценивается как удовлетворительное: сохранились несущие конструкции, характерные архитектурные элементы и объемно-пространственная структура. Для этого здания предлагается реставрация с приспособлением под современное использование. Предполагается проведение работ по усилению фундаментов, восстановлению кирпичной кладки фасадов, реставрации оконных и дверных заполнений, а также адаптация внутренних помещений под общественные и выставочные функции.

– «Дом Килевейна» (бывшие общежития) находится в состоянии разрушения. Утрачена значительная часть конструкций, что делает невозможным проведение полноценной реконструкции. В связи с этим принято решение о воссоздании объекта по архивным чертежам и историческим аналогам. Данный метод позволит восстановить исторический облик здания, при этом внутри будет создано новое функциональное наполнение с использованием современных материалов и инженерных систем.

– Лабазы (складские корпуса) на сегодняшний день практически полностью утрачены. Сохранились лишь фрагменты фундаментов и подвальных помещений. В этом случае предусматривается проведение археологических раскопок для выявления остатков исторических конструкций и уточнения их планировки. На основе полученных данных предполагается воссоздание лабазов с восстановлением их первоначальных объемов и силуэта, что позволит вернуть целостность историческому кварталу.

– Котельная советского периода не является объектом культурного наследия и не представляет архитектурной ценности. Для этого объекта предлагается снос с последующим новым строительством в границах существующего пятна застройки, при этом новый объем должен быть подчинен масштабу и стилистике исторических зданий.

Проект реконструкции

Проект реконструкции разработан специалистами компании «Асгард» по заказу девелопера GloraX [5]. Согласно проектной документации, функциональное наполнение комплекса формируется следующим образом: в здании бывшего рабочего общежития («Дом

Килевейна») предусмотрено размещение 66 апартаментов, еще 42 апартамента появятся в отреставрированных лабазах. Главный корпус («Дом Башкирова») адаптируют под современные общественные и выставочные функции (рис.1). Помимо восстановления исторических зданий, проектом предусмотрено новое строительство: на прилегающем участке возводится пятиэтажный корпус на 24 апартамента. Архитектурное решение нового объема выдержано в стилистике, созвучной работам архитектора Килевейна, что обеспечивает визуальную преемственность и сохранение эстетики начала XX века. Завершение реконструкции и ввод объектов в эксплуатацию запланированы на IV квартал 2028 года.

Рисунок 1 – Визуализация главного корпуса (Источник: Проект реконструкции комплекса мельницы Башкирова)

Важно отметить, что реконструкция квартала мельницы Башкирова вписывается в более широкий контекст градостроительных преобразований Черниговской набережной (рис.2). В рамках этого же проекта девелопером GloraX ведется строительство двух 32-этажных башен, соединенных парящим мостом с панорамным видом на акваторию Оки, что формирует новую высотную доминанту в речной панораме города.

Рисунок 2 – Визуализация застройки Черниговской набережной (Источник: проект застройки Черниговской набережной)

Заключение

Реконструкция комплекса Башкирова представляет собой комплексный подход, учитывающий разнородность застройки и разную степень сохранности каждого объекта. Предложенная дифференцированная методика – от реконструкции до воссоздания и нового строительства – позволяет не только сохранить историческое наследие, но и сформировать полноценное общественное пространство, отвечающее современным требованиям.

Комплекс мельницы торгового дома «Емельян Башкиров с сыновьями» представлял собой уникальный образец промышленной архитектуры конца XIX – начала XX века, играющий ключевую роль в формировании речной панорамы Нижнего Новгорода. Реализация проекта позволит не только сохранить для города значимый исторический комплекс, но и создать новое общественно-жилое пространство, интегрированное в структуру набережной и отвечающее актуальным запросам городской среды.

Список использованных источников

1. Орельская, О. В. Набережные Нижнего Новгорода. Правобережье. Верхние набережные / О. В. Орельская, С. В. Петряев. – Нижний Новгород : Литера, 2019. – 176 с.

2. Смирнов, С. А. Триумф и трагедия / С. А. Смирнов. – Нижний Новгород : Деком, 2014. – 164 с. – (Нижегородские были).

3. Памятники промышленной архитектуры России / И. Н. Карлина, В. П. Новоженин, Н. С. Флоря, Е. И. Горбатенко ; под редакцией И. Н. Карлиной. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2013. – 158 с.

4. Материалы паспорта объекта культурного наследия – Мукомольной мельницы торгового дома «Емельян Башкиров с сыновьями» / И. С. Агафонова, А. Ю. Абросимова, В. В. Краснов // Открытый текст : электронное периодическое издание. – 2007. – 19 ноября. – URL: https://opentextnn.ru/space/nn/dom/chernigovskaya/melnica-bashkirov/ (дата обращения: 27.03.2026). – Текст : электронный.

5. Комплекс мукомольной мельницы торгового дома «Емельян Башкиров с сыновьями» : проектная документация / Архитектурное бюро «Асгард». – URL: https://asgard-arch.ru/projects/restavracziya/111.html (дата обращения: 27.03.2026). – Текст : электронный.

УДК 72:624.011.1:91.024.26

Архитектурные и конструктивные особенности зданий с большепролетными деревянными конструкциями

Антонова П.А., студент; Агеева Е.Ю., зам. зав. кафедрой архитектуры, проф., доктор. фил-соф. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: antonova_pa@list.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья рассматривает современные тенденции и преимущества использования большепролетных деревянных конструкций в архитектуре. Внимание акцентируется на возрождении популярности древесины как альтернативы традиционным материалам (стали и бетону) благодаря развитию технологий и экологичности. Выделяются ключевые преимущества БДК: низкий углеродный след, возобновляемость сырья, энергосбережение, высокая прочность и эстетическая привлекательность. Рассматриваются конструктивные особенности (арочные, рамные, ферменные и купольные системы) и архитектурные приемы, подчеркивающие природную красоту материала и обеспечивающие многофункциональность пространств. Приводятся примеры реализованных проеетов, подтверждающих эффективность и перспективность применения БДК в строительстве спортивных, выставочных и общественных зданий. Сделан вывод о важности и будущем росте большепролетных деревянных конструкций в устойчивом и инновационном строительстве.

Ключевые слова: большепролетные деревянные конструкции, экологичность, возобновляемость, прочность, архитектурные особенности, многофункциональность, энергосбережение, инновационные технологии, современные материалы.

В современной архитектуре дерево переживает «второе рождение». Благодаря развитию технологий обработки древесины и появлению новых композитных материалов, деревянные конструкции становятся серьезными конкурентами стали и железобетону. Особенно это проявляется в строительстве зданий с пролетами более 30, 60 и даже 100 метров. Большепролетные деревянные конструкции (БДК) сегодня активно применяются при возведении спортивных арен, выставочных павильонов, торговых центров, аквапарков и складских помещений.

Актуальность заключается в растущем интересе к экологичности и энергоэффективности строительства, а также развитие технологий обработки древесины делают большепролетные деревянные конструкции востребованными в современной архитектуре.

Цель данной работы выявить и систематизировать архитектурные и конструктивные особенности зданий с большепролетным деревянным конструкциями для обоснования их применения в различных типах сооружения.

Здания с большепролетными деревянными конструкциями представляют собой уникальные архитектурные объекты, сочетающие в себе эстетические качества древесины и современные инженерные решения.

Одним из ключевых преимуществ деревянных конструкции является их высокая степень экологической чистоты и устойчивого развития. Производство древесины связано с меньшими выбросами CO_2 по сравнению с производством бетона и стали. Как известно дерево активно

поглощает углекислый газ во время роста деревьев, что делает этот строительный материал естественным инструментов борьбы с изменениями климата. По данным исследований, использование деревянной конструкции позволяет снизить эмиссию парниковых газов примерно на 70% по сравнению с аналогичными бетонными конструкциями [1]. По окончании срока службы деревянного здания материалы легко перерабатываются либо возвращаются обратно в природу, разлагаясь естественным образом. Бетон и металл требуют специализированных методов утилизации, связанных с высокими затратами энергии и ресурсов. Таким образом, выбор древесины помогает уменьшить количество отходов, загрязняющих окружающую среду.

Другим ключевым преимуществом является возобновляемость. Для производства деревянных конструкций используются лесоматериалы– возобновляемые ресурсы. При ответственном подходе к управлению лесами вырубка компенсируется посадкой новых деревьев, что создаёт возможность поддерживать баланс природных экосистем. Это существенно отличает древесину от традиционных стройматериалов, добыча которых связана с исчерпаемостью природных запасов.

Обработка древесины требует гораздо меньше энергозатрат по сравнению с обработкой металлов при создании железобетонных изделий. Например, производство тонны пиломатериалов потребляет около 1 МДж/кг, тогда как производство тонны стали – порядка 30-40 МДж/кг. Соответственно, снижение энергопотребления положительно сказывается на общем объёме загрязнения атмосферы.

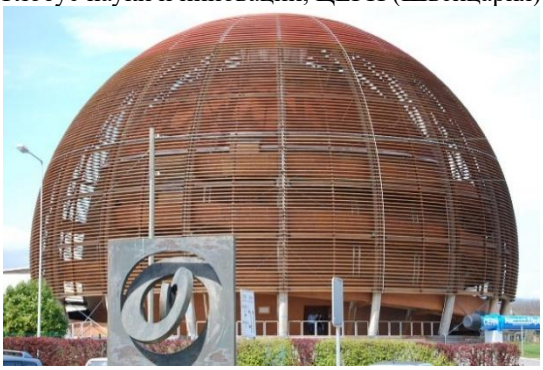
Ещё одним важнейшим преимуществом древесины является высокая прочность относительно массы. Коэффициент сопротивления разрыву древесины превышает аналогичный показатель большинства металлических сплавов и армированного бетона. К примеру, предел прочности сосновой балки на растяжение достигает примерно 100 Мпа при массе менее половины металла той же площади сечения. Эта способность выдерживать значительные механические нагрузки без значительного увеличения собственной массы стала решающим фактором для широкого распространения деревянных конструкций в крупных проектах, таких как стадионы, производственные цеха и складские комплексы[2].

Деревянные конструкции отлично сочетаются практически с любым стилем архитектуры и дизайна интерьера. Свободные пространства большепролетых конструкций, создаваемые отсутствием внутренних стен и перегородок, представляют полную свободу в организации функциональных зон и расстановки мебели. Широкий ассортимент декоративных профилей и отделок позволяет подчеркнуть индивидуальность каждого проекта и создать уникальный облик здания. Психологи отмечают положительное влияние натурального дерева на эмоциональное состояние человека. Исследования показывают, что пребывание в помещениях с элементами деревянных конструкций вызывает чувство спокойствия и расслабленности, улучшает настроение и повышает продуктивность труда [3]. Кроме того, древесина способна стабилизировать микроклимат в помещении, регулируя влажность воздуха и температуру, что дополнительно увеличивает уровень комфорта.

Таким образом, здания с большепролетным деревянным конструкциями отличаются высокой экологичностью, прочностью и комфортабельностью. Их использование снижает выбросы парниковых газов, сокращает расход энергии и поддерживает баланс природных экосистем.

Современные методы проектирования и сборки деревянных конструкций позволяют достичь высокого уровня прочности и долговечности, сопоставимого с традиционными металлическими и бетонными системами. Примеры различных типов конструкций с примерами и эскизами приведены в табл. 1 [4].

Таблица 1 – Типы деревянных конструкций

Типы конструкций	Описание	Преимущества	Примеры зданий
Арочные	Криволинейные элементы, создающие свободную внутреннюю зону без опорных колонн	Свободное пространство, эстетичный внешний вид, высокая прочность	Центр Помпиду в Меце
Рамные	Несущие стойки и ригели образуют жесткие рамы, воспринимающие вертикальную и горизонтальную нагрузки	Простота расчета, удобство монтажа	Jackson Hole Airport -деревянный аэропорт парка Йелоустоун
Ферменные	Геометрически устойчивая решётчатая система из деревянных элементов, соединённая узлами	Малый вес, эффективное распределение нагрузок, вариативность форм	Спортивный зал Stora Enso Arena (Финляндия)
Купольные	Полусферические или сферические конструкции, образуемые деревянными ребрами и панелями	Минимальный расход материалов, большая внутренняя площадь, устойчивость	Глобус науки и инноваций, ЦЕРН (Швейцария) 

Одним из характерных признаков архитектуры большепролетных деревянных зданий является демонстрация самой конструкции. Деревянные элементы открыты зрителю, что подчеркивает натуральность и природную красоту материала. БДК зачастую выражают мягкие, плавные линии, имитирующие природные формы деревьев, листьев, лепестков растений [5]. Именно эта особенность придает зданиям особенную эмоциональную выразительность и связь с естественной средой. Одним из таких примеров может служить волнистый деревянный потолок в Вестибюле Ботанического сада Ван-Дюзен в Ванкувере (рис. 1).

Рисунок 1 –Потолок вестибюля Ботанического сада Ван-Дюзен, Ванкувер, Британская Колумбия

Большепролетные деревянные конструкции обычно сочетаются с крупными стеклянными поверхностями фасадов и крыш. Это обеспечивает хорошую инсоляцию и зрительное расширение пространства. Естественный свет проникает сквозь прозрачные плоскости, мягко взаимодействуя с фактурами дерева, подчеркивает его текстуру и оттенки. Дерево традиционно ассоциируется с теплом и уютом. Интерьеры БДК наполнены мягким естественным светом (рис. 2).

Рисунок 2 – Холл Университета Британской Колумбии, Ванкувер, Канада

БДК позволяют формировать свободные, гибкие и многофункциональные пространства, предназначенные для различных целей: от выставок и концертов до лекций и деловых мероприятий.

Таким образом, архитектурные особенности большепролетных деревянных зданий заключается в открытости и демонстрации конструкции, органических формах, интеграции естественного света и формировании гибким, многофункциональных пространств.

Большепролетные деревянные конструкции (БДК) сегодня занимают важное место в современной архитектуре, предлагая уникальные решения для создания крупных и функциональных зданий. Благодаря развитию технологий и инновационным материалам древесина вновь возвращается в стройиндустрию. А за счет своей экологичности и легкости переработки, а также прочности и долговечности деревянные конструкции становятся еще более конкурентноспособными и способными заменить традиционные бетон и сталь.

Таким образом, большепролетные деревянные конструкции не только решают экологические и экономические задачи, но и вносят вклад в формирование современной архитектурной парадигмы, где природа и технологии гармонично дополняют друг друга.

Будущее деревянного строительства представляется многообещающим, и дальнейшее развитие технологий усилит его значимость в мировом строительстве.

Список использованных источников

1. Konishi M. Mass timber construction key to meeting climate change targets // UBC Applied Science. – 2023. – № 16 March. – URL: *https://civil.ubc.ca/next-gen-mass-timber-construction-key-to-meeting-canadas-climate-change-housing-targets/* (дата обращения: 15.03.2026). – Текст : электронный.

2. Филимонов, Э.В. Конструкции из дерева и пластмасс / Э.В. Филимонов, Л.К. Ермоленко, М.М. Гаппоев; под ред. Э.В. Филимонова. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2016. – 426 с.

3. Ojala A., Kostensalo J., Viik J., Matilainen H., Wik I., Virtanen L., Muilu-Mäkelä R. Psychological and physiological effects of a wooden office room on human well-being: Results from a randomized controlled trial // Journal of Environmental Psychology. – 2023. – Т. 89. – Статья № 102059. – URL: *https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027249442300107X* (дата обращения: 15.03.2026) – Текст : электронный.

4. Крицин А.В., Шмелев Г.Н. Деревянные конструкции/ Крицин А.В.//Учебное пособие для студентов вузов/ Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2012 – 212 с. *https://bibl.nngasu.ru/*

5. ARCHITIME.RU : [сайт]. – URL: *https://www.architime.ru/* (дата обращения: 15.03.2023) – Текст : электронный.

УДК 72.017

Влияние архитектурного пространства детских реабилитационных центров на психологическое состояние ребенка

*Багаева Ю.Д. *, студент; Путилова М.А., доцент кафедры архитектуры*

* Ответственный за переписку: bagaevaulia7@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрены факторы, влияющие на эффективность реабилитации детей. Рассмотрены основные моменты, которые необходимо учитывать при проектировании архитектурного пространства детских реабилитационных центров. Основными принципами при проектировании являются функциональность, разделение на лечебные, жилые, образовательные зоны, экологичность отделочных материалов, правильный подбор цвета для снижения стресса. Важное значение имеет наличие благоустроенного пространства, площадок для прогулок и реабилитаций на свежем воздухе. Для безопасности передвижения детей с ограниченными возможностями необходимо создать безбарьерную среду. В статье приводятся примеры реальных объектов с описанием внутреннего пространства, элементами фасадных решений.

Ключевые слова: архитектурная среда, детский реабилитационный центр, эффективность реабилитации.

Здоровье ребенка – это основа для будущего поколения. Несвоевременное оказание медицинской помощи на ранних этапах заболевания может привести к увеличению численности детей с инвалидностью, а в последующем и численности инвалидов среди взрослого населения [1].

Цель работы: рассмотреть и проанализировать особенности проектирования детских реабилитационных центров с точки зрения эмоциональной архитектуры. Задачи: выявить объемно-планировочные, конструктивные, художественные факторы, влияющие на восприятие здания. В работе применены функционально-планировочный анализ объектов, литературные исследования.

Реабилитационный центр (центр комплексной реабилитации) – многопрофильное учреждение, включающее специализированные реабилитационные отделения различного профиля, а также подразделения для размещения и бытового обслуживания реабилитируемых детей, подростков, персонала и сопровождающих взрослых [2].

В настоящее время реабилитация детей с различными нарушениями функций организма проводится в стационарах больниц, поликлиниках и учреждениях, оказывающих услуги реабилитации. Анализ источников показывает, что сфера здравоохранения постоянно обновляется, но сами медицинские учреждения, предназначенные для реабилитации детей, в большинстве случаев не соответствуют современным стандартам [3].

Поэтому актуальной задачей в настоящее время является создание современных детских реабилитационных центров, способных оказывать высококачественную помощь больным детям.

Эффективность реабилитации зависит от многих факторов (рис. 1): время начала реабилитационных мероприятий, непрерывность и комплексность реабилитации,

индивидуальный подход к каждому пациенту, правильно подобранный и квалифицированный медицинский персонал. В целом результат реабилитации во многом зависит от той архитектурной среды, где реализован реабилитационный процесс.

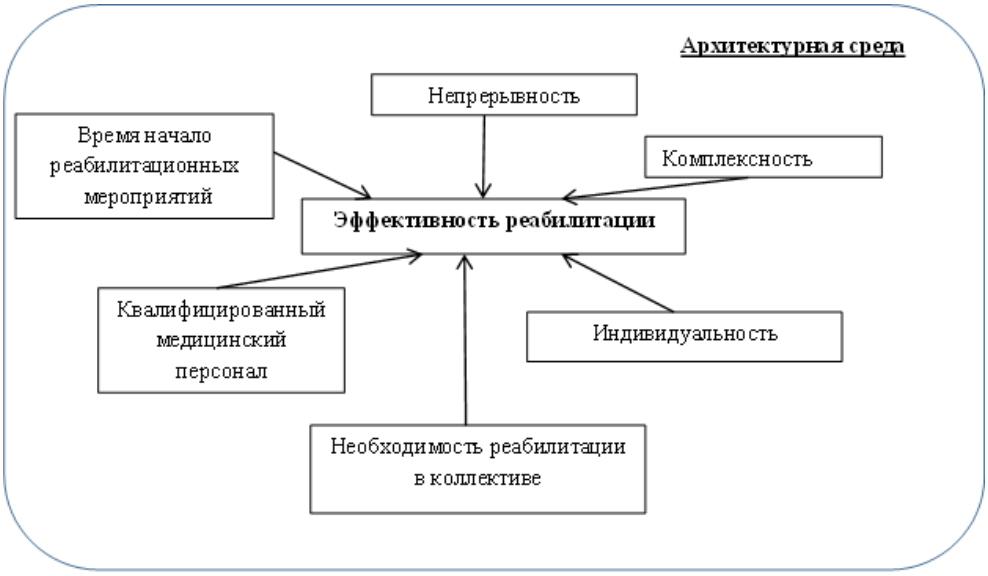


Рисунок 1 – Эффективность реабилитации (Источник: Составлено автором)

У детей эмоциональная связь с пространством более интенсивная, чем у взрослого человека, поэтому при проектировании архитектурной среды реабилитационных детских центров необходимо учитывать факторы визуального восприятия пространства. Удачный дизайн является одним из главных факторов, который дает возможность ребенку не зацикливаться на своей болезни, а открывать новый мир с другой стороны, развиваться и учиться жить на данном этапе.

Поэтому при проектировании детских реабилитационных центров, помимо основных подразделений согласно нормативным документам [5] для восстановления здоровья детей необходимо уделять внимание проектированию особых пространств, такие как комнаты релаксации (рис. 2).

Рисунок 2 – Детский реабилитационный центр в г. Таганроге (Источник: https://abpro.ru/projects/architecture/detskiy-reabilitatsionnyy-tsentr-v-taganroge/)

Элементами таких комнат должны являться: специализированная мебель (пуфики, кресла, сидения, поддерживающие подушки и валики), подвесной потолок с рисунками, проекторы, бассейн с шариками, музыкальное сопровождение и т. п. [4, 6] (рис. 3).

Рисунок 3 – Реабилитационный центр для детей, страдающих ранним аутизмом. Архитектурно-дизайнерская мастерская А. А. Чернихова (Источник: https://archi.ru/projects/russia/4648/reabilitacionnyi-centr-dlya-detei-stradayuschikh-rannim-autizmom)

Кроме того, элементами архитектурной среды комнат релаксации должны быть наличие пространства для творчества, зона кинопоказа и игр.

Архитектор, строящий здание реабилитационного центра, должен принимать во внимание проектирование пространства, заполненного растениями и естественным светом, напоминающего большие студии.

Также при проектировании должен применяться принцип вариантности, что предполагает множество сценариев в архитектурных решениях, где должно учитываться внедрение нового оборудования и изменение сценария реабилитационного процесса.

В качестве примера проектирования разберем Федеральный детский реабилитационный центр в г. Подольске, введенный в эксплуатацию в 2023 году. Он разделен на три основных блока: приемное отделение, лечебно-диагностическое отделение и стационар. В первом блоке помимо приемного отделения располагается пищеблок и стационар. Во втором – клинико-диагностический центр, отделение функциональной диагностики, мануальной и рефлексотерапии, физиотерапевтическое, образовательное отделение, осуществляющее социально-педагогическую реабилитацию, а также бассейн и блок водолечения. В третьем – стационар, который, в свою очередь, поделен на отделение нейро-реабилитации в 120 коек, отделение онкологической реабилитации в 30 коек, отделение ортопедической реабилитации в 30 коек и отделение соматической реабилитации в 20 коек. В центре имеется инфраструктура, необходимая для восстановления таких утраченных или ограниченных функций организма, как функция движения, коммуникации, самообслуживания, инструментальной активности, когнитивных функций и социальной интеграции.

Особое внимание уделяется разработке фасадных решений. Они должны быть яркими, необычными, детскими. В качестве примера можно предложить детский реабилитационный центр, построенный 1996 г. в Москве (рис. 4).

Рисунок 4 – Фасады реабилитационного центра (Источник: https://archi.ru/projects/russia/4648/reabilitacionnyi-centr-dlya-detei-stradayuschikh-rannim-autizmom)

Таким образом, проектирование реабилитационного центра – комплексная задача. Важно, чтобы в результате получился объект, который поможет восстановить и поддерживать здоровье детям, обеспечить комфортное пребывание и позитивный настрой.

Список использованных источников

1. Колесникова, Т. Н. Архитектурная среда реабилитационных центров для детей и подростков / Т. Н. Колесникова, К. И. Багданова, С. В. Ильвицкая, В. П. Этенко // Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Государственный университет по землеустройству. – Орел, Москва, 2019. – № 4. – URL: *https://vestnik-hss.kemsu.ru/upload/9cabe950e93dddc6d6c8ae0ad013992c/files/a6c4f9255693098aba4de2d48ae1696f.pdf* (дата обращения: 03.04.2026). – Текст: электронный.

2. СП 149.13330.2012. Реабилитационные центры для детей и подростков с ограниченными возможностями здоровья. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/1200102787?ysclid=mnsv0yewcw957432295* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст: электронный.

3. Гайдук, А. Р. Архитектурные принципы формирования детских онкологических клинико-реабилитационных центров / А. Р. Гайдук // Молодой учёный. – 2016. – № 1 (105). – С. 922–925. – URL: https://moluch.ru/archive/105/24994 (дата обращения: 06.04.2026). – Текст: электронный.

4. Джамал, М. Значение архитектурной среды в развитии детей дошкольного возраста / М. Джамал // Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2016. – Том 1, № 3. – URL: *https://journals.eco-vector.com/2500-3437/article/view/81305/ru_RU#:~:text=THE%20CONCEPT%20OF%20ARCHITECTURAL%20ENVIRONMENT%20IN%20EDUCATION%20OF%20PRESCHOOL%20CHILDREN* (дата обращения: 08.04.2026). – Текст: электронный.

5. СП 35-116-2006. Свод правил по проектированию и строительству. Реабилитационные центры для детей и подростков с ограниченными возможностями. Москва. – URL: *https://marhi.ru/AMIT/2014/3kvart14/PDF/AMIT_28_shamray_PDF.pdf* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст: электронный.

6. Шамрай, А. Загородный реабилитационный центр для детей / А. Шамрай // Московский архитектурный институт (государственная академия). – Москва, 2014. – URL: *https://marhi.ru/AMIT/2014/3kvart14/PDF/AMIT_28_shamray_PDF.pdf* (дата обращения: 06.04.2026). – Текст: электронный.

УДК 727.3(64)

Университетские комплексы в странах арабского мира

Бадиа М.Р., магистрант

* Ответственный за переписку: redabadia081@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В данной статье рассматривается архитектурное развитие университетских комплексов в странах арабского мира в исторической и современной перспективе. Основное внимание уделено эволюции архитектурно-планировочных решений, формировавшихся под влиянием культурных традиций, климатических условий и современных образовательных требований. Анализируются ключевые принципы проектирования университетских кампусов, включая функциональное зонирование, адаптацию к окружающей среде и сохранение культурной идентичности. Приведены примеры современных университетских комплексов, отражающие актуальные тенденции развития образовательной инфраструктуры. В статье подчеркивается роль архитектуры в формировании комфортной и устойчивой образовательной среды в условиях современного развития высшего образования.

Ключевые слова: университетские комплексы, архитектура арабского мира, образовательная среда, университетские кампусы, устойчивое развитие, функциональная структура, высшее образование.

Научный руководитель – профессор кафедры архитектурного проектирования, доктор архитектуры Лисицына Александра Владиславовна.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю Лисицыной Александре Владиславовне, профессору кафедры архитектурного проектирования, доктору архитектуры, за научное руководство, ценные консультации и помощь в подготовке статьи.

Введение

Университетские комплексы в странах арабского мира являются важными пространственными и социальными элементами системы высшего образования, формируя среду, в которой учебный процесс сочетается с научной деятельностью, культурным взаимодействием и общественной жизнью. Архитектура университетов развивалась под влиянием исторических образовательных традиций, природно-климатических условий и культурных особенностей, что отразилось в планировочных решениях, композиции застройки и использовании местных материалов.

В последние десятилетия развитие университетских комплексов приобрело новый характер: расширение образовательных программ, рост числа студентов и внедрение современных технологий потребовали переосмысления архитектурных подходов к проектированию кампусов. Современные университеты ориентируются на создание открытых и гибких пространств, способствующих взаимодействию, инновациям и устойчивому развитию. В статье рассматриваются исторические предпосылки формирования университетских комплексов, а также современные архитектурные решения, направленные на создание комфортной и функциональной образовательной среды.

Исторические предпосылки формирования университетских комплексов

Историческое развитие университетских комплексов в Северной Африке связано с существованием средневековых учреждений, выполнявших функции высшего образования задолго до появления современных университетов. Основу этой системы составляли медресе и крупные исламские учебные центры, где осуществлялось обучение религиозным и светским дисциплинам. Одним из наиболее значимых примеров является университет Аль-Азхар в Каире (Египет), основанный в X веке и на протяжении столетий игравший важную роль в развитии науки и образования в исламском мире [1].

Другим ключевым примером является университет Аль-Карауин в Фесе (Марокко), основанный в 859 году и признанный одним из старейших действующих университетов в мире. Его архитектурный ансамбль, представленный на рис. 1, отражает традиции исламского и североафриканского зодчества, включая внутренние дворы, аркады и декоративные элементы фасадов. Пространственная организация сохраняет характерную для медресе замкнутую структуру, адаптированную к климатическим условиям, что обеспечивает комфортную образовательную среду и способствует сохранению исторического значения комплекса [2].

Рисунок 1 – Общий вид университета Аль-Карауин, Фес, Марокко [2]

Ранние образовательные центры, как правило, располагались в исторической структуре городов и были тесно связаны с религиозной, общественной и жилой застройкой. Такое размещение способствовало интеграции университетов в городскую среду и укрепляло их роль как интеллектуальных и культурных центров. Сформированные в этот период принципы компактности и замкнутости оказали значительное влияние на дальнейшее развитие университетских комплексов и стали основой для формирования более масштабных архитектурных ансамблей в последующие эпохи [2].

Современные тенденции и принципы формирования университетских комплексов в странах арабского мира

Во второй половине XX – начале XXI века развитие университетских комплексов в странах арабского мира приобрело новый масштаб, связанный с ростом числа студентов, расширением образовательных программ и активным государственным финансированием высшего образования. Архитектура университетов начала отходить от компактных исторических форм, формируя крупные кампусы с чётким функциональным зонированием, ориентированные на современные требования обучения и научных исследований.

Характерным примером является кампус Американского университета в Каире, расположенный в районе Новый Каир и представленный на рис. 2. Комплекс спроектирован как автономная образовательная среда, включающая учебные корпуса, исследовательские центры, библиотеки и общественные пространства. Архитектурная концепция основана на системе внутренних дворов, пешеходных путей и затенённых пространств, что обеспечивает комфортные условия в жарком климате. Использование локальных материалов и сдержанной цветовой гаммы позволяет органично интегрировать кампус в окружающий ландшафт [3].

Рисунок 2 – Общий вид кампуса Американского университета, Каир, Египет [3]

В ряде стран современные университетские комплексы размещаются на периферии городов или в специально выделенных зонах, что позволяет формировать масштабные образовательные кластеры с возможностью дальнейшего развития. Такой подход характерен для кампусов стран Персидского залива, где создаются обособленные образовательные территории с развитой инфраструктурой и исследовательскими центрами. Это обеспечивает гибкость планировочных решений и соответствие современным требованиям [4].

Архитектурные решения формируются с учётом климатических условий, культурных традиций и функциональных требований. Одним из ключевых принципов является адаптация к жаркому климату через использование внутренних дворов, затенённых галерей и полуоткрытых пространств, что снижает тепловую нагрузку и создаёт комфортную среду [5].

Данные приёмы реализованы в архитектуре кампуса Университета Катара в Дохе, представленного на рис. 3. Комплекс отличается чёткой планировочной структурой, основанной на системе взаимосвязанных учебных корпусов и общественных пространств. Внутренние дворы и крытые переходы обеспечивают естественную вентиляцию и защиту от солнечного излучения, формируя благоприятный микроклимат. Внешний облик сочетает формы современной архитектуры с элементами традиционного регионального зодчества.

Рисунок 3 – Фрагмент кампуса Университета Катара, Доха, Катар [6]

Функциональное зонирование и пространственная организация современных университетских комплексов

В планировочной организации университетских комплексов особое внимание уделяется функциональному зонированию территории. Учебные и научно-исследовательские корпуса, как правило, группируются вокруг общественных пространств, выполняющих роль связующих элементов между функциональными зонами и способствующих формированию целостной образовательной среды и взаимодействию участников учебного процесса.

Одной из современных тенденций является формирование многофункциональных кампусов, ориентированных на международное образовательное пространство. Характерным примером является кампус Американского университета в Шардже (ОАЭ), представляющий собой целостную архитектурно-планировочную структуру, включающую учебные корпуса, библиотеки, исследовательские центры и общественные пространства, объединённые единой композиционной осью. Архитектурный облик комплекса сочетает современные строительные технологии с элементами традиционной исламской архитектуры, включая аркады, симметричные композиции и внутренние дворы, что подчёркивает культурную идентичность. Планировочные решения направлены на формирование открытых общественных пространств и удобных пешеходных связей между функциональными зонами.

Включение университетских комплексов в структуру города или образовательного кластера способствует развитию научной и культурной жизни региона. Современные кампусы рассматриваются не только как места обучения, но и как центры международного академического обмена, что отражается в их архитектурной выразительности и функциональной организации [4].

Современные университетские комплексы формируются как многофункциональные образовательные пространства, включающие взаимосвязанные зоны различного назначения. Основу составляют учебные корпуса с лекционными аудиториями, семинарскими залами и лабораториями, проектируемыми с учётом гибкости использования и оснащаемыми цифровыми средствами. Научно-исследовательские центры и библиотеки располагаются вблизи учебных корпусов, формируя единое академическое пространство. Такой принцип реализован в кампусе Университета Катара и кампусе Американского университета в Каире, представленном на рис. 4. Здания здесь связаны системой пешеходных маршрутов и общественных пространств, что обеспечивает взаимосвязь учебной, научно-исследовательской и иной деятельности.

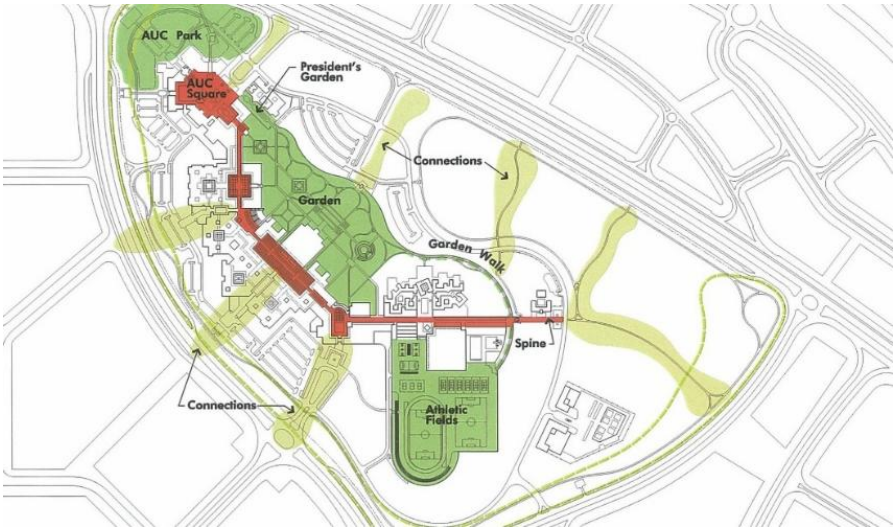


Рисунок 3 – Схема функционального зонирования университетского кампуса в Каире, Египет [3]

Жилые зоны (общежития и жильё для преподавателей) размещаются в пределах кампуса или рядом с ним, что сокращает время перемещения и повышает комфорт образовательной среды. Дополняют структуру общественные и рекреационные зоны – столовые, культурные пространства и спортивные объекты, обеспечивающие социальную активность студентов [4].

Заключение

Современное развитие университетских комплексов в странах арабского мира демонстрирует тенденцию к сочетанию исторического наследия и современных архитектурных подходов. Эволюция образовательных пространств – от медресе до масштабных университетских кампусов – отражает изменения в системе высшего образования и стремление адаптировать архитектуру к современным социальным, технологическим и функциональным требованиям. Рассмотренные примеры показывают, что архитектурные решения формируются с учетом климатических условий, культурной идентичности и необходимости создания комфортной и гибкой образовательной среды.

Дальнейшее развитие университетских комплексов связано с расширением научно-исследовательской деятельности, внедрением цифровых технологий и принципов устойчивого проектирования. Архитектура современных кампусов рассматривается как инструмент формирования инновационной образовательной среды, способствующей академическому взаимодействию и международному сотрудничеству. Таким образом, университетские комплексы сохраняют важную роль в развитии высшего образования, сочетая преемственность традиций и современные требования [4].

Список использованных источников

1. Al-Azhar University // Encyclopaedia Britannica. – URL: *https://www.britannica.com/topic/al-Azhar-University* (дата обращения: 29.01.2026). – Текст : электронный.

2. Université Al Quaraouiyine // Wikipédia. – URL: *https://fr.wikipedia.org/wiki/Universit%C3%A9_Al_Quaraouiyine* (дата обращения: 29.01.2026). – Текст : электронный.

3. The American University in Cairo New Campus // Sasaki – URL: *https://www.sasaki.com/projects/the-american-university-in-cairo-new-campus/* (дата обращения: 29.01.2026). – Текст : электронный.

4. Siddiek, Dr. Ahmed. Higher Education in the Arab World & Challenges of Labor Market. // International Journal of Business and Social Science – 2012. – URL: *https://www.researchgate.net/publication/256842631_Higher_Education_in_the_Arab_World_Challenges_of_Labor_Market* (дата обращения: 29.01.2026). – Текст : электронный.

5. Alqadi, Shireen & Elnokaly, Amira & Kafafi, Ahmad & Irfaiyeh, Wala. Courtyard as a microclimate modifier of buildings in hot climates: A parametric Study. // Conference: PLEA STGO 2022 – URL: *https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877881530254X* (дата обращения: 29.01.2026). – Текст : электронный.

УДК 72.01:69.01

Анализ влияния формы железобетонных покрытий на архитектурный образ здания

*Безобразова З.Е. *, студент; Агеева Е.Ю., профессор кафедры архитектуры, доктор философских наук, доцент*

* Ответственный за переписку: zlatabezobrazova@gmail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В настоящей статье представлен всесторонний анализ влияния формы железобетонных покрытий на формирование архитектурного образа зданий. Рассматриваются различные аспекты применения железобетонных конструкций, как выбор формы покрытия может кардинально изменить восприятие здания, его стиль и общую атмосферу. Исследование охватывает различные подходы к проектированию железобетонных покрытий, включая арочные, сводчатые, плоские и оболочечные конструкции. Анализируются примеры зданий различных функциональных назначений, где форма железобетонных покрытий играет ключевую роль в создании уникального архитектурного облика. Также затрагиваются вопросы технологичности, долговечности и экономической целесообразности использования различных форм железобетонных покрытий, представляя их в контексте современного строительства и тенденций в архитектуре. Приводятся рекомендации для архитекторов и проектировщиков по оптимальному выбору формы покрытия, учитывая как эстетические, так и конструктивные требования, с целью достижения гармоничного и выразительного архитектурного образа.

Ключевые слова: большепролетные конструкции, архитектурный образ, железобетонная арка, складчатые покрытия, цилиндрические оболочки, сводчатые оболочки.

Научный руководитель – профессор кафедры архитектуры, доктор философских наук, доцент, советник Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН) Агеева Елена Юрьевна.

Исследование влияния формы железобетонных покрытий на формирование архитектурного образа здания представляется крайне актуальным в современном контексте градостроительства и архитектурного проектирования по ряду причин. При больших размерах здания главным элементом, создающим архитектурный образ, является покрытие. Это один из ключевых элементов, формирующих общий облик здания. Форма, текстура, цвет покрытия – все это непосредственно влияет на то, как здание воспринимается зрителем. Некорректное проектирование формы покрытия может нарушить гармонию, сделать образ здания невыразительным или даже дисгармоничным. Поэтому глубокий анализ влияния различных форм покрытий на целостность образа здания важен для создания успешных архитектурных решений.

Различные формы покрытий могут вызывать у наблюдателя различные эмоции и ассоциации – от ощущения легкости и динамичности до монументальности и стабильности.

Одной из причин исследования данной темы является то, что современные технологии производства и монтажа железобетонных конструкций позволяют создавать покрытия самых разнообразных и сложных форм, выходящих за рамки традиционных плоских или скатных крыш. Это открывает новые горизонты для архитектурного формообразования.

Стоит упомянуть, что еще одной причиной изучения данной темы является устойчивость и энергоэффективность железобетонных конструкций покрытия. Форма железобетонного покрытия может влиять на теплопотери и инсоляцию здания. Например, криволинейные поверхности могут способствовать естественной вентиляции или более эффективному использованию солнечной энергии. Актуальным является поиск решений, которые сочетают эстетику с энергоэффективностью.

Так же в современном строительстве важным аспектом является долговечность и безопасность. Железобетон как материал обладает высокой прочностью и долговечностью. Исследование оптимальных форм покрытий с точки зрения их конструктивной эффективности и безопасности при различных эксплуатационных нагрузках является важной задачей.

Актуальность исследования влияния формы железобетонных покрытий на архитектурный образ здания обусловлена необходимостью глубокого понимания взаимосвязи между конструктивной формой, функциональными возможностями, эстетической выразительностью и восприятием архитектурного объекта. Это исследование позволяет:

– развивать архитектурный язык и создавать более смелые и выразительные формы;

– повышать качество проектирования, обеспечивая гармоничное слияние функции, формы и эстетики;

– использовать потенциал современных строительных технологий для создания уникальных и функциональных зданий;

– формировать положительное эмоциональное воздействие зданий на человека и окружающую среду [1].

Наиболее распространенными из плоских железобетонных покрытий являются большеразмерные плиты и балки.

Монолитные железобетонные плиты покрытия могут быть сплошными без непрерывных балок, ребристыми с поясами в одном или нескольких направлениях или кессонными, представлено на рис. 1. Широко используются для перекрытий зданий различного назначения, от жилых домов до промышленных сооружений. Предварительно напряженные плиты используют для перекрытия пролетов до 24-30 метров [2].

Рисунок 1 – Кессонная плита перекрытия

Наиболее распространенными видами железобетонных балок являются балки прямоугольного, таврового и двутаврового сечения, представленными на рис. 2. Особое применение нашли в промышленных зданиях, ангарах, спортивных сооружениях для перекрытия пролетов до 36 метров и более [2,3].

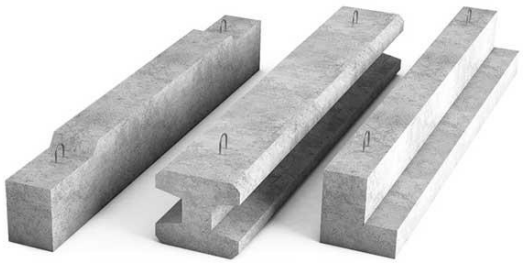


Рисунок 2 – Виды железобетонных балок

Таким образом применение плоских большепролетных покрытий способствует созданию более гибких планировочных решений. Возможность отказаться от внутренних перегородок, обусловленных необходимостью поддержки перекрытия, дает архитекторам свободу в организации пространства, позволяя легко адаптировать его под меняющиеся нужды [3]. Это особенно актуально для офисных зданий, торговых центров и промышленных объектов, где функциональность и трансформируемость являются ключевыми факторами.

Балочные элементы, являясь неотъемлемой частью плоских покрытий, могут выступать не только как конструктивные, но и как выразительные архитектурные элементы. Их геометрия, ритм расположения и видимость могут быть намеренно акцентированы, создавая динамичные, многомерные интерьеры [1]. Такое решение позволяет подчеркнуть индустриальный характер здания или, наоборот, придать ему ощущение монументальности и основательности.

Складки – линейные конструкции «на пролет», совмещающие несущие и ограждающие функции представлены на рис. 3, позволяют воспринимать значительные усилия изгиба, вызванные временными нагрузками и собственным весом. Складчатое покрытие представляет собой систему, образованную из наклонных к горизонту (не менее 30°) плоских элементов – граней, верхние и нижние кромки которых соединены по длинным сторонам и работают совместно. Складки задают четкий ритм на фасаде здания, структурируют образ здания.

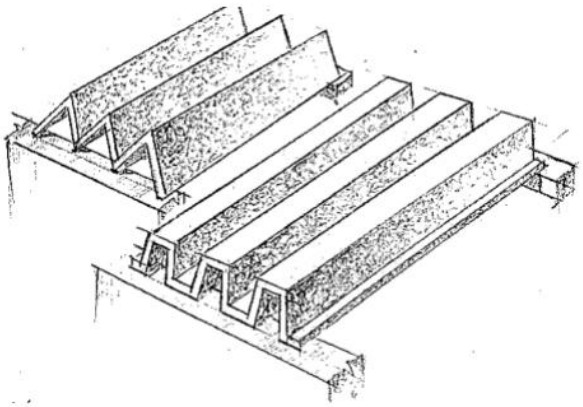


Рисунок 3 – Складчатые покрытия

Складчатые конструкции в связи с высокой технологичностью формы применяют чаще, чем цилиндрические оболочки. Применяют треугольную, трапецеидальную и шедовую формы складок в монолитном и сборном вариантах. Форма, материал и характер их статической работы позволяют перекрывать пролеты от 12,0 до 36,0 метров [4].

Цилиндрические оболочки покрытия чаще всего являются линейными конструктивными элементами «на пролет», в которых преобладает длина (12,0–36,0 м) при небольшой ширине (2,0– 4,0 м). Геометрически – это оболочка нулевой гауссовой кривизны.

Геометрия оболочки может быть с переменным радиусом кривизны – конические оболочки используют для залов криволинейных форм в плане, представлено на рис. 4. В этом радиусном расположении на фасаде здания создается пластичный образ повторяющихся арок.

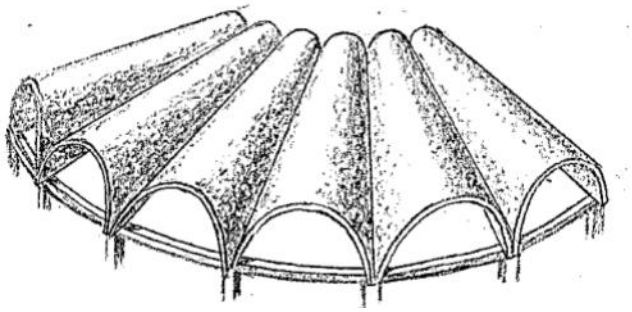


Рисунок 4 – Цилиндрические оболочки

Покрытия длинными цилиндрическими оболочками применяют для залов пролетами от 12 до 60 м (в сборном варианте – до 24–30 м). Покрытия короткими цилиндрическими оболочками (9,0×6,0; 9,0×9,0; 9,0×12,0 м) в общественных зданиях мало распространены – их применяют преимущественно в производственных зданиях [4].

Сводчатая конструкция – тонкостенный единичный элемент положительной гауссовой кривизны, статически представляющий собой пространственную арку, перекрывающую пролет. Сочленение нескольких сводчатых конструкций, опертых на стены или прогоны, образует единое сводчатое покрытие. Выгнутая в одну сторону оболочка двоякой кривизны имеет пролетную направляющую кривую (цилиндрическую, параболическую, гиперболическую) и кривую (или ломаную) образующую. Сводчатые оболочки являются распорными системами, в которых горизонтальные составляющие усилий от временных нагрузок и собственного веса воспринимают либо массивные опорные конструкции (стены или прогоны), либо затяжки в торцах каждого единичного элемента, представлено на рис. 5.

Чаще всего сводчатые покрытия выполняются из сборного железобетона или армоцемента, каждый единичный элемент монтируется подъемным краном с траверсой или с помощью гидравлических подъемников.

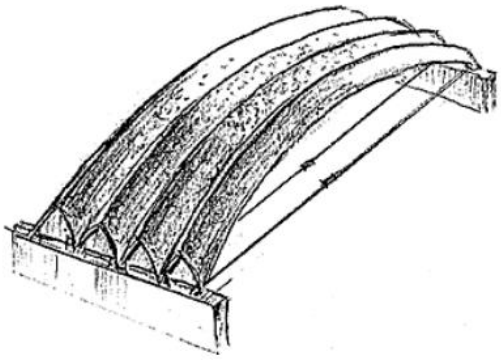


Рисунок 5 – Сводчатые оболочки

При опирании покрытия на высокие стены затяжки выполняются на высоте, не мешая эксплуатации помещений. Моносводчатые покрытия опираются непосредственно на фундаменты, в этом случае затяжки могут располагаться под полом. Подобные покрытия могут перекрывать пролеты до 100 метров, но оптимальный размер – 60 метров.

Сводчатая оболочка, имеющая поперечное сечение в виде полуокружности или параболы, называется бочарным сводом. Возможно применение такого покрытия для промышленных зданий и спортивных сооружений пролетом до 100 м. Поверхность 37 бочарного свода образуется движением плоской кривой образующей по кривой направляющей. Геометрические особенности пролетного строения позволяют использовать данный вид покрытия для создания выразительного архитектурно-художественного образа зданий и сооружений различного функционального назначения [5].

Заключение

Проведенный анализ убедительно демонстрирует, что форма железобетонных покрытий играет ключевую роль в формировании архитектурного образа здания, выходя далеко за рамки своей чисто конструктивной функции. Плоские большепролетные конструкции, в частности, обладают значительным потенциалом для создания оригинальных и выразительных пространственных решений.

Их способность перекрывать большие пролеты без промежуточных опор открывает путь к архитектуре, характеризующейся свободой, легкостью и масштабностью. Визуальная чистота таких пространств, лишенных опорных элементов, способствует созданию ощущения монументальности и величия, что особенно актуально для общественных и культурных зданий. В то же время, умелое использование балочных элементов может придать интерьерам динамику, ритм и подчеркнуть индустриальный или функциональный характер объекта.

Гибкость планировочных решений, обусловленная возможностью минимизации внутренних опор, позволяет архитекторам создавать более адаптивные и трансформируемые пространства, отвечающие современным требованиям к эксплуатации зданий. Таким образом, форма железобетонных покрытий является не просто технической характеристикой, а мощным инструментом воздействия на эстетическое восприятие, функциональное использование и, в конечном итоге, на весь архитектурный образ здания, открывая новые горизонты для творчества и инноваций в архитектуре.

Список использованных источников

1. Архитектура гражданских и промышленных зданий: Гражданские здания [Текст]: учеб. для вузов/ под общ. ред. А.В. Захарова. – М.: Стройиздат, 1993. – 509 с.

2. Инженерные конструкции [Текст]: учеб. для вузов по спец. «Архитектура» / В.Н. Голосов, В.В. Ермолаев, Н.В. Лебедева; под. ред. В.В. Ермолаева. – М.: Высш. шк., 1991. – 408 с.

3. Конструирование гражданских зданий [Текст]: учеб. пособие / под общ. ред. И.А. Шерешевского. – Л.: Стройиздат, 2005. – 168 с.

4. Демина А.В. Здания с большепролетными покрытиями: Учеб пособие.– Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. уни-та, 2003.– 48 с. с ил.

5. Всеобщая история архитектуры. Том 2. Архитектура Античного мира. Греция и Рим / В.Ф. Маркузон, Б.П. Михайлов (ред.).– М.: Стройиздат, 1973.– 712 с.

УДК 624.074.4:72.03

История формирования сетчатых оболочек как нового типа архитектурных конструкций

*Белобородова А.С. *, студент; Щеголева А.В., канд. культурологии, доцент*

* Ответственный за переписку: beloborodova_alex@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В исследовании рассматривается анализ эволюции сетчатых оболочек в качестве формообразующего принципа в современной архитектуре. Появление новых конструкций раскрывает их особенности и преимущества с точки зрения устойчивости, гибкости и культурной марки. Сложная форма оболочки позволяет создать многофункциональное пространство, которое отвечает комплексным требованиям современности. Автор акцентирует, в работе прослеживается генезис от инженерных решений В.Г. Шухова и бионических экспериментов Фрея Отто до цифровых параметрических оболочек Захи Хадид. Особое внимание уделяется адаптивности и энергоэффективности. В конструктивном отношении сетчатые структуры формируют смысловую основу архитектуры будущего, интегрируя эстетику, социум и передовые технологии. Цель исследования – систематизировать роль сетчатых оболочек как комплексного фактора, формирующего архитектурную среду и отвечающего вызовам XXI века.

Ключевые слова: сетчатые оболочки, формообразование, пространственные структуры, многофункциональность, устойчивость, общественные пространства.

Научный руководитель – канд. культурологии, доцент кафедры архитектуры ННГАСУ Щеголева Анастасия Владимировна.

Введение

В эпоху современности перед архитектурой открываются новые возможности для создания форм и решений, отвечающих динамике развития общества. На первый план выходят новые формы, технологические и пространственные концепции. Этому способствует появление нового инструмента, благодаря которому меняются подходы к проектированию и совершенствует архитектурные идеи.

Одним из значимых направлений стало развитие сетчатых конструкций – пространственных и структурных оболочек. Развитие конструкций в виде сетчатых оболочек начиналось с экспериментов Шухова Владимира Григорьевича, Фрея Отто и Захи Хадид. Благодаря BIM-технологиям, им удалось доказать, что конструкции перестали быть техническим элементом, а стали ключевым инструментом формообразования новейшей архитектуры. Оболочки позволили перекрывать пролеты с минимальным расходом материала, а также создали новые типологии общественных зданий и пространств. Соответствие архитектуры современным технологиям определяется не только прогрессом технологий, но и способностью осваивать пространство для коммуникации людей и влиять на культурный контекст.

Формирование нового типа архитектурных конструкций

Первым основоположником применения стальных сетчатых конструкций был В.Г.Шухов. Его разработки используются в перекрытиях общественных зданий, промышленных объектов, опорах линий электропередач, что представляет собой фундаментальный прорыв, заложивший основы для архитектуры легких конструкций.

До изобретения легких конструкций, большепролетные здания перекрывались балками, сводами, арками. Это утяжеляло композицию внешнего вида здания. Шухов применил для покрытия пространственные металлические сетчатые структуры, работающие на растяжение и изгиб как единая система [1]. Легкость металла позволяет минимизировать вес постройки, обеспечивая одновременно высокую прочность и долговечность.

Примером данного метода является Дебаркадер Киевского вокзала в Москве, построенный в 1912 году «представлено на рис. 1».

Конструкция состоит из трехшарнирных арок, два шарнира крепятся в основании, третий по центру. Полуарки собирали на земле и поднимали с помощью деревянных матч, которые перемещались по рельсам. Дебаркадер достигает 30 м в высоту, 40 м в ширину, 400 м в длину. Несмотря на мощность, вся конструкция кажется легкой и невесомой [2].

Таким образом, Шухов заложил новые типы конструкций, комплексный метод мышления, основанный на прочности, воздушности, эстетической выразительности. Сетчатые оболочки стали прототипом для продолжения создания легких конструктивных решений. Данный метод является основой для адаптивных структур, определяющих облик архитектуры XXI века.

Рисунок 1 – Дебаркадер Киевского вокзала в Москве (Источник: [3])

Фрей Отто стал ключевой фигурой в изобретении мембранных и тентовых структур восприняв и разделив философию Шухова В.Г. Он развил принцип минимальных поверхностей, копирование природных форм и структур. Фрей Отто исключил жесткие элементы каркаса в своих мембранных и тентовых конструкциях [4]. Его знаменитые висячие

покрытия сделали большое открытие в архитектуре. Крыша Олимпийского стадиона в Мюнхене отражает принцип минимальной поверхности и формы, которую образуют стальные тросы «представлено на рис. 2».

Кровля разделена на множество изогнутых сетей, покрытых прозрачными акриловыми панелями. По задумке архитектора, плавные бесконечные линии символизируют – быстротечность времени, а прозрачные шатры, перетекающие из одного в другой – демократию. По особым требованиям к освещенности кровля была разработана из матированного плексигласа. Таким образом, крыша Олимпийского стадиона в Мюнхене стала неотъемлемой частью для последующих инноваций в архитектуре стадионов [5].

Рисунок 2 – Крыша Олимпийского стадиона в Мюнхене (Источник:[6])

В конце XX века происходят кардинальные изменения, если Отто развивал принцип минимальных поверхностей, копирование природных форм, то Заха Хадит начала использовать цифровые инструменты для достижения динамичности в статичной сетчатой оболочке. Оболочка перестала быть оптимальным каркасом, а стала застывшей экспрессией, где пространство и структура объединены в единое целое [7].

Алюминиевая сетчатая оболочка торгового центра Mirdif Avenue Mall, Dubai представляет собой оболочку произвольной формы и имеет размеры 55 х 50 м. Покрытие состоит из металлического каркаса и стеклянных треугольников «представлено на рис. 3». Оболочка перекрывает центральную часть улицы – атриум. Благодаря такой конструкции, пространство защищено от солнца, но при этом наполнено естественным светом. При больших пролетах оболочка обладает минимальным собственным весом, что снижает нагрузку на опоры.

Рисунок 3 – Алюминиевая сетчатая оболочка торгового центра Mirdif Avenue Mall, Dubai (Источник:[7])

Формирование нового типа архитектурных конструкций

Сетчатые оболочки в современной архитектуре прошли путь от конструктивного элемента к универсальному инструменту, осуществляющему объединение пространств, передовых технологий и общественных функций.

Каждый технологический этап открывал новые типы зданий и пространств, отражая в себе запросы общества. Конструкции В.Г. Шухова позволили создавать легкие, устойчивые и экономичные перекрытия для вокзалов, заводов, вышек, делая масштабные объекты доступными. Принцип минимальных поверхностей, развитый Фреем Отто, дал возможность формировать символичные, легкие пространства стадионов и павильонов для массовых мероприятий, где архитектура становилась воплощением эстетики. Сетчатые оболочки Захи Хадид реализовывали принцип адаптивности, создавая в плотной городской застройке светопрозрачные атриумы, заменяющие улицы и площади.

Сетчатая оболочка стала активной многофункциональной системой, которая интегрируется в городскую среду, выполняя ряд функций:

1) Регулируя светопропускание и формируя климатические зоны, оболочка снижает энергозатраты, что способствует устойчивому развитию.

2) Организуя новые типы общественных пространств, они создают комфортные, безопасные и выразительные среды, напрямую влияя на поведение и взаимодействия людей.

3) Сетчатые оболочки формируют архитектурный образ, становясь художественным ориентиром в городском пространстве.

История развития оболочек доказывает, что передовые технологии, забота об экологии и потребности общества взаимосвязаны.

Сетчатая оболочка стала активной многофункциональной системой, которая интегрируется в городскую среду.

Формирование нового типа архитектурных конструкций

Проведенное исследование развития сетчатых оболочек – от инженерных инноваций Шухова до современных произвольных форм Хадид – демонстрирует их трансформацию из технического решения в многофункциональное пространство в современной архитектуре. Анализ этапов от первых гиперболоидов через бионическое копирование форм к цифровым оболочкам и их реализации и адаптации.

Каждый этап демонстрировал, как идея Шухова о прочности, легкости находила свое новое воплощение в современных концепциях и инструментах устойчивого строительства. Многофункциональность сетчатой оболочки позволяет формировать среду для жизни и работы, а также служит инструментом архитектурной выразительности, экологического мышления и социальной ориентированности.

Список использованных источников

1. Душкевич, К. Н. Металлические конструкции В. Г. Шухова как потенциал формообразования современной архитектуры / К. Н. Душкевич // Архитектура и современные информационные технологии. – 2016. – № 2(35). – С. 15.

2. Мозаики, дебаркадер, часовая башня: ищем изюминки Киевского вокзала // Москва 24 (Сайт) – URL: *https://www.m24.ru/articles/gorod/06092016/115050* (дата обращения: 23.01.2026). – Текст : электронный.

3. Photographer.ru. Picture. – URL: *https://www.photographer.ru/nonstop/picture.htm?id=927447* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

4. Отто, Ф. Тентовые и вантовые строительные конструкции / Ф. Отто. – Москва : Издательство литературы по строительству, 1970. – С. 1–9.

5. Мембранное волшебство: 5 главных архитектурных шедевров Фрая Отто // РИА Новости – URL: *https://realty.ria.ru/20260524/ukraina-2094369375.html* (дата обращения: 27.03.2026). – Текст : электронный.

6. Olympic Stadium Munich Germany // Pinterest – URL: *https://ru.pinterest.com/pin/olympic-stadium-munich-germany--19562579602696894* (дата обращения: 05.04.2026).

7. Алюминиевая сетчатая оболочка торгового центра Mirdif Avenue Mall, Dubai // Блог Alexander Morozov: COMPUTATIONAL DESIGN & RESEARCH – URL: *https://morozovparametric.ru/2024/05/31/mirdif-avenue-mall-grid-shell/* (дата обращения: 27.03.2026). – Текст : электронный.

УДК 624.91.024.26:725.398

Анализ конструкций современных большепролетных покрытий аэровокзалов: классификация, особенности и области применения

Вагин А.О., студент; Веселова Е.А., кандидат педагогических наук, доцент*

* Ответственный за переписку: vao001@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В работе представлено систематизированное описание современных типов большепролётных покрытий, используемых при строительстве аэровокзалов. Подробно рассмотрены пять основных конструктивных решений: мембранные, арочные, вантовые, складчатые и пространственные стержневые структуры. Для каждой из перечисленных систем описаны архитектурные особенности, принципы работы материалов под нагрузкой, возможность поэтапного расширения здания аэровокзала, а также применяемые материалы. Отдельное внимание уделено климатическим ограничениям и условиям применения различных типов покрытий в зависимости от региона строительства. На основе выполненного анализа выделены конструкции, наиболее предпочтительные с точки зрения светопрозрачности, модульности, надёжности, большепролетности и энергоэффективности.

Ключевые слова: большепролётные покрытия, аэровокзалы, мембранные конструкции, арочные конструкции, вантовые системы, складчатые конструкции, пространственные стержневые структуры, классификация покрытий, эксплуатационные характеристики покрытий.

Актуальность выбора типа покрытия аэровокзалов обусловлена активным развитием авиационной инфраструктуры Российской Федерации (РФ) в рамках государственных программ субсидирования и модернизации аэропортов различного статуса. В условиях роста пассажирских авиаперевозок в РФ в предыдущие годы и сохранения высокого уровня транспортной активности выбор оптимальных конструкций покрытий аэровокзалов приобретает весомое значение для обеспечения эффективного использования здания аэровокзалов, их надёжности и комфорта [1, 2]. К актуальным тенденциям проектирования покрытий аэровокзалов можно отнести переход к светопрозрачным и большепролётным конструкциям, использование принципов модульности, а также повышение их энергоэффективности и общей надёжности.

Для систематизации информации о современных типах покрытий аэровокзалов, был проведен анализ реализованных объектов с различными конфигурациями покрытий и определены рациональные области их применения с учётом климатических и экономических факторов.

Основными типами большепролетных покрытий с точки зрения их конструктивных особенностей, архитектурной выразительности и эксплуатационных характеристик являются:

1) Мембранные покрытия

Мембранные покрытия представляют собой легкие пространственные конструкции из натянутой полимерной мембраны, закрепленной на опорном контуре. Архитектурный образ таких решений отличается органичностью и «парящим» эффектом; текучие формы, напоминающие паруса или облака, выглядят особенно выразительно при вечерней подсветке.

Типовой размер пролета здесь составляет 50–100 м, что обусловлено необходимостью создания достаточного натяжения и обеспечения устойчивости к ветровым нагрузкам [2, 3].

Мембранная конструкция работает на растяжение, передавая нагрузку на контур через предварительное натяжение мембраны. Несмотря на общую прочность, такие системы чувствительны к неравномерным нагрузкам: возможны провисания или колебания при ветре, из-за чего в проектах часто предусматриваются демпфирующие устройства и системы снеготаяния. Важным преимуществом является очень высокая возможность модульного расширения системы без остановки эксплуатации аэровокзала.

В качестве основных материалов применяются этилен-тетрафторэтилен (ЭТФЭ), поливинилхлорид (ПВХ) или поливинилиденфторид, а также стальные тросы, канаты и алюминиевые профили. Благодаря высокой светопрозрачности (90–95%) мембраны обеспечивают эффект «дневного освещения», что повышает энергоэффективность за счет экономии на электричестве [3].

Подобные покрытия хорошо подходят для умеренного и теплого климата, характерного для южных и центральных регионов РФ, а их коррозийная стойкость делает их эффективными в морских условиях [3]. В холодных же зонах требуется установка систем защиты от обледенения или использование многослойных пневматических систем. Примерами реализации таких проектов являются аэропорты Суварнабхуми в Бангкоке, аэропорт Мюнхена и аэропорт Грэнтли Адамс на Барбадосе.

2) Арочные покрытия

Арочные покрытия могут быть бесшарнирными, двух– или трёхшарнирными. Их архитектурный образ отличается динамичностью и монументальностью благодаря плавным криволинейным формам (круговым, параболическим, эллиптическим), которые подчеркивают масштаб объекта и визуально устремляют композицию вверх. Видимые несущие арки нередко становятся ключевым эстетическим акцентом, а их сочетание со светопрозрачными элементами усиливает эффект открытости и простора.

Размер пролёта таких конструкций зависит от используемых материалов: для стальных систем он достигает 120–150 м (и более в уникальных объектах), для железобетонных и композитных – 80–100 м, а для деревянных арок составляет порядка 60–80 м [2, 4]. В плане конструктивной логики система работает преимущественно на сжатие с изгибом, преобразуя вертикальную нагрузку в распор, передаваемый на опоры или затяжки. Важной особенностью является способность трёхшарнирных арок компенсировать температурные деформации, однако стоит учитывать, что при неравномерном снегонакоплении в опорах могут возникать дополнительные напряжения.

Возможность модульного расширения арочных покрытий оценивается как средняя, так как добавление новых секций требует усиления опор и фундаментов, что целесообразно планировать ещё на этапе проектирования. Основными несущими материалами здесь выступают сталь, железобетон, клееная древесина или композиты, а светопрозрачность (которая может достигать 70% при использовании остеклённых вставок) обеспечивается стеклопакетами, поликарбонатом или ЭТФЭ-подушками [2].

С точки зрения энергоэффективности, криволинейная форма арок позволяет снизить ветровую нагрузку на здание. Данные конструкции универсальны и подходят для всех регионов, включая зоны с умеренным и холодным климатом (например, Москва, Санкт-Петербург, Урал), так как они хорошо справляются со снеговыми нагрузками [2]. В качестве примеров успешной реализации можно привести терминал аэропорта Mactan Cebu с деревянными арками, терминал D аэропорта Шереметьево с куполом на арочных фермах, а также двухшарнирные арки ледовой арены «Трактор» в Челябинске.

3) Вантовые покрытия

Вантовые покрытия основаны на сочетании жёстких опор и стальных тросов, эффективно работающих на растяжение. Архитектурный образ таких решений отличается

динамичностью и технологичностью; он подчёркивает работу конструктивных элементов и создаёт эффект «парящих» пространств, что особенно выразительно проявляется в асимметричных формах.

Типовой размер пролёта составляет 80–120 м, при этом возможность перекрытия больших пространств без промежуточных опор обеспечивается за счёт эффективной работы стальных тросов. В уникальных сооружениях, таких как ангар аэропорта в Мюнхене, пролёты могут достигать 150 м и более [8, 9]. Конструкция работает преимущественно на растяжение: ванты воспринимают усилия и передают их через опорный контур на пилоны и фундаменты. При неравномерных или знакопеременных ветровых нагрузках система может деформироваться, что требует использования стабилизирующих тросов, демпферов и специальных конструктивных решений.

Возможность модульного расширения вантовых покрытий оценивается как хорошая. Система позволяет добавлять новые секции путём монтажа дополнительных вант и пилонов, хотя это и требует точных расчётов для сохранения равновесия всей структуры. В качестве основных материалов для вант применяются стальные или композитные канаты, а для опорных мачт и пилонов – сталь, железобетон или их комбинации.

Светопрозрачность таких покрытий составляет 70–90 % и напрямую зависит от типа заполнения ячеек между вантами [4]. Энергоэффективность считается средней; к её преимуществам можно отнести гибкость формы и относительно небольшой вес покрытия. С точки зрения климата, вантовые системы удовлетворительно работают в любых условиях, однако лучше всего подходят для центральных и южных регионов, например, Москвы или Краснодара. В северных широтах они требуют усиленной антикоррозийной защиты и систем снеготаяния, в то время как в жарком климате необходим учёт теплового расширения тросов [5].

Практическими примерами использования таких конструкций служат международный аэропорт им. Йозефа Штрауса в Германии, галереи в Шереметьево, ангар в Мюнхене с пролётом 152 м, а также светопрозрачный навес в аэропорту Красноярска.

4) Складчатые конструкции

Складчатые конструкции представляют собой жёсткую пространственную структуру, состоящую из повторяющихся треугольных или трапециевидных элементов. Их архитектурный образ отличается геометричностью и чёткими ритмическими формами, которые ассоциируются со стилем хай-тек и футуризмом, иногда имитируя природные структуры, такие как горы или кристаллы.

Типовой размер пролёта в подобных системах обычно составляет 70–80 м. Это ограничение связано с особенностями работы складки, которая в продольном направлении функционирует как однопролётная балка, а её высота в норме принимается в пределах 1/10–1/15 от длины пролёта [6]. Надежность таких решений оценивается как высокая: конструкция работает как единая пространственная система на изгиб и сжатие, где ребристая структура равномерно распределяет нагрузки, минимизируя локальные воздействия. Однако стоит учитывать, что возможность модульного расширения здесь низкая из-за жёсткости конфигурации, поэтому увеличение площади обычно требует строительства отдельных модулей.

В качестве несущих материалов для складок применяются железобетон, стальной прокат или комбинированные решения. Светопрозрачность таких покрытий ограничена (от 0 до 50%), так как из-за массивности конструкции остекление возможно лишь в отдельных зонах [6].

Энергоэффективность складчатых конструкций считается средней. С одной стороны, высокая жёсткость стыков и небольшая площадь остекления уменьшают теплопотери. С другой стороны, значительный собственный вес требует возведения более мощных фундаментов, а ограниченная светопрозрачность повышает затраты на освещение. Тем не менее, такие покрытия отлично подходят для эксплуатации в экстремальных условиях, в том

числе в северных и сейсмоопасных регионах, таких как Якутия или Магадан, благодаря своей способности выдерживать высокие нагрузки [6]. Примером реализации такого подхода является аэропорт Куала-Лумпур в Малайзии.

5) Пространственные стержневые структуры

Пространственные стержневые структуры представляют собой трехмерные конструкции из металлических или деревянных стержней, образующих регулярные или нерегулярные сетки. Их архитектурный образ отличается технологичностью и сложностью, позволяя создавать инновационные криволинейные поверхности, имитирующие природные формы, такие как соты или кристаллы. Тем не менее, обилие конструктивных элементов структуры может создавать ощущение закрытого пространства и визуально уменьшать объем здания, что особенно заметно в темное время суток.

Типовой размер пролета для таких структур составляет 100–150 м, а в уникальных сооружениях этот показатель может достигать 175–180 м [7]. Эффективное распределение нагрузок на больших пролетах обеспечивается за счет работы системы как единой трехмерной самобалансирующейся структуры, воспринимающей усилия на сжатие, растяжение и изгиб одновременно. Модульный характер решетки обеспечивает хорошие возможности для расширения, хотя это и требует точной координации с существующей геометрией.

В качестве основных материалов для стержней используются сталь, алюминиевые сплавы или композитные материалы, а заполнение ячеек выполняется стеклопакетами, поликарбонатом или ЭТФЭ-подушками. Светопрозрачность таких покрытий варьируется от 50 до 80% в зависимости от выбранного заполнения. Энергоэффективность данных решений оценивается как высокая, поскольку гибкая геометрия позволяет интегрировать в структуру не только остекление, но и утеплитель, солнечные панели и системы вентиляции.

Подобные конструкции универсальны и подходят для всех климатических регионов. Они особенно рациональны для крупных транспортных хабов в мегаполисах (например, Москва, Санкт-Петербург или Новосибирск), где необходимо перекрытие значительных пролетов. Характерным примером реализации данной технологии является транспортный центр международного аэропорта Инчхон в Южной Корее.

Анализируя приведенные конструкции большепролетных покрытий аэровокзалов, можно сделать следующие выводы:

1) выбор оптимального типа покрытия должен базироваться на комплексном учёте архитектурных, конструктивных, экономических и климатических факторов;

2) лучшими типами покрытий по наиболее важным критериям являются:

– по светопрозрачности и модульности: мембранные покрытия;

– по надежности: пространственные стержневые структуры;

– по большепролетности: арочные покрытия и пространственные стержневые структуры;

– по энергоэффективности: мембранные покрытия и пространственные стержневые структуры.

Список использованных источников

1. Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация). Государственная поддержка (субсидии) [Электронный ресурс] // Официальный сайт Росавиации. – URL: *https://favt.gov.ru/dejatelnost-gosudarstvennaia-podderzhka-subsidii/?id=15100*

2. Карамышева А. А., Колотиенко М. А., Тютина А. Д. Рационализация решений покрытий большепролетных объектов наземной инфраструктуры гражданской авиации. Часть 1. Аэровокзалы // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 4 (30). – С. 46–49. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/ratsionalizatsiya-resheniy-pokrytiy-bolsheproletnyh-obektov-nazemnoy-infrastruktury-grazhdanskoy-aviatsii-chast-1-aerovokzaly*

3. ашина, И. В. Использование этилен-тетрафторэтилена (ЭТФЭ) в покрытиях большепролетных зданий и сооружений / И. В. Кашина, И. М. Киселев, Е. Ю. Евлахова // Строительство и техногенная безопасность. – 2019. – № 17(69). – С. 13-20. – EDN GLGHWG.

4. Артебякина Г. И. Обзор конструктивных решений арочных покрытий для общественных зданий / Г. И. Артебякина, В. А. Щербина. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – № 6 (140). – С. 29–31. – URL: *https://moluch.ru/archive/140/39356*

5. Трущев А. Г. Проектирование большепролетных металлических конструкций (вантовые системы покрытий) : учебное пособие / А. Г. Трущев ; Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР ; Московский архитектурный институт. – Москва : МАИ, 1977. – 97 с.

6. Тур А. В. Складчатые конструкции в архитектуре общественных зданий / А. В. Тур, Е. А. Деркач, А. П. Шевченко // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2018. – № 1 (109). – С. 18–22. – URL: *https://rep.bstu.by/handle/data/650*

7. Колесов А. И. Основы компоновки и расчетов стержневых, висячих и мембранных стальных конструкций покрытий большепролетных зданий : учебное пособие / А. И. Колесов. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2021. – 159 с. – ISBN 978-5-528-00447-1. – URL: *https://elib.wkau.kz/lib/document/LANN/17980EBE-5BA6-4A1C-AA07-6ACD23D90AA0/*

УДК 725

Анализ применения сетчатых конструкций в общественных зданиях на примере ТЦ «Бутон» в Новосибирске

*Войнова Д.А. *, студент; Агеева Е.Ю., док. филос. наук, проф. каф арх., доцент, советник РААСН*

Ответственный за переписку: voinovadasha100@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В данной статье рассматривается применение сетчатых пространственных конструкций в качестве несущего каркаса общественных зданий. Анализируются конструктивные преимущества таких систем и архитектурные возможности. На примере ТЦ «Бутон» в Новосибирске показана реализация сетчатой конструкции, позволившая создать яркий, выразительный архитектурный образ здания.

Ключевые слова: сетчатые конструкции, пространственные конструкции, общественные здания, светопрозрачные фасады.

Научный руководитель – профессор кафедры архитектуры, доктор философских наук, доцент, советник Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН) Агеева Елена Юрьевна.

В последние годы сетчатые пространственные конструкции становятся все более актуальным решением при выборе конструктивной схемы зданий различного назначения и формы. В таких конструкциях привычные вертикальные несущие элементы (колонны) по периметру здания заменяются наклонными элементами, образующими структурную оболочку здания с характерным ромбовидным узором. При этом внутренние колонны полностью или частично исключаются, а нагрузки от перекрытий и кровли несет балочная или ферменная система, которая передает их на оболочку. Также внутри здания могут создаваться дополнительные сетчатые элементы, образующие ядра жесткости. Полная замена колонн возможна благодаря тому, что сетчатые оболочки одинаково хорошо воспринимают как вертикальные, так и горизонтальные нагрузки на здание, уменьшая сдвиговые и изгибные деформации за счет характера работы наклонных элементов.

К другим конструктивным преимуществам сетчатых конструкций относятся повышенная устойчивость, обеспечиваемая треугольными элементами, вариативность перераспределения нагрузок и снижение риска разрушения. Кроме того, такие конструкции отличаются уменьшением собственного веса и снижением материалоемкости.

С архитектурной точки зрения применение сетчатых конструкций предоставляет ряд возможностей: формирование выразительной пластики здания, создание сложной геометрии в плане и по высоте, вариативность размеров и конфигурации ячеек несущей сетки, возможность устройства панорамного остекления и организация внутренних пространств, свободных от колонн [1].

Ярким примером применения сетчатой конструкции в общественном здании является торговый центр «Бутон» в Новосибирске. Строительство объекта велось в 2011–2012 годах компанией SpaceStructure по собственной технологии пространственной сетчатой структуры. Авторами проекта являются В. Н. Филиппов, Т. К. Насыров, Т. Уколова, А. Кашин, Е. Савин и К. Фроленок [2]. Само здание и его планы с разрезом можно посмотреть на рис.1, 2.

Рисунок 1 – ТЦ «Бутон» в Новосибирске (днем и вечером)

Первоначально здание проектировалось как трёхэтажное, однако в дальнейшем его высота была увеличена до девяти этажей. Высота объекта составляет 32 м, площадь – 2750 м². Архитектурный образ здания выполнен в форме нераскрывшегося бутона цветка, что определило его название. Благодаря зеленоватому оттенку стеклянной оболочки объект получил в городской среде неофициальное название «Капуста» [3].

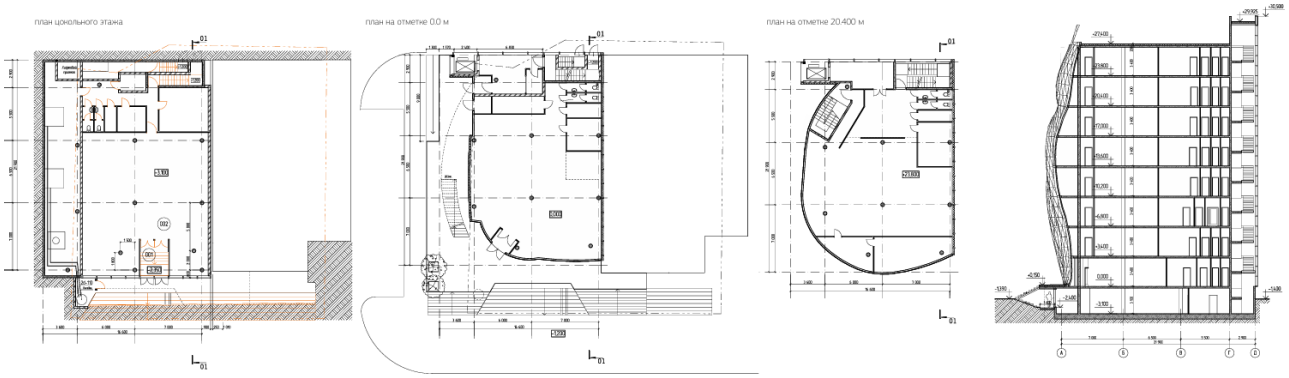


Рисунок 2 – План цокольного этажа, план на отм. 0.000, план на отм. +20.400 и разрез 1-1

ТЦ «Бутон» является одним из первых в России объектов со свободной геометрией фасада. Его пространственная оболочка сформирована сетчатой конструкцией цилиндрической узловой системы, поверхность которой составлена из плоских треугольных

элементов. Такая геометрия позволила реализовать сложную скульптурную форму без потери конструктивной устойчивости.

Фасад выполнен по технологии SpaceStructure. Однослойная треугольная сетчатая структура состоит из алюминиевых цилиндрических узлов и профилированных алюминиевых труб. Все соединения выполнены болтовым способом, что позволило ускорить монтаж. Сборка конструкции осуществлялась с применением альпинистского оборудования [4].

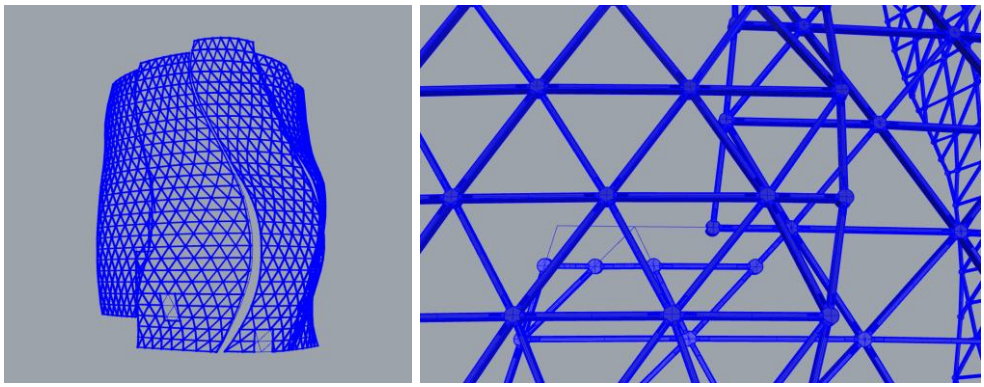


Рисунок 4 – Сетчатая структура здания

Особое внимание заслуживает остекление здания (рис. 5). Каждый стеклопакет имеет индивидуальные размеры и устанавливается в металлический каркас в соответствии с геометрией конкретного участка оболочки. Всего использовано более 2000 стеклопакетов, изготовленных из закалённого стекла и многослойного безопасного стекла (триплекс), что обусловлено частично отвесной формой фасада.

Рисунок 5 – Остекление

Архитектурная выразительность здания особенно значима в условиях окружающей застройки: объект расположен в центральной части города и завершает квартальную композицию, контрастируя с соседними прямолинейными объёмами за счёт пластичной стеклянной оболочки. Высокая цокольная часть усиливает монументальность объекта, а выступающий лифтовой объём подчёркивает вертикальное развитие композиции. Главный вход организован с угловой части здания [5].

Особую значимость объект приобретает с учётом климатических условий Новосибирска, где зимние температуры достигают –39 °С, а сезонные перепады температур отличаются

высокой амплитудой. Несмотря на это, полностью стеклянная оболочка продемонстрировала возможность применения сложных светопрозрачных конструкций даже в суровом сибирском климате.

Таким образом, анализ торгового центра «Бутон» в Новосибирске показывает, что применение сетчатых пространственных конструкций в общественных зданиях позволяет эффективно сочетать инженерную рациональность, конструктивную надёжность и выразительность архитектурного образа. Использование сетчатой пространственной конструкции обеспечило возможность формирования сложной пластической формы здания, сокращения количества внутренних несущих элементов и создания свободного внутреннего пространства.

Рассмотренный объект демонстрирует, что современные пространственные конструкции обладают высоким потенциалом для реализации уникальных архитектурных решений даже в сложных климатических условиях. Опыт проектирования и строительства ТЦ «Бутон» подтверждает перспективность дальнейшего применения сетчатых конструкций в общественной архитектуре как эффективного направления развития современных строительных технологий.

Список использованных источников

1. Семашкина, Д. О. Сетчатые оболочки в качестве каркаса невысотных зданий [Электронный ресурс] / Д. О. Семашкина. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2018. – URL: *https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2018/1%2864%29/3_Semashkina_64.pdf?ysclid=mmqkrdrohd867240955*

2. Офисное здание «Бутон» в Новосибирске [Электронный ресурс] // Архитектура и проектирование.– URL: *https://totalarch.com/zk2015/116?ysclid=mmgnw5potj143788015* (дата обращения: 04.04.2026).

3. Поповский, Д. Новосибирск. Как строился «Бутон» (Красный проспект, 17/1) [Электронный ресурс] / Д. Поповский // Журнал Дмитрия Поповского. – URL: *https://d-popovskiy.livejournal.com/90790.html*

4. Бутон – Space Frame Structures [Электронный ресурс] // Несущие системы РФ. – URL: *https://несущиесистемы.рф/projects/flowerbud* (дата обращения: 04.04.2026).

5. Широкова, Е. О. Постмодернизм в архитектуре торговых центров в регионах России / Е. О. Широкова // Приволжский научный журнал. – 2022. – № 1. – С. 195-200. – URL: *https://pnj.nngasu.ru/word/articles/1-2022/26.pdf*

УДК 725.31

Станции метрополитена и ТПУ как ключевые элементы формирования интермодальных систем пассажирских перевозок: обзор теоретических обоснований и мирового практического опыта

Воробьева Н.А., студент*

* Ответственный за переписку: n.vorobyova2001@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается роль метрополитена и транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) в транспортной структуре города и в интермодальных транспортных системах пассажирских перевозок. На основе анализа работ отечественных исследователей (Д.Н. Власова, А.К. Братищева, Е.П. Безверхой, А.В. Скопицева, П.В. Медведева) автором обобщаются теоретически и практически обусловленные причины формирования интермодальных транспортных систем, а так же определяются типологические особенности интеграции станций метро и ТПУ в структуру пересадочных общественно-транспортных комплексов, функционирующих на городском, межгородском и международном уровнях. Эмпирическая база исследования включает примеры реализации данной модели в мировой практике (Стокгольм, Нью-Йорк, Париж, Токио, Москва). В качестве ключевого вывода обосновывается тезис о трансформации ТПУ из транзитных точек в многофункциональные общественно-транспортные комплексы, выступающие в роли самодостаточных центров, соответствующих принципу «город в городе» и формирующих новую городскую ткань.

Ключевые слова: станции метрополитена, интермодальность, транспортно-пересадочный узел (ТПУ), общественно-транспортный комплекс

Научный руководитель – заведующая кафедрой архитектурного проектирования ННГАСУ, главный архитектор Архитектурной мастерской ННГАСУ, доктор архитектуры, профессор, академик РААСН Гельфонд Анна Лазаревна.

Автор выражает благодарность научному руководителю заведующей кафедрой архитектурного проектирования, профессору кафедры архитектурного проектирования ННГАСУ, доктору архитектуры Гельфонд Анне Лазаревне.

Современный этап развития крупных городов характеризуется сменой парадигмы в восприятии транспортной инфраструктуры. Метрополитен, традиционно выполнявший функцию скоростного внеуличного транспорта, перестает быть просто инженерным сооружением. Сегодня станции метрополитенов все чаще имеют тенденцию к встраиванию в крупные ТПУ и к трансформации в сложные многофункциональные общественно-транспортный комплексы с чертами интретмодальных систем, призванные стать связующими звеньями между различными видами транспорта и публичными пространствами. Как справедливо отмечает А.К. Братищев в своем диссертационном исследовании, сегодня «интермодальность и многофункциональность являются неотъемлемыми характеристиками

современных станций метрополитена и метроузлов» [1]. Данный тезис задает вектор на переосмысление роли метро в градостроительной структуре.

Теоретическое осмысление систем метрополитенов, транспортно-пересадочных узлов и интермодальных транспортных комплексов в российской науке прошло путь от инженерного подхода к комплексному градостроительному. Д.Н. Власов предлагает классическое определение ТПУ. Согласно его трактовке, транспортно-пересадочный узел (ТПУ) в канонической модели представляет собой территориально-обособленный архитектурно-инфраструктурный комплекс, включающий: земельные участки, инженерные системы, транспортные сооружения (с терминалами, платформами ожидания и пересадки), интегрированные в социальную ткань города и объединенные общей планировочной структурой с целью обеспечение комфортной, безопасной пересадки пассажиров между различными видами транспорта [2]. Исследователь подчеркивает, что «градостроительная классификация ТПУ должна определять положение ТПУ относительно системы городских общественных и локальных центров, утвержденной в составе Генплана развития города», поскольку «система ТПУ должна являться каркасом системы развития центров, особенно в периферийной зоне города… иерархическое положение узла в свою очередь должно определять состав и емкость объектов соцкультбыта при его реконструкции» [2]. В контексте территориального планирования Д.Н. Власов формулирует три приоритетными задачи развития системы ТПУ: «обеспечение комфортных условий пересадки пассажиров наземного транспорта на скоростные виды с минимальными временными затратами; предоставление возможности автолюбителю совершить «комбинированную» поездку (до ТПУ на индивидуальном автомобиле, далее по сети пассажирского транспорта); повышение качества транспортного обслуживания прилегающих территорий… за счет формирования оптимальной структуры пешеходных связей» [3].

Мировая практика проектирования демонстрирует устойчивую тенденцию интеграции метрополитена в структуру крупных интермодальных комплексов, обслуживающих междугородние и международные пассажиропотоки. Станции метро, объединенные с железнодорожными вокзалами и аэропортами, формируют важнейший опорный каркас пассажирской коммуникации. А.К. Братищев приводит в качестве показательного примера станцию метро «Т-Централен» в Стокгольме, являющуюся «частью пересадочного узла», где сведены три линии метро, станция пригородных поездов и туристический трамвай; Нью-Йоркский ТПУ «Ворд Трэйд Центр» города Нью-Йорка так же объединяет несколько линий метрополитена с подземной железной дорогой [1]. Токийская модель демонстрирует тотальную интеграции всех линий метро с железнодорожной сетью. Интересен опыт интеграции метрополитена в структуру аэропортов. Парижская система RER интегрирована с метрополитеном и связывает центр города с двумя аэропортами Шарль-де-Голль и Орли [1]. Линия «Аэропорт-экспресс» Гонконгского метрополитена пролегает от Центрального района на острове Гонконг до Гонконгского международного аэропорта Чек-Лап-Кок, обеспечивая доставку пассажиров с багажом. В московской агломерации этот принцип реализован при строительстве станции «Аэропорт Внуково» Солнцевской линии, органично вписанной в инфраструктуру авиа-хаба. Станция « Пыхино» на той же линии, открытая в 2023 году, так же ориентирована на формирование перспективного пересадочного узла.

Е.П. Безверхая и А.В. Скопинцев в своем исследований «Функционально-типологические модели в архитектуре интермодальных транспортно-пересадочных узлов» подчеркивают, что «создание интермодального транспортно – пересадочного узла позволяет обеспечить компактные транспортные и пешеходные связи, а также оптимальные функционально-пространственные решения зон рецепции, релаксации и ожидания» [4]. Авторы предлагают развернутую типологию функциональных блоков ТПУ, выделяя транспртно-пересадочный блок (железнодорожная станция/аэропорт, автовокзал), сопутствующие функции (общественное питание, залы ожидания, торговые пространства) и

блок помещений третичной функции, превращающих узел в общественно-деловой центр (офисные блоки, конгресс-центры, выставочные пространства, аппарт-отели).

В.П. Медведев обращает внимание на эволюцию восприятия вокзалов и станций как градостроительных доминант. В современном мире, ориентированном на «скорость, мобильность, доступность и комфорт» [5], «вокзал -… место встреч, въездные ворота, визитная карточка города, т.е. то место, которое объединяет большое число людей и их интересы. Для городов действует негласное правило – чем меньше город, населенный пункт, тем большую роль играл вокзал» [5]. В статье «Формирование транспортно-пересадочных узлов в городах» исследователь формулирует концепцию «города внутри города» – модель многофункционального кластера на базе ТПУ с включением его в структуру офисно-деловых зданий, торговых и культурных пространств, гостиниц, паркингов, сети велосипедных дорожек и эстакад для пешеходов [5].

Стоит отметить, что в структуре городов станции метрополитена обладают схожей по значимости ролью, что и ТПУ и вокзалы, и, становясь теми же самыми хабами, но уже внутригородского, а не междугороднего уровня, обеспечивают связь периферии с деловым и историческим центрами, производственно-промышленными зонами, наземными системами общественного транспорта. Эта особенность превращает станции метро из пассажирских платформ в активные градостроительные узлы, аккумулирующие пассажирские потоки и задающие вектор развития прилегающих территорий. Следовательно, включение станций метрополитена и ТПУ в единую систему пассажирских перевозок и их модернизация с учетом современных тенденций к интермодальности и формированию общественно-транспортных городских комплексов как нового типа городского общественного пространства являются необходимым условием связанности транспортного каркаса города. Развивая данное теоретическое положение, У.П. Безверхая и А.В. Скопинцев констатируют, что «современной концепцией развития транспортно – пересадочных узлов является приобретением ими функции общественно-деловых центров» [4]. Подобная организация территорий близ ТПУ и станций метрополитена кроме «увеличения пропускной способности… и эффективности работы транспортной системы» качественно повышает уровень организации городской среды, территории перестают быть транзитными зонами и превращаются в места притяжения, где транспортная инфраструктура органично дополняется рекреационными, деловыми и культурными сценариями[5]. Данная трансформация позволяет рассматривать метрополитен и ТПУ не просто как «узловой элемент планировочной структуры города транспортно-общественного назначения» [6], но и как катализатор градостроительного развития, способный генерировать новую, более человечную городскую ткань.

Таким образом, анализ научных источников позволяет констатировать, что интеграция метрополитена в структуру интермодальных ТПУ представляет собой закономерный этап эволюции городских транспортных систем. Метрополитен в структуре современного города перестает быть автономной подземной системой и становится несущим каркасом интермодальных связей, где станция превращается в градостроительный узел, соединяющий транспортные потоки разных организационных уровней, а прилегающая к станции территория – общественно-транспортным комплексом и социально значимым городским пространством.

Список использованных источников

1. Братищев А. К. Перспективы формирования архитектуры современных станций Московского метрополитена : дис. … канд. архитектуры / Московский архитектурный институт. – Москва, 2025. – 210 с. – URL*: https://marhi.ru/sciense/author/Bratischev/index.php* (дата обращения: 08.03.2026). – Текст : электронный.

2. Власов Д. Н. К вопросу о классификации транспортно-пересадочных узлов крупнейшего города // Вестник МГСУ. – 2009. – №3. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-klassifikatsii-transportno-peresadochnyh-uzlov-krupneyshego-goroda-1* (дата обращения: 08.03.2026).

3. Власов Д. Н. Приоритетные направления развития системы транспортно-пересадочных узлов агломерации // Academia. Архитектура и строительство. – 2013. – №3. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/prioritetnye-napravleniya-razvitiya-sistemy-transportnoperesadochnyh-uzlov-aglomeratsii* (дата обращения: 08.03.2026).

4. Безверхая Е. П., Скопинцев А. В. Функционально-типологические модели в архитектуре интермодальных транспортно-пересадочных узлов // AMIT. – 2019. – №3 (48). – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/funktsionalno-tipologicheskie-modeli-v-arhitekture-intermodalnyh-transportno-peresadochnyh-uzlov* (дата обращения: 08.03.2026).

5. Медведев Павел Владимирович Формирование транспортно-пересадочных узлов в городах // Вестник ГУУ. – 2014. – №11. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-transportno-peresadochnyh-uzlov-v-gorodah* (дата обращения: 08.03.2026).

6. Губский М. Ю. Интеграция транспортно-пересадочных узлов в архитектуру городской среды // Ноэма. – 2020. – №2 (5). – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-transportno-peresadochnyh-uzlov-v-arhitekturu-gorodskoy-sredy* (дата обращения: 08.03.2026).

УДК 725.31

Экологический императив развития метрополитенов сегодня: глобальные выгоды и локальные риски

Воробьева Н.А., студент*

* Ответственный за переписку: n.vorobyova2001@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье представлен анализ экологического аспекта развития метрополитенов как ключевого элемента устойчивой транспортной инфраструктуры мегаполисов. На основе выводов и результатов зарубежных исследований, научных статей и публикаций, содержащих данные спутникового мониторинга, модельных оценок и натурных измерений, рассматриваются и анализируются три основные группы эффектов развития сети метрополитена: эффект «замещения» («traffic substittution effect», (TSE)), эффект «низкой углеродной интенсивности» («low-carbon intensity effect» (LCIE)), эффект «подземного загрязнения» («subssurface pollution effect» (SPE)). Результаты проведенного анализа убедительно демонстрируют, что, несмотря на проблему накопления твердых частиц в подземном пространстве, совокупный положительный эффект развития систем метрополитенов многократно превышает сопутствующие издержки, что служит необходимым обоснованием дальнейшего приоритетного развития рельсового внеуличного электрифицированного транспорта как одного из ключевых инструментов достижения целей устойчивого развития крупных городов и их экологической безопасности.

Ключевые слова: метрополитен, экологическая безопасность, качество воздуха, углеродные выбросы, твердые частицы (PM 2.5), эффект «замещения», эффект «низкой углеродной интенсивности», эффект «подземного загрязнения», энергоэффективность, стратифицированная вентиляция (stratum ventilation – SV).

Научный руководитель – зав. каф. архитектурного проектирования ННГАСУ, гл. архитектор Архитектурной мастерской ННГАСУ, д-р арх., проф., академик РААСН Гельфонд Анна Лазаревна.

Автор выражает благодарность научному руководителю заведующей кафедрой архитектурного проектирования, профессору кафедры архитектурного проектирования ННГАСУ, доктору архитектуры Гельфонд Анне Лазаревне.

Введение

Сегодня современный мегаполис находится в эпицентре фундаментального противоречия. С одной стороны, высокая мобильность и социальная активность городского населения является необходимым условием экономического роста и благополучия мегаполиса. Однако, с другой стороны, чрезмерная автомобилизация, достигшая критических показателей во многих городах мира, приводит к серьезным негативным экологическим последствиям, таким как увеличение выбросов парниковых газов и деградация атмосферного воздуха, что ведет к существенному снижению качества жизни горожан. Транспортный сектор, как справедливо отмечают эксперты, остается одним из главных источников антропогенных

выбросов. Согласно аналитическим данным Международного энергетического агентства (IEA), на долю транспортного сектора приходится в среднем около одной пятой (приметно 20%) всех антропогенных глобальных выбросов CO2, что ставит автомобиль в ряд крупнейших источников загрязнения [1]. В этой связи развитие электрифицированного общественного транспорта, в том числе метрополитена, рассматривается как один из наиболее перспективных путей решения экологической дилеммы современных городов. Цель настоящей статьи – на основе анализа актуальных зарубежных научных публикаций в за 2022-2026 гг. области изучения влияния метро на экологическую обстановку урбанизированных территорий дать системную оценку экологического эффекта развития метрополитенов, выделив как позитивные макроэффекты, так и проблемные зоны, требующих технологических решений.

Теоретическая база исследования

Эмпирическую базу настоящего исследования составляют результаты спутникового мониторинга выбросов CO2 в 192 городах мира, где функционируют метрополитены опубликованные в исследовании Dasguhta S., Lall S., Wheeler D. «Subways and CO2 emissions: A global analysis with satellite data» (2023); модель оценки качества воздуха для мегаполиса Сан-Пауло (Бразилия), представленная в работе Chiquetto J.B., Machado P.G. и Mouette D. «Air quality improvements from a transport modal change in the Sao Paulo megacity» (2024); данные об углеродной интенсивности эксплуатации метро в Шэньчжэне (Китай), приведенные в статье Chen K., Zhang G., Wu H., Mao R., Chen H. «Uncovering the Carbon Emission Intensity and Reduction Potentials of the Metro Operation Phase: A Case Stady in Shenzhen Megacity» и в Мумбаи (Индия) «Life cycle environmental assessment of elevated metro rail system: insights from the Mumbai Metropolitan Region for sustainable urban mobility» (Hickman J.E., et al., 2025); результаты натурного измерения концентрации твердых частиц в подземном пространстве Лондонского метро (Великобритания), описанные J.E. Hickman в исследовании «Exposure assessment and particle number size distribution in train carriages in the London subway» (2026), и в подземном пространстве метро Сеула (Ю. Корея), описанные в исследовании «Stratum Ventilation: Enabling Simultaneous Energy Conservation and Air Purification in Subway Cars» авторства Y. Mao, S. Wang и др. (2022). Дополнительно привлечены аналитические данные Международного энергетического агентства (IEA) за 2023 год.

Методы исследования

В работе использованы методы систематического обзора и сравнительного анализа зарубежных научных публикаций (2022-2026 гг.) по экологической проблематики метрополитенов, применены метод статистического анализа и метод обобщения и синтеза данных. Поиск релевантных источников осуществлялся в базах данных Scopus, Wed of Science, ScienceDirect и PubMed по ключевым словам: subway, metro, CO2, emissions, air quality, PM2.5, carbon intensity, modal shift.

Частичный перевод текста статей выполнялся с использованием инструментов искусственного интеллекта (включая языковые модели семантического анализа и машинного перевода).

Глобальное снижение выбросов CO2: эффект «замещения»

Основным механизмом, посредством которого метрополитен улучшает экологическую обстановку на уровне мегаполиса и глобальной биосферы является так называемый эффект «замещения» « («traffic substittution effect», (TSE)) характеризующийся снижением объемов эксплуатации личного автомобиля вследствие повышения удобства и приоритета пользования

общественным транспортом в городе. Перевод значительной части пассажиропотока с личных автомобилей на электрифицированный рельсовый внеуличный транспорт напрямую сокращает выбросы выхлопных газов в зоне городского центры, жилой застройки и на магистралях, что убедительно подтверждают ряд эмпирических исследований. В частности, в работе «Wheeler D. Subways and CO2 emissions: A global analysis with satellite data» (2023), выполненной с использованием спутниковых данных высокого разрешения, авторы исследования Dasguhta S. и Lall S. приходят к выводу, что для 192 городов мира, где на сегодняшний день функционирует сеть метро, метрополитены сократили выбросы CO2, связанные с жизнедеятельностью населения примерно на 50% [2]. В глобальном масштабе, по тем же оценкам, это снижение составляет около 11% [2]. Эффект «низкой углеродной интенсивности» («low-carbon intensity effect» (LCIE)) описывает текущую ситуацию глобального снижения загрязнения атмосферного воздуха и уменьшения парниковых выбросов в городах как позитивное следствие проявления эффекта «замещения» [2, 3]. Количественная оценка эффекта «замещения», проведенная с применением динамической модели качества воздуха WRF-Chem, в рамках анализа влияния данного эффекта на экологическую обстановку в городе Сан-Пауло (Бразилия), как частного примера, в исследовании «Air quality improvements from a transport modal change in the Sao Paulo megacity» (Chiquetto J.B. et ai., 2024) показала следующее [3]. При моделировании сценария полного развития метро в Сан-Пауло, чем больше инвестирование в общественный транспорт, особенно в расширение метро, тем значительнее снижается загрязнения воздуха, и тем дальше в пространстве распространяется эта польза [3]. Более того, авторы отмечают, что полный отказ от автомобиля в пользу систем общественного транспорта, пеших прогулок, велосипеда может привести к снижению выбросов CO2-эквиваленита на 11,7% в радиусе 1.3 км от станций метро [3].

Энергоэффективность и интенсивность выбросов: парадокс эксплуатационных затрат

Естественно, сама по себе эксплуатация метрополитена сопряжена с высоким потреблением электроэнергии. Согласно исследованию Chen K. et al., «Uncovering the Carbon Emission Intensity and Reduction Potentials of the Metro Operation Phase: A Case Stady in Shenzhen Megacity» (2022), годовые выбросы углерода от эксплуатации метро в Шэньчжене (Китай) выросли с 63 000 тонн CO2-эквивалента в 2005 году до 1,3 млн тонн в 2021 году, а исторически накопленные выбросы достигли 9,5 млн тонн [4]. Однако ключевым показателем здесь является не абсолютная величина выбросов, а их интенсивность на ед. транспортной работы. В Шэньчжене за период 13-й пятилетки удельные углеродные выбросы на пассажира составили 0,6 кг, что на порядок ниже, чем при использовании личного автомобиля с двигателем внутреннего сгорания, а прогноз на 2035 год позволяет говорить о возможной кумулятивной экономии до 0,1 млн тонн выбросов за счет эффекта «низкой углеродной интенсивности» [4]. Важным фактором здесь является и выбор источника энергии. Исследование жизненного цикла эстакадной линии метро в Мумбаи в Индии (Hickman J.E., et al., «Life cycle environmental assessment of elevated metro rail system: insights from the Mumbai Metropolitan Region for sustainable urban mobility», 2025) демонстрирует рост спроса в тяговой электроэнергии [5]. Авторы так же справедливо отмечают, что использование возобновляемой электроэнергии и увеличение пассажиропотока повысит конкурентноспособность системы метро в «области устойчивой городской мобильности"[5].

Обратная сторона медали. Качество воздуха в подземном пространстве: скрытый риск и путь технологического решения

Парадоксальным образом, значительно улучшая качество воздуха на поверхности и повышая общую экологическую безопасность на урбанизированных территориях, метрополитен может создавать серьезные риски для здоровья людей в условиях замкнутого пространства станций и вагонов из-за накопления в воздухе твердых частиц (PM), образующихся в процессе эксплуатации состава при износе колес, рельсов и тормозных систем. Возникает так называемый эффект «подземного загрязнения» («subssurface pollution effect» (SPE)). Исследование Y. Mao, S. Wang et al., «Stratum Ventilation: Enabling Simultaneous Energy Conservation and Air Purification in Subway Cars» (2022) показало, что на трети станций Сеульского метрополитена (Ю. Корея), на 85 из 247 обследованных, среднегодовые концентрации твердых частиц PM2.5 превышают 35 мкг/м3, а на еще 30 станциях (12%) – 50 мкг/м3, что выше рекомендуемого допустимого показателя [6]. Еще более тревожные данные были получены в работе J.E. Hickman «Exposure assessment and particle number size distribution in train carriages in the London subway» (2026), в рамках исследования Лондонского метро (Великобритания) было установлено, что средняя концентрация PM 2.5 в вагонах на глубоких линиях Лондонского метрополитена достигала 343 мкг/м3, а пиковые значения на станции Marylebone – 550 мкг/м3; ультрадисперсные частицы (менее 100 нм) составляли 84% от общего числа [7]. При этом на станциях с высоким уровнем загрязнения корреляция с наружным воздухом была низкой, что указывает на доминирование внутренних источников [6, 7] и использование внутренней вентиляционной системы с частичной рециркуляцией.

Одно из перспективных направлений в инженерной практике по разработке новых технологических решений, позволяющих решить проблему внутреннего воздушного загрязнения (эффект «подземного загрязнения» («subssurface pollution effect» (SPE))) на станционных комплексах метрополитена и обеспечить их экологическую безопасность, является применение стратифицированной вентиляции (stratum ventilation – SV) [6]. Результаты по введению в экспериментальную эксплуатацию таких систем показали, что при расходе воздуха 7200 м3/ч SV-системы обеспечивали лучшие показатели концентрация CO2 и температуры в зоне дыхания пассажиров по сравнению с традиционной вентиляцией, а экономия энергии составила 14,05% [6].

Заключение и выводы

Несмотря на локальные проблемы с качеством воздуха в подземных помещениях метрополитена и значительное потребление энергии, метро является одним из ключевых элементов устойчивой транспортной системы современного мегаполиса. Его положительный экологический макроэффект складывается из:

– снижения уровня загрязнения воздуха на урбанизированных территориях, достигаемого благодаря эффекту «замещения», характеризующемуся повышением удобства и приоритета общественного транспорта и снижением объемов эксплуатации личных автотранспортных средств в условиях городской среды;

– сокращения глобальных углеродных выбросов, что обусловлено, во-первых, эффектом «низкой углеродной интенсивности» и низкими эксплуатационными издержками систем метрополитенов и других электрифицированных видов общественного транспорта в сравнении с пользованием индивидуальным автомобилем, а, во-вторых, и позитивным следствием проявления эффекта «замещения».

Вместе с тем, необходимы дальнейшие технологические шаги по снижению негативного воздействия на здоровье человека на станциях на подземных участках сети метрополитена и уменьшению энергетических затрат функционирования метро. К числу наиболее перспективных решений относятся модернизация систем вентиляции на подземных

станционных комплексах, включая внедрение системы стратифицированной вентиляции как более эффективных, экономичных и современных вентиляционных систем, а так же переход на возобновляемые источники для питания тяговых подстанций. Эти методы уже успешно апробированы на системах метрополитена Азиатского региона, таких как Сеульский метрополитен (Ю. Корея) и метрополитен в городе Шэньчжэнь (Китай). Продуманное стратегическое планирование и технологическое обновление метрополитенов сегодня выступают необходимыми условиями для реализации целей устойчивого развития общественного транспорта и повышения качества жизни и мобильности населения в мегаполисах и их экологического благополучия и экологической безопасности.

Список использованных источников

1. International Enerdy Agence (IEA). Transport sector and CO2 emissijns // ClimatePilot. –2023. – URL : *https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023* (дата обращения: 01.04.2026). – Текст : электронный/

2. Dasguhta S., Lall S., Wheeler D. Subways and CO2 emissions: A global analysis with satellite data // Science of The Total Environment. – 2023. – Vol. 883. – P. 163691.– URL: *https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023ScTEn.883p3691D* (дата обращения: 01.04.2026).

3. Chiquetto J.B., Machado P.G. и Mouette D. Air quality improvements from a transport modal change in the Sao Paulo megacity // Science of The Total Environment. – 2024. – Vol. 945. – P. 173968. – URL: *https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969724041160* (дата обращения: 01.04.2026).

4. Chen K., Zhang G., Wu H., Mao R., Chen H. Uncovering the Carbon Emission Intensity and Reduction Potentials of the Metro Operation Phase: A Case Stady in Shenzhen Megacity // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Vol. 20, No. 1. – P. 206. – URL: *https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36612525/* (дата обращения: 01.04.2026).

5. Arora M., et al., Life cycle environmental assessment of elevated metro rail system: insights from the Mumbai Metropolitan Region for sustainable urban mobility// Innovative Infrastructure Solutions. – 2025. – URL: *https://rd.springer.com/article/10.1007/s41062-024-01852-4* (дата обращения: 01.04.2026).

6. Mao Y., Wang S., Liang J., Mao S., Han Y., Zhang S. Stratum Ventilation: Enabling Simultaneous Energy Conservation and Air Purification in Subway Cars// International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. .– URL: *https://www.researchgate.net/publication/365257574_Stratum_Ventilation_Enabling_Simultaneous_Energy_Conservation_and_Air_Purification_in_Subway_Cars* (дата обращения: 01.04.2026).

7. Hickman J.E., et al. Exposure assessment and particle number size distribution in train carriages in the London subway// Atmospheric Environment. – 2026. – Vol. 367. – P. 121745.– URL: *https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231025007204* (дата обращения: 01.04.2026).

УДК 339.138:711.56

Сохранение исторических зон как инструмент брендирования территорий

*Забаранков Р.О., студент *; Гребенюк М.А., студент*

* Ответственный за переписку: rostislavzabarankov@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается брендинг территорий как инструмент формирования образа города или региона. Раскрываются понятие бренда территории, основные инструменты его формирования и типы территориальных брендов. Особое внимание уделяется роли историко-культурного наследия и сохранению исторических зон как основы формирования уникальной идентичности. В качестве примера рассматривается проект «Заповедные кварталы» в Нижнем Новгороде, демонстрирующий возможности интеграции исторической среды в современное городское пространство.

Ключевые слова: брендинг территорий, бренд территории, историко-культурное наследие, культурный бренд, идентичность территории, городская среда, «Заповедные кварталы», Нижний Новгород

Научный руководитель – заведующий кафедры культурологии, канд. пед. наук, Кондрашкина Антонина Александровна

В современном мире города и регионы всё чаще конкурируют между собой за туристов, инвесторов и новых жителей. В этих условиях важную роль начинает играть брендинг территорий – процесс формирования устойчивого и узнаваемого образа места. Брендинг помогает выстраивать внутреннее развитие территории, усиливая связь между культурой, экономикой и обществом.

Особое значение в этом процессе приобретает историко-культурное наследие. Исторические зоны выступают уже не просто как часть городской среды, а важным ресурсом формирования идентичности территории. Их сохранение и включение в современную жизнь позволяет создавать уникальный образ места и усиливать его привлекательность.

Брендинг территорий становится важным инструментом развития городов и регионов, потому что он напрямую влияет на то, как место воспринимается людьми и какие ресурсы территория может привлекать. Брендинг территории объединяет людей и организации внутри страны и за рубежом. Четкое и общее понимание цели, которое формирует стратегия брендинга, может помочь объединить усилия правительства, частного сектора и неправительственных организаций; оно стимулирует вовлеченность и участие населения; на внешнем уровне оно помогает наладить прочные и позитивные связи с другими регионами и людьми [1].

Из этого следует, что брендинг территории – это не просто «упаковка» города или региона, а способ выстраивания общей системы взаимодействия между всеми участниками его развития. Он задаёт общее направление развития более согласованным. Таким образом, бренд территории – это её уникальный образ, репутация и ценностное предложение, которые отличают её от других. Бренд формируется с помощью названия, символов, мифов, историй и, главное, реального опыта, который территория может предложить туристу, инвестору или новому жителю [1].

Культурологическое понимание этого процесса основывается на выделении, интерпретации культурных кодов и смыслов, основанных на культурно-историческом наследии и опыте [2]. При этом бренд не существует отдельно от реальности – он всегда опирается на конкретную среду, но закрепляется в восприятии людей через опыт и ассоциации. Именно поэтому одинаковые по инфраструктуре города могут восприниматься совершенно по-разному: один как «живой и привлекательный», другой как «безликий».

Для формирования сильного бренда территории используется комплекс инструментов, которых можно разделить на четыре группы [3].

Во-первых, стратегические инструменты. Они направлены на формирование «ядра» бренда, его основной идеи. Это глубокий анализ уникальных характеристик территории: ее истории, культуры, экономических особенностей и потенциала. Результатом является стратегия позиционирования, которая определяет, какой именно образ территории будет продвигаться.

Во-вторых, символические инструменты выступают визуальным воплощением бренда: логотип, цветовая палитра, шрифты, а также ключевые визуальные образы – архитектура, природные объекты, узнаваемые городские пространства, которые создают мгновенные ассоциации и закрепляют образ территории в сознании людей.

В-третьих, рекламные инструменты подразумевают активное распространение информации о территории через медиа, социальные сети, наружную рекламу и другие каналы коммуникации, которые формируют первичный интерес и привлекают внимание аудитории.

В-четвёртых, PR-инструменты позволяют выйти на более глубокий уровень работы с образом территории: организация событий, фестивалей, форумов, работа со СМИ и вовлечение людей в совместные проекты. Именно этот уровень формирует устойчивую репутацию и эмоциональную связь с местом.

Из этого можно сделать важный вывод: бренд территории не создаётся одним действием или одним инструментом. Он формируется только тогда, когда все уровни работают вместе – от стратегии до живого опыта взаимодействия с местом.

Также Глущенко М.С. и Мордовин А. В. выделяют разные типы брендов территорий, и их выбор зависит от того, какие ресурсы и особенности есть у территории. Туристические бренды направлены на привлечение посетителей и развитие туристической инфраструктуры. Бренды-товары формируются вокруг продукции, которая ассоциируется с территорией. Бизнес-бренды создают образ территории как места для инвестиций и предпринимательства. Образовательные бренды строятся вокруг университетов и научных центров. Культурные бренды опираются на историческое наследие, архитектуру, культурные практики и известных личностей, связанных с территорией. Именно культурные бренды считаются наиболее устойчивыми, потому что они основаны на уникальном наследии, которое невозможно воспроизвести в другом месте. Это делает их особенно ценными в долгосрочной перспективе.

Сохранение и грамотная интеграция исторических зон в жизнь города являются мощным инструментом брендинга. Это важно сразу по нескольким причинам. Во-первых, это позволяет сохранить историческую среду, которая часто оказывается в промежуточном состоянии: здания уже утратили первоначальную функцию, но ещё не стали полноценными объектами охраны. Брендинг в этом случае даёт им новую роль, превращая их в часть современной городской жизни. Во-вторых, это формирует уникальную идентичность территории. Аутентичная архитектура, планировка улиц и атмосфера старых районов создают то, что невозможно воспроизвести искусственно. Именно это отличает одну территорию от другой и делает её узнаваемой. В-третьих, это имеет экономический эффект: развитие таких зон привлекает туристов, стимулирует малый бизнес, повышает инвестиционную привлекательность и создаёт комфортную среду для жизни. Таким образом, исторические зоны становятся не проблемой, а ресурсом развития.

Ярким примером успешной реализации стратегии территориального брендинга через призму сохранения историко-культурного наследия является проект «Заповедные кварталы» в Нижнем Новгороде, в частности квартал церкви Трёх Святителей. Этот проект представляет собой комплексный подход к возрождению исторической среды, сочетающий восстановление материального наследия с формированием устойчивого культурного бренда территории.

Проект развивает кварталы деревянной застройки Нижнего Новгорода, опираясь на локальные символы, героев и уникальное историческое наследие, способное вдохновлять и дарить искренние эмоции и впечатления [4]. В основе стратегии лежит не просто реставрация объектов, а выявление и использование уникальных символов, исторических нарративов и культурных кодов, способных сформировать эмоциональную связь с местом. Такой подход соответствует принципам культурного брендинга, когда территория позиционируется через призму ее аутентичности и уникальности.

Квартал церкви Трёх Святителей представляет собой ценный образец сохранения исторической повседневной среды XIX – начала XX века. В отличие от парадной архитектуры центральных районов, здесь сохранилась атмосфера «непарадного» города с характерной деревянной застройкой, тихими улочками, резными декоративными элементами и озеленёнными дворами. Именно эта аутентичность, подкреплённая целостностью исторического ландшафта, становится ключевым элементом бренда, отличающим эту территорию от других исторических объектов.

Значимым аспектом брендинга является насыщенный культурный контекст территории. С кварталом связаны имена выдающихся деятелей культуры – Владимира Короленко, Максима Горького, Фёдора Шаляпина, Антона Чехова и Владимира Немировича-Данченко. Эти историко-культурные связи не только повышают символический капитал места, но и создают дополнительные возможности для формирования культурных программ, событийных мероприятий и туристических маршрутов, что повышает вовлечённость различных аудиторий.

Таким образом, проект «Заповедные кварталы» демонстрирует эффективную модель интеграции исторического наследия в современную экономику территории. Благодаря умелому использованию инструментов брендинга – акцентированию на аутентичности, работе с культурным кодом, созданию событийной повестки – достигается не только сохранение, но и устойчивое развитие исторической среды.

Важной особенностью проекта является его происхождение. Реализация проекта началась с инициативы группы волонтеров, которые поддерживали и реставрировали фасады зданий, предотвращая их разрушение и утрату исторической ценности [5]. Впоследствии инициатива получила поддержку региональных властей, что позволило разработать комплексную концепцию ревитализации и создать специализированную автономную некоммерческую организацию для управления проектом.

Для решения задач по сохранению исторических объектов и привлечению посетителей была сформирована проектная команда «Заповедные кварталы». Организаторы отмечают, что задача команды заключалась в превращении квартала в благоустроенное пространство с сохранением его культурной и исторической идентичности [5]. Таким образом, территория приобретает новое функциональное наполнение, оставаясь носителем исторической памяти.

На современном этапе квартал церкви Трёх Святителей представляет собой динамично развивающееся городское пространство. Здесь последовательно ведутся работы по благоустройству улиц, реставрации домов и сохранению усадебных садов, которые становятся площадками для фестивалей и общегородских мероприятий. Важным элементом стало создание культурного центра «Короленко, 18», где регулярно проводятся выставки, экскурсии и творческие встречи. Параллельно формируется насыщенная событийная программа, включающая концерты, лекции, иммерсивные экскурсии и кинопоказы, что способствует оживлению исторической среды.

Особенностью проекта является использование исторической среды не как статичного объекта музейного показа, а как активного пространства городской жизни. Это позволяет создавать условия для повседневного взаимодействия, отдыха и культурной активности, что повышает вовлеченность местных жителей и формирует устойчивую эмоциональную связь с территорией.

Этот пример демонстрирует комплексный подход к развитию исторической территории, в котором органично сочетаются сохранение наследия, благоустройство и современное функциональное использование пространства. Историческая среда становится основой узнаваемого облика города и важным ресурсом его устойчивого развития, подтверждая тезис о том, что именно исторические зоны формируют уникальную идентичность территории и служат основой его культурного бренда. Интеграция исторических зон в современный городской контекст позволяет не только сохранять историческую память, но и создавать условия для социально-экономического развития территории, превращая ее из статичного объекта в живое, востребованное пространство.

Таким образом, брендинг территорий представляет собой инструмент формирования устойчивого образа места, который влияет как на его внешнее восприятие, так и на внутреннее развитие. Он не сводится к визуальным элементам, а формируется на основе истории, культуры, архитектуры и реального опыта взаимодействия с территорией. Важную роль в этом процессе играют различные инструменты брендинга, которые в совокупности позволяют создать целостный и узнаваемый образ территории.

Список использованных источников

1. Фрайдаки, М. Стратегические знания и организация гостиничного бизнеса. – Текст : электронный // Journal of Tourism Research. – Т. 2. – ISSN 2241-7931. – URL: *https://jotr.eu/pdf_files/V2.pdf* (дата обращения: 1.04.2026).

2. Ткаченко, Т. Ю. Изменение социокультурных функций музеев под влиянием общественного запроса. – Текст : электронный // Журнал «Общество: философия, история, культура». – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-sotsiokulturnyh-funktsiy-muzeev-pod-vliyaniem-obschestvennogo-zaprosa* (дата обращения: 1.04.2026).

3. Глущенко, М. С., Мордовин, А. В. Инструменты формирования бренда малых территорий. – Текст : электронный // Таврический научный обозреватель. – 2015. – № 4 (декабрь). – С. 29–34. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/instrumenty-formirovaniya-brenda-malyh-territoriy* (дата обращения: 3.04.2026).

4. Заповедные кварталы : сайт. – 2026. – URL: *https://tickets.zkvartaly.ru* (дата обращения: 30.03.2026).

5. Хавин, Д. В., Горбунов, С. В., Беккер, П. Р. Лучшие практики сохранения и развития исторической недвижимости на примере Нижнего Новгорода. – Текст : электронный // Журнал прикладных исследований. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/luchshie-praktiki-sohraneniya-i-razvitiya-istoricheskoy-nedvizhimosti-na-primere-nizhnego-novgoroda* (дата обращения: 3.04.2026).

УДК 727

История развития деревянных купольных конструкций

*Зубкова Т.С. *, студент; Агеева Е.Ю., зам. зав. каф. архитектуры, доктор фил. наук, профессор*

* Ответственный за переписку: Ztanyxaa@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается эволюция деревянных купольных конструкций с начала XX века до наших дней. Анализируются ключевые этапы развития – от первых советских ребристых куполов до внедрения клеёных деревянных конструкций и создания современных рекордных сооружений. Особое внимание уделено отечественным достижениям, а также зарубежным проектам. Показано, что древесина, пройдя периоды забвения и ренессанса, в XXI веке становится ключевым материалом для устойчивой, энергоэффективной и архитектурно выразительной большепролетной архитектуры.

Ключевые слова: деревянный купол, клееные деревянные конструкции, история архитектуры, большепролетные покрытия, гридшелл, устойчивое строительство.

Научный руководитель – заместитель заведующего кафедрой архитектуры по учебной работе, профессор кафедры архитектуры, доктор философских наук, доцент, советник Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН) Агеева Елена Юрьевна.

Купол по праву считается одной из самых совершенных геометрических форм в мире. Он гармонично объединяет эстетическую выразительность с инженерной рациональностью. История деревянных купольных конструкций насчитывает не одно тысячилетие, но купол по-прежнему актуален, и тем более из деревянных конструкций.

В данной статье проведен историко-революционный анализ эволюции деревянных купольных конструкций от первых большепролетных систем начала XX века до рекордных сооружений современности.

Переломным этапом для древесины как конструкционного материала стала первая половина XX века. Дефицит стали и цемента, вызванный мировыми войнами и послевоенным восстановлением, привёл к значительному расширению сферы применения деревянных конструкций. Беспрецедентные масштабы и темпы строительства поставили перед инженерами и конструкторами совершенно новые технические задачи.

В СССР впервые в мировой практике были разработаны и применены разнообразные формы пространственных дощато-гвоздевых конструкций типа «оболочек». Конструктивной основой этих систем – с дощатым сплошным или разреженным перекрёстным настилом – послужила идея И.П. Кулибина о создании многорешетчатых систем.

В 1923 году на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке в Москве был возведен первый в стране ребристый деревянный купол, изображенный на рисунке 1, для манежа животноводства. Конструкция состояла из меридиональных рёбер (3–4 слоя досок, сшитых гвоздями) и кольцевых настилов (2–3 слоя досок толщиной 20–25 мм). Этот проект стал отправной точкой для массового внедрения большепролётных деревянных покрытий в СССР [1].

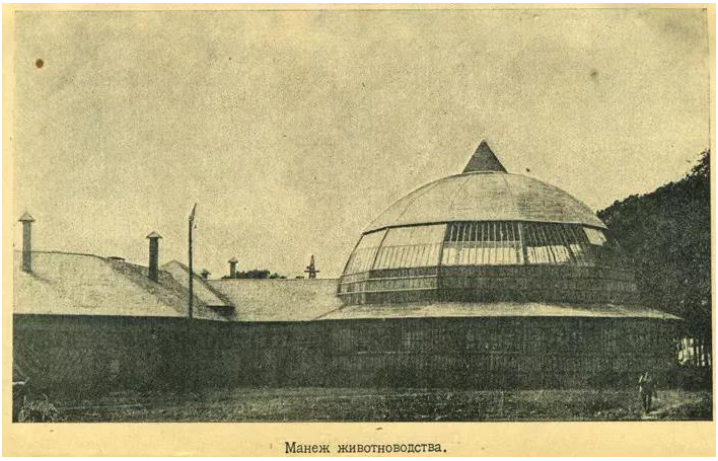


Рисунок 1 – Первый деревянный купол в России Манеж животноводства на ВСХВ, Москва, 1923 г.

1930-е годы ознаменовались возведением уникальных деревянных куполов для цирковых зданий: в Саратове (1928–1933 гг., диаметр 46 м), в Иваново (1933 г., диаметр 50 м) и в Баку (диаметр основания 67 м, стрела подъёма 27 м). Однако самым выдающимся инженерным творением того времени по праву считается купольное покрытие, изображенное на рисунке 2, Универсального спортивного комплекса «Крылья Советов» в Москве (1934 г.).

Рисунок 2 – Купольный зал Универсального спортивного комплекса «Крылья Советов», Москва, 1934 г.

Начиная с 1932 года, сотрудники ЦНИПС разработали и возвели множество конструкций: своды и купола-оболочки, системы из решетчатых арок, тонкостенные купола с меридиональными ребрами и кольцевыми настилами, купола с фанерными стенками и кольцевыми связями, кольцемассивные купола.

Как отмечает В. В. Большаков, этот период характеризовался интенсивным поиском новых конструктивных форм и широким внедрением деревянных конструкций в промышленное и гражданское строительство. Советские инженеры разработали оригинальные системы ребристых и сетчатых куполов, многие из которых не имели аналогов в мировой практике [2].

Вторая половина XX века стала эпохой внедрения клеёных деревянных конструкций. На заводских поточных линиях доски стали склеивать по длине зубчатыми шипами, превращая их в длинномерные заготовки. Затем путём склеивания этих заготовок в пакеты получали «принципиально новый строительный материал – клеёную древесину, которая намного превосходит естественную древесину по своим конструктивным свойствам» [3].

Одним из ключевых преимуществ клеёной древесины является возможность использования низкосортных и короткомерных пиломатериалов (2-го и частично 3-го сорта), которые благодаря высокопрочным клеям и механизированной технологии превращаются в первоклассный строительный материал. Кроме того, клеёная древесина обладает высокой огнестойкостью даже без специальной пропитки: при пожаре она обугливается снаружи, сохраняя при этом несущую способность в глубине.

Купола из клееной древесины используются для перекрытия выставочных и концертных залов, цирков, стадионов, планетариев и других общественных зданий. Архитектурно-конструктивные типы куполов из клееной древесины очень разнообразны. Наиболее часто применяются ребристые купола, купола с треугольной сеткой и сетчатые купола с решеткой кристаллического типа, разработанные профессором Туполевым М. С.

В 1960–1970-е годы в ЦНИИСК им. Кучеренко под руководством Хлебного Я. Ф. и Пятикрестовского К. П. разрабатывались пространственные конструкции из клеёной древесины. Было установлено, что объединение обшивок и каркаса в единую многократно статически неопределимую конструкцию позволяет снизить расход материалов на каркас до 25% по сравнению с плоскостными схемами.

До конца 1970-х годов качество типовых клеёных конструкций было низким из-за массового расслоения клеёных элементов. Критическое состояние удалось исправить благодаря разработкам Турковского С. Б. и Погорельцева А. А. Они применили наклонно вклеенные арматурные стержни, что дало клеёным конструкциям «новую жизнь».

В 1970-1980-х годах была создана нормативная база, научные школы и методология проектирования [4].

За рубежом в это время были построены такие рекордные сооружения, как спортивный зал в штате Монтана (США, 1956 г., пролёт 91,5 м) с 36 клеёными ребрами-арками сечением 17,5 х 50 см (рис. 3), сетчатый купол в Солт-Лейк-Сити (США, 1968 г., диаметр 105 м, высота 35 м), купол стадиона в г. Такома (США, 1983 г., диаметр 256 м).

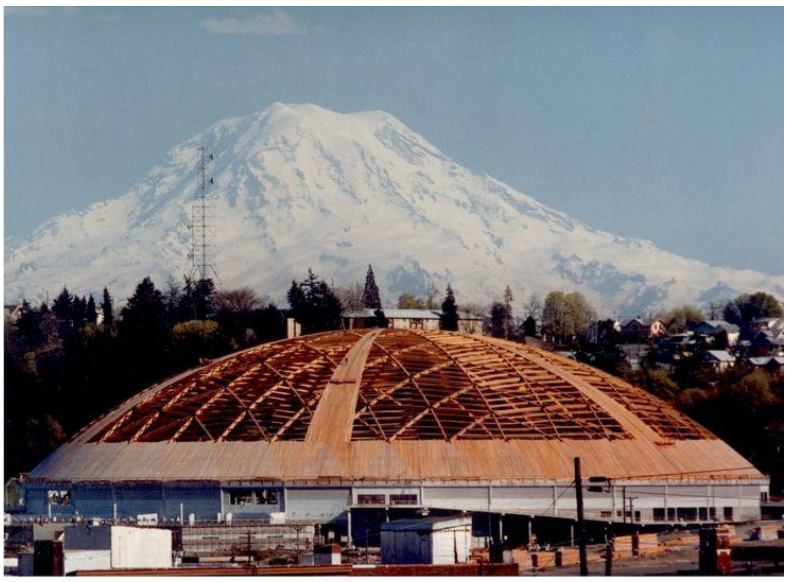


Рисунок 3 – Спортивный центр на 15 тыс. зрителей, Монтана, 1956 г.

Современный этап характеризуется разнообразием конструктивных решений и архитектурных форм. Как отмечает Мишталь, «в XXI веке деревянные купола перестали быть только инженерной экзотикой – они строятся по всему миру, от Японии до Испании, от Финляндии до Бразилии» [5].

Крупнейшие современные сооружения поражают масштабами. Купол «Superior Dome» университета Северного Мичигана (1991 г.) имеет диаметр 163,4 м и собран из 781 деревянной балки, рассчитан на снеговую нагрузку 2,87 кПа и скорость ветра 130 км/ч. Купол в японском городе Одате (1997 г.) размерами 178×157 м в плане и высотой 52 м – один из самых больших деревянных куполов в мире.

В Испании в 2011 году построен комплекс Metropol Parasol в Севилье – самая большая в мире деревянная конструкция, напоминающая гигантские грибы-зонтики (рис. 4).

Рисунок 4 – Метрополь Парасоль, Севилья, 2011 г.

В России в 2012 году открылся ТРК «PITERLAND» в Санкт-Петербурге, изображенный на рисунке 5, с деревянным куполом диаметром 90 м и стрелой подъема 43 м. Основными несущими элементами покрытия развлекательного комплекса являются арки пролетом 18 м из клееной древесины.

Рисунок 5 – Торгово-развлекательный комплекс «PITERLAND», Санкт-Петербург, 2012 г.

Особого внимания заслуживают гридшеллы – сетчатые оболочки сложной формы, не описываемые простыми математическими поверхностями. Примером является павильон Savill Garden в Великобритании (2008 г., размеры 25×90 м, высота от 4,5 до 8,5 м). В Германии на выставке Expo-2000 в Ганновере была представлена деревянная сетчатая оболочка сложной формы.

Итак, на основании вышеприведенного анализа, можно сказать, что именно с 1990 года начался переход деревянного куполостроения из разряда уникальных инженерных сооружений в область высокотехнологичной, индустриальной и экологичной архитектуры. Это стало возможным благодаря появлению новых материалов (CLT и LVL), внедрению цифровых методов проектирования и развитию технологий соединения. Древесина – единственный возобновляемый конструкционный материал, накапливающий углерод на протяжении всего срока службы. Строительство из массового древесного материала рассматривается как стратегия декарбонизации строительной отрасли. Как отмечает Мишталь, «дальнейшее развитие деревянных структур зависит от дополнения испытаний древесины как гетерогенного материала, а также от дальнейшего совершенствования волокнистых структур с вязко-упругими свойствами».

Список использованных источников

1. Кривошапко С.Н., Пятикрестовский К.П. Из истории строительства деревянных оболочек и их возможности в настоящем и будущем // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2014. – № 1. – С. 3–18. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/iz-istorii-stroitelstva-derevyannyh-obolochek/viewer*
2. Большаков В.В. Развитие деревянных конструкций в Советском Союзе за 40 лет // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1959. – № 3. – С. 78–96. URL: *https://djvu.online/file/PQj1AhlukLWZI*
3. Атлас деревянных конструкций / К.-Г. Гётц, Д. Хоор, К. Мёлер, Ю. Наттерер; пер. с нем. Н.И. Александровой; под ред. В.В. Ермолова // Атлас деревянных конструкций – М.: Стройиздат, 1985. – 272 с. URL: *https://djvu.online/file/c2ctXjqm1cT63*
4. Беляева З. В., Разводов Р. И. Эффективность применения клеенных деревянных конструкций в современном строительстве // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2019. №1 (40). URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-kleenyh-derevyannyh-konstruktsiy-v-sovremennom-stroitelstve-1*
5. Misztal B. Wooden Domes: History and Modern Times. – Cham: Springer, 2018. – 269 p. – URL: *https://forum.domesworld.ru/viewtopic.php?f=30&t=1313*

УДК 72.01

Инновации в архитектуре торгово-развлекательных центров России и Марокко

Иаши С., магистрант

* Ответственный за переписку: safwaneiaiche@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена исследованию современных подходов к архитектурному проектированию торгово-развлекательных центров в России и Марокко. Рассматриваются особенности организации общественных пространств, функционального зонирования и объемно-пространственных решений в условиях различных климатических и культурных традиций. Сравнение реализованных архитектурных подходов позволяет выявить как общие направления развития данной типологии зданий, так и региональные особенности проектирования. В работе внимание уделяется вопросам гибкости внутренних пространств, взаимодействия торговых объектов с городской средой и использованию решений, направленных на повышение комфорта посетителей. Проведённый анализ показывает, что развитие современных торгово-развлекательных центров связано с расширением общественных функций, совершенствованием пространственной организации и стремлением к более устойчивым моделям архитектурного проектирования.

Ключевые слова: архитектура, торгово-развлекательные центры, инновации, общественные пространства, городская среда, устойчивое развитие, Россия, Марокко.

Научный руководитель – Норенков Сергей Владимирович, профессор кафедры архитектуры ННГАСУ, доктор философских наук, профессор, академик Международной академии инвестиций и экономики строительства.

Благодарности. Автор выражает благодарность Норенкову Сергею Владимировичу за научное руководство, ценные рекомендации и консультации при подготовке статьи.

Введение

Торгово-развлекательные центры занимают важное место в структуре современного города. Сегодня они выполняют не только коммерческие функции, но и выступают пространствами повседневного общения, отдыха и проведения досуга. Изменение роли таких объектов связано с ростом требований к качеству городской среды и организации общественных пространств. В исследованиях К. Александера отмечается, что жизнеспособность архитектурной среды определяется не отдельными зданиями, а характером связей между пространствами и деятельностью людей [1, 2].

Развитие торгово-развлекательных центров сопровождается изменением подходов к их проектированию. Наряду с торговыми площадями всё большее значение приобретают открытые общественные зоны, места встреч, рекреационные пространства и элементы городской инфраструктуры. По мнению М. Кармоны, общественные пространства оказывают существенное влияние на восприятие городской среды и уровень социальной активности пользователей [3]. Схожий подход рассматривается и в работе Р. Гамбасси, где общественные

пространства характеризуются как важный элемент пространственной организации современного города [6].

Архитектурное решение подобных объектов требует учёта функциональной структуры, особенностей движения посетителей и взаимосвязи внутренних и внешних пространств. Ф. Чинг подчёркивает значение пространственного порядка и логики организации архитектурной среды для формирования комфортного пользовательского опыта [4]. В свою очередь П. Коулман отмечает, что эффективность современных торговых комплексов во многом зависит от качества планировочной структуры и удобства общественных зон [5].

Опыт России и Марокко представляет интерес благодаря различным климатическим условиям, особенностям городской застройки и культурным традициям. Сравнение архитектурных решений позволяет выявить наиболее востребованные направления развития торгово-развлекательных центров и определить роль инновационных подходов в формировании современной городской среды.

Инновационные подходы в архитектуре торгово-развлекательных центров

Современные торгово-развлекательные центры проектируются как многофункциональные объекты, объединяющие торговые, рекреационные и общественные пространства. Одним из наиболее заметных направлений развития является применение гибких планировочных решений, позволяющих изменять функциональное наполнение отдельных зон без существенного изменения общей структуры здания. Подобный подход обеспечивает более эффективное использование внутренних пространств и способствует адаптации комплекса к изменяющимся потребностям посетителей [1, 5].

Особое значение приобретает организация общественных пространств внутри комплекса. Атриумы, внутренние галереи, зоны отдыха и коммуникационные пространства формируют условия для социальной активности и делают объект частью городской общественной жизни. В работах К. Александера и М. Кармоны подчёркивается, что качество общественных пространств во многом определяет характер взаимодействия людей с архитектурной средой [2, 3]. Аналогичная идея рассматривается Р. Гамбасси, который связывает роль общественных пространств с общей структурой современного города [6].

Важным элементом инновационного проектирования остаётся пространственная организация здания. Композиционная целостность, логичная система движения посетителей и взаимосвязь функциональных зон влияют на восприятие архитектурного объекта и удобство его эксплуатации. По мнению Ф. Чинга, эффективность архитектурной среды во многом зависит от согласованности пространственной структуры и принципов её организации [4].

Наряду с планировочными решениями всё большее внимание уделяется вопросам устойчивости и ресурсосбережения. Использование естественного освещения, современных фасадных систем и энергоэффективного остекления позволяет повысить комфорт внутренней среды и сократить эксплуатационные затраты. Подобные решения становятся частью проектирования современных торгово-развлекательных комплексов в различных странах.

Архитектура торгово-развлекательных центров в России

Развитие торгово-развлекательных центров в России тесно связано с процессами урбанизации и изменением характера городской среды. Такие объекты перестали быть только местами торговли и стали выполнять функции общественных центров, объединяющих различные виды повседневной активности. В современных условиях торгово-развлекательный центр часто выступает пространством общения, отдыха и проведения досуга, дополняя существующую городскую инфраструктуру [3, 6].

Для российских объектов характерны крупные масштабы и сложная пространственная организация. Внутренние атриумы, многоуровневые галереи и открытые коммуникационные зоны обеспечивают удобное распределение потоков посетителей и формируют единую архитектурную структуру комплекса. Подобные решения позволяют поддерживать визуальные связи между различными функциональными зонами и делают внутреннее пространство более понятным для пользователей [4, 5].

Существенное влияние на проектирование оказывает климат. В большинстве регионов России продолжительный холодный период требует применения энергоэффективных конструкций и инженерных систем. По этой причине особое внимание уделяется качеству ограждающих конструкций, использованию современных фасадных решений и организации естественного освещения, позволяющего повысить комфорт внутренней среды при рациональном использовании энергетических ресурсов.

Ещё одной особенностью современного этапа развития является переход к многофункциональной модели. Помимо торговых площадей в структуру комплекса включаются зоны отдыха, предприятия общественного питания, пространства для проведения культурных мероприятий и различные сервисные функции. Такой подход способствует более активному использованию объекта в течение дня и усиливает его значение как элемента общественной жизни города [1; 5].

Архитектура торгово-развлекательных центров в Марокко

Развитие торгово-развлекательных центров в Марокко происходит под влиянием климатических условий и сложившихся представлений об организации общественных пространств. В отличие от многих российских объектов, где основная активность сосредоточена во внутренних помещениях, в марокканской практике заметную роль играют открытые и полуоткрытые пространства, обеспечивающие более тесную связь архитектуры с окружающей средой.

При проектировании подобных комплексов большое внимание уделяется комфорту посетителей и качеству общественных зон. Пространственная структура часто включает внутренние площади, зоны отдыха и пешеходные маршруты, способствующие свободному перемещению людей и длительному пребыванию на территории объекта. Такой подход соответствует представлениям о значении общественных пространств как важной части городской жизни, рассматриваемым в работах М. Кармоны и Р. Гамбасси [3, 6].

Особенности климата оказывают влияние на организацию архитектурной среды. Важное значение приобретают естественное освещение, защита от перегрева и создание благоприятного микроклимата в общественных зонах. В результате архитектурные решения ориентируются не только на функциональную эффективность комплекса, но и на повышение качества пребывания посетителей.

Современные торгово-развлекательные центры Марокко сочетают требования коммерческой инфраструктуры с задачами формирования привлекательной городской среды. Подобно российским объектам, они постепенно приобретают многофункциональный характер, однако способы организации пространства нередко отражают местные культурные традиции и особенности взаимодействия людей с городской средой [2, 6].

Сравнительный анализ архитектурных подходов

Сопоставление архитектурных решений торгово-развлекательных центров России и Марокко показывает, что подходы к проектированию подобных объектов формируются под влиянием различных природно-климатических и культурных условий. Для российских комплексов более характерна ориентация на внутренние пространства, способные обеспечить

комфортное пребывание посетителей независимо от сезонных изменений климата. В марокканской практике заметно большее внимание уделяется взаимосвязи архитектуры с окружающей средой и организации открытых общественных зон.

Отличия прослеживаются и в структуре общественных пространств. В российских торгово-развлекательных центрах ключевую роль обычно играют крупные атриумы, многоуровневые галереи и развитая система внутренних коммуникаций. В марокканских объектах общественная активность чаще концентрируется вокруг открытых пространств и зон отдыха, формирующих более тесную связь между архитектурой и городской средой. Подобные подходы отражают различные способы организации пространства при сохранении общей многофункциональной направленности объектов [3, 6].

Наряду с существующими различиями можно выделить и общие тенденции развития. В обеих странах проектирование торгово-развлекательных центров всё чаще ориентируется на создание комфортной среды для посетителей, повышение гибкости функциональной структуры и расширение общественных функций комплекса. Значительное внимание уделяется качеству пространственной организации, удобству перемещения пользователей и формированию привлекательных общественных пространств, что соответствует современным представлениям о роли архитектуры в городской жизни [5, 6].

Заключение

Проведённый анализ позволяет рассматривать торгово-развлекательные центры как важную часть современной городской среды, в которой сочетаются коммерческие, общественные и рекреационные функции. Изменение требований к качеству городских пространств оказывает непосредственное влияние на архитектурные подходы к проектированию подобных объектов и способствует поиску новых пространственных и функциональных решений.

Сравнение опыта России и Марокко показывает, что архитектурные решения формируются с учётом особенностей климата, городской структуры и культурного контекста. При этом в обеих странах наблюдается стремление к созданию комфортных общественных пространств, повышению гибкости планировочных схем и более эффективной организации внутренних и внешних функциональных зон.

Современные торгово-развлекательные центры всё чаще рассматриваются не только как объекты торговли, но и как места общественной активности, способные оказывать влияние на качество городской среды. Перспективы дальнейшего развития данной типологии связаны с совершенствованием пространственной организации, расширением общественных функций и поиском архитектурных решений, отвечающих современным требованиям устойчивого развития и комфорта пользователей.

Список использованных источников

1. Alexander C., Ishikawa S., Silverstein M. A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction. – New York: Oxford University Press, 1977. – 1171 p.

2. Alexander C. The Timeless Way of Building. – New York: Oxford University Press, 1979. – 552 p.

3. Carmona M., Heath T., Oc T., Tiesdell S. Public Places Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design. – Oxford: Architectural Press, 2010. – 394 p.

4. Ching F.D.K. Architecture: Form, Space and Order. Hoboken: Wiley, 2023. – 449 p.

5. Coleman P. Shopping Environments: Evolution, Planning and Design. – Oxford: Architectural Press, 2006. – 464 p.

6. Gambassi R. Identity of modern architecture in historical city environments //Architecture and Engineering. – 2016. – Vol. 1. – No. 2. – P. 27-42.

УДК 728.1:364.4-053.9

Особенности планировочных решений зданий для пожилых людей

*Иванов Я. А. *, студент; Кочетова Е. А., старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: raly4d@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена демографической проблемой старения населения во всем мире. В статье анализируются семь примеров адаптации зданий под нужды пожилых людей с различными нозологическими группами (деменция, нарушения опорно-двигательного аппарата, сенсорные расстройства). Рассмотрены проекты из России, Эстонии, США, Австралии и Польши. Выделены пять типов архитектурного адаптации существующих зданий: капитальный ремонт, реконструкция с пристроем, адаптивное повторное использование, реновация кампуса и точечная перепланировка. Показано, что наиболее эффективная нозологическая дифференциация достигается через изолированные этажи для деменции и квартиры с разной сенсорной оснасткой. Результаты могут быть использованы при разработке методических рекомендаций по адаптации интернатов для пожилых.

Ключевые слова: адаптация зданий, интернаты для пожилых, нозологические группы, архитектурно-планировочные решения, деменция, безбарьерная среда.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры металлических конструкций Кочетова Елена Анатольевна.

Введение

В России, как и во всем мире доля пожилых неуклонно растёт, что повышает спрос на учреждения социального обслуживания – дома-интернаты, пансионаты, геронтологические центры. Новое строительство таких объектов требует значительных инвестиций и не всегда возможно в сложившейся городской или сельской застройке. Альтернативой является адаптация существующих зданий – от капитального ремонта до перепрофилирования. Однако просто «оснастить пандусом» недостаточно. Современный подход требует учета нозологических групп пожилых людей: разные заболевания (деменция, нарушения слуха, зрения, опорно-двигательного аппарата) предъявляют разные требования к архитектурной среде.

Поэтому цель данной работы – на основе анализа существующих проектов выявить эффективные архитектурно-планировочные приёмы адаптации зданий под различные нозологические группы пожилых людей.

Проанализировано семь существующих примеров из России, Европы, США и Австралии, отобранных по критериям:

1) наличие документально подтверждённой адаптации под конкретную нозологическую группу;

2) публичная доступность информации (отчёты, проектная документация, нормативные акты).

Методы исследования: сравнительный анализ, классификация типов вмешательства, описание ключевых планировочных решений.

Первый пример реконструкции – капитальный ремонт с элементами адаптации Саранского дома-интернат (Россия). В рамках нацпроекта «Семья» (проект «Старшее поколение») проведена реконструкция дома-интерната. Вместо многоместных палат созданы спальни на 1–3 человека с прихожими и индивидуальными санузлами. На каждом этаже – гостиные и бытовые комнаты для самостоятельной стирки и приготовления пищи. Благоустроена территория: круговая прогулочная дорожка, яблоневый сад, спортплощадка [1]. Целевая группа Саранского дома-интерната – смешанная (пожилые с умеренными физическими ограничениями), при этом нозологическая группа – слабая, но при реконструкции достигнуто повышение приватности и автономии.

Вторым примером реконструкции с пристроем нового корпуса является Сердобский дом-интернат (Россия). Реконструировано существующее здание интерната и построен новый трёхэтажный корпус. На втором этаже нового корпуса размещены спортивный зал для адаптивной физкультуры (АФК) и кабинет психолога. На каждом этаже организованы столовая, прачечная самообслуживания, холл с книжным шкафом [2]. Целевая группа Сердобского дома-интернат – пожилые с нарушениями опорно-двигательного аппарата (в том числе постинсультные), нозологическая группа – умеренная, за счёт выделения специализированного зала АФК.

В Эстонии в интернате Tartu Südamekodu организовано изолированное нозологическое отделение для людей с когнитивными нарушениями. Для этого построено новое здание. Второй этаж полностью изолирован и предназначен для людей с деменцией, болезнью Альцгеймера и другими когнитивными нарушениями. Здесь применены замкнутые маршруты, отсутствие тупиков, контроль доступа, антитравматичная мебель. Первый этаж предназначен для сохранных пожилых людей (без выраженных когнитивных нарушений и с сохраненной способностью к самообслуживанию) [3]. Нозологическая группа для эстонского интерната сильная. Эффект такого планировочного решения – снижение блуждания и поведенческих симптомов при когнитивных нарушениях.

В США для Waltemade Residence применили более сложное адаптивное повторное использование здания, которое изначально не было интернатом для пожилых. Бывшая лечебница перепрофилируется в доступное жильё для пожилых. Всего 132 жилые единицы: 102 квартиры для людей 62+ с общими возрастными изменениями и 30 специализированных квартир:

1) для людей с нарушениями подвижности (колясочники, ходунки) – расширенные дверные проёмы (≥ 90 см), поворотные площадки, заниженные подоконники;

2) для слабослышащих – вибросигналы, индукционные петли;

3) для слабовидящих – тактильная плитка, контрастная маркировка ступеней, направляющие поручни [4].

Нозологическая группа при таком архитектурно-планировочном решении – сильная, на уровне отдельных квартир, а эффект такого планировочного решения – персонализированная среда без эффекта обезличенности, характерного для крупных интернатов.

В Австралии провели полную реновацию достаточно большой территории: Uniting Waverley Estate. Реновация территории 43 000 м² с сохранением четырёх главных объектов. Создана бесшовная система (seamless continuum): от самостоятельного проживания в квартирах до специализированного центра ухода за людьми с деменцией и реабилитационной больницы. Общественные пространства (кафе, сады, мастерские) доступны для всех категорий [5]. Нозологическая группа при данном подходе к планировочным решениям – умеренная, но с плавным переходом между зонами, а эффект– психологический комфорт («не нужно уезжать, если станет хуже»).

Пансионаты для ветеранов труда в Москве и Подмосковье адаптировали по СП 35-114-2003. Была проведена точечная адаптация санузлов. Нормативный документ СП 35-114-2003 «Реконструкция и приспособление зданий для учреждений социального обслуживания пожилых людей» содержит конкретные приёмы:

1) душевой поддон высотой не более 3 см (или «нулевой порог»);

2) поручни у унитаза и в душевой;

3) кнопка вызова персонала в санузле;

4) расширение дверного проёма до 85–90 см для колясок и ходунков [6].

Целевая группа такого архитектурно-планировочного решения – физически ослабленные пожилые люди, в том числе с недержанием. Нозологическая группа при этом – точечная, на уровне санитарно-технических узлов.

Центр для пожилых в Лещно в Польше организован в бывшей школе. Заброшенное здание восстановлено под центр дневного пребывания. Сохранена старая кирпичная кладка и большие окна, обеспечивающие естественный свет. Открытая планировка с зонами для чаепития, рукоделия, чтения. Философия проекта: «сами стены говорят, что годы идут, и это нормально» [7]. Ключевое архитектурно-планировочное решение данного проекта – эстетика старения, при этом объект хорошо вписывается в существующую застройку, а пожилые люди имеют возможность без проблем добраться до центра. Целевая группа для данного проекта – сохранные и умеренно ослабленные пожилые (без тяжёлой деменции). Нозологическая группа в центре для пожилых отсутствует, но важен психологический эффект принятия старения.

Сводная таблица объектов по типу вмешательства, виду нозологической группы и ключевым планировочным решениям представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Сводная таблица объектов анализа

№	Объект, страна	Тип вмешательства	Основная нозология	Ключевое планировочное решение
1	Саранск, РФ	Капремонт	Смешанная	Спальни 1–3 чел. с санузлом
2	Сердобск, РФ	Реконструкция + пристрой	ОДА-нарушения	Зал АФК, прачечные на этаже
3	Тарту, Эстония	Новое стр-во	Деменция	Изолированный этаж, замкнутые маршруты
4	Waltemade, США	Adaptive reuse	ОДА, слух, зрение	Специализированные квартиры
5	Uniting, Австралия	Реновация кампуса	Полный спектр	Бесшовная система
6	Пансионаты (СП), РФ	Перепланировка санузлов	Физически ослабленные	Душевой поддон 0–3 см
7	Лещно, Польша	Восстановление руины	Сохранные	Эстетика старения

Анализ рассмотренных объектов для пожилых людей позволяет выделить пять типов архитектурной адаптации:

1) капитальный ремонт – минимальные изменения, подходит для смешанных групп с преобладанием сохранных пожилых;

2) реконструкция с пристроем – позволяет добавить специализированные помещения (залы АФК, кабинеты психолога) без остановки эксплуатации;

3) адаптивное повторное использование – экономически эффективно, но требует тщательной проработки планировки под конкретные нозологии;

4) реновация здания – наиболее комплексный подход, но дорогой и длительный;

5) точечная перепланировка (например, санузлов) – быстрая и недорогая, но решает лишь частные задачи.

Степени нозологических групп (по классификации из геронтологии) варьируется от слабой (Саранск) до сильной (Тарту, Waltemade). Наиболее эффективными признаны решения, где:

1) для деменции и других когнитивных нарушений создаются изолированные безопасные среды с замкнутыми маршрутами;

2) для физических и сенсорных нарушений – квартиры с разной оснасткой в рамках одного здания.

Российская практика пока ориентирована на смешанные группы, однако нормативная база (СП 35-114-2003) уже содержит готовые приёмы для точечной адаптации.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие выводы:

1) адаптация существующих зданий – реалистичная альтернатива новому строительству, позволяющая сохранить бюджет и вписать объект в сложившуюся застройку;

2) учёт нозологических групп значительно повышает качество жизни пожилых людей, снижает поведенческие симптомы (при деменции) и риск падений (при физических нарушениях);

3) для адаптации зданий под нужды пожилых людей рекомендуется разработка типовых модулей адаптации под конкретные нозологии (деменция, нарушения слуха/зрения, постинсультные состояния) с возможностью встраивания в существующие здания интернатов.

Представленные в статье выводы могут служить основой для разработки новых планировочных подходов к адаптации интернатов для пожилых с учётом разных нозологических групп, обеспечивая создание более эффективной, безопасной и гуманной архитектурной среды.

Список использованных источников

1. Министерство социальной защиты Республики Мордовия. Отчёт о реализации проекта «Старшее поколение» в Саранском доме-интернате. – Саранск, 2024. – URL: *https://social.e-mordovia.ru* (дата обращения: 09.05.2026). – Текст: электронный.

2. Правительство Пензенской области. Реконструкция Сердобского дома-интерната для престарелых и инвалидов: итоги 2023–2025 гг. – Пенза, 2025. – 12 с.

3. Tartu Südamekodu projekt. Erihoolekandeteenused dementsusega eakatele. – Tartu: Südamekodu AS, 2022. – URL: *https://sydamekodu.ee* (дата обращения: 09.05.2026). – Текст: электронный.

4. Waltemade Residence. Adaptive Reuse for Seniors with Disabilities. – Mount Vernon, NY: Westchester County Housing Authority, 2024. – URL: *https://www.westchesterhousing.org/waltemade* (дата обращения: 09.05.2026). – Текст: электронный.

5. Uniting NSW.ACT. Waverley Estate Masterplan: Ageing in Place. – Sydney: Uniting, 2023. – 28 p.

6. СП 35-114-2003. Реконструкция и приспособление зданий для учреждений социального обслуживания пожилых людей. – М.: Госстрой России, 2003. – 67 с.

7. Leszno Senior Centre. Rewitalizacja opuszczonego budynku na centrum aktywności senioralnej. – Leszno: Urząd Miasta Leszna, 2021. – URL: *https://leszno.pl/seniorzy* (дата обращения: 09.05.2026). – Текст: электронный.

УДК 72.01:338.48

Динамика туристических потоков Чувашской Республики с учётом историко-культурного наследия (2022-2024 гг.)

Иванов Я.А., студент; Агеева Е.Ю., старший преподаватель.*

* Ответственный за переписку: raly4d@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В работе рассматривается динамика туристического потока в Чувашской Республике за период 2022–2024 гг. Проведено сравнение основных туристических направлений региона, включая город Чебоксары, речной туризм и развитие малых городов и их историко-архитектурное и историко-культурное наследие. На основе анализа статистических данных выявлены ключевые тенденции роста и факторы, влияющие на увеличение числа туристов. Также обозначены основные проблемы, сдерживающие развитие отрасли. В заключении предложены практические рекомендации, направленные на дальнейшее развитие туризма и повышение его устойчивости в регионе. Дальнейшее повышение значимости историко-архитектурного и историко-культурного наследия.

Ключевые слова: историко-архитектурное наследие, туристический поток, Чувашская Республика, региональный туризм, внутренний туризм, речной туризм, инфраструктура, развитие туризма, туристические направления.

Научный руководитель – профессор кафедры архитектуры ННГАСУ, доктор философских наук, кандидат культурологии, доцент Агеева Елена Юрьевна.

Введение

В последние годы внутренний туризм в Российской Федерации демонстрирует устойчивый рост, что связано как с изменением геополитической ситуации, так и с повышением интереса к региональным туристическим ресурсам. Ограничение международных поездок, развитие национальных туристических проектов и рост интереса к культурному наследию способствуют перераспределению туристических потоков в пользу внутренних направлений.

Чувашская Республика представляет собой перспективный регион для развития туризма благодаря сочетанию историко-культурного наследия, природных ресурсов и выгодного транспортного положения. Регион располагается в бассейне реки Волги, что обеспечивает развитие речного туризма и включённость в межрегиональные туристические маршруты.

Цель исследования – проанализировать динамику туристических потоков в Чувашской Республике за 2022–2024 годы, выявить структуру туристических направлений и определить ключевые факторы развития туризма в регионе.

Методы исследования: статистический анализ, сравнительный анализ туристических направлений, структурирование туристического потока.

За период 2022–2024 гг. в Чувашской Республике наблюдается устойчивый рост туристического потока. В 2022 году регион посетило около 537 тыс. человек, в 2023 году – около 700 тыс., а в 2024 году (по данным на ноябрь) – около 843 тыс. человек [1]. Таким образом, общий рост за рассматриваемый период составил около 1,6 раза.

Таблица 1 – Сводная характеристика туристических потоков Чувашской Республики

№	Тип туристического потока	Основные территории	Динамика (2022–2024)	Вклад в общий поток (%)
1	Городской	Чебоксары	Высокий рост	45–55
2	Речной	Волга, порт Чебоксары	Устойчивый рост	20–25
3	Малые города	Мариинский посад, Алатырь	Умеренный рост	15–20
4	Сельский и этнокультурный	Сельские территории	Постепенный рост	10–15

Как видно из таблицы 1, где распределение рассчитано на основе обобщения статистических данных и экспертной оценки структуры туристических направлений, наибольший вклад в общий туристический поток вносит городской туризм (45–55%), сосредоточенный в Чебоксарах. Значительную долю занимает речной туризм (20–25%), формирующийся за счёт круизных маршрутов по Волге. Туризм малых городов обеспечивает 15–20% потока и демонстрирует потенциал роста благодаря использованию объектов исторической застройки. Наименьшую долю на текущий момент занимает сельский и этнокультурный туризм (10–15%), однако именно это направление характеризуется наибольшими перспективами развития в условиях диверсификации туристического продукта региона. Указанные значения носят оценочный характер и получены на основе анализа структуры туристических направлений.

На основе проведённого анализа выделены основные типы туристических потоков Чувашской Республики:

1. Городской туризм – сосредоточен в Чебоксарах, включает культурно-познавательные маршруты, музеи и архитектурные объекты.
2. Речной туризм – связан с круизными маршрутами по Волге и обеспечивает значительный приток организованных туристов.
3. Туризм малых городов – развивается на основе исторической застройки и локального культурного наследия.
4. Сельский и этнокультурный туризм – включает посещение этнокомплексов, фермерских хозяйств и участие в традиционных мероприятиях.

Предложенная типология позволяет рассматривать туристическую систему региона как иерархическую структуру, в которой доминирующие и вспомогательные потоки взаимодействуют между собой.

Основным центром притяжения туристов является город Чебоксары, сочетающий развитую инфраструктуру, объекты историко-культурного наследия и речной порт. Город выполняет функцию транспортного и туристического узла, обеспечивая перераспределение потоков по территории региона. Развитая гостиничная сеть, наличие культурных учреждений и благоустроенная набережная делают его ключевым элементом туристической системы [2].

Речной туризм является одним из ключевых драйверов роста. Количество туристов, прибывающих через речной порт Чебоксар, увеличилось с 71 тыс. человек в 2022 году до 91 тыс. в 2023 году. Данный вид туризма отличается высокой степенью организованности и обеспечивает стабильный поток посетителей в тёплый период года [3].

Важным направлением является развитие туризма в малых городах. Такие населённые пункты, как Мариинский Посад и Алатырь, обладают значительным историко-архитектурным потенциалом [4]. Сохранённая застройка, культовые сооружения и локальные культурные традиции формируют основу для развития новых туристических маршрутов.

Сельский и этнокультурный туризм также демонстрирует положительную динамику. Формирование этнокомплексов, развитие фермерских хозяйств и проведение тематических фестивалей способствуют привлечению туристов, заинтересованных в аутентичном опыте и традиционной культуре.

Факторы роста туристического потока включают развитие транспортной инфраструктуры, государственную поддержку отрасли, участие региона в федеральных туристических проектах, а также активное продвижение туристического потенциала [5].

Среди основных ограничений можно выделить сезонность туризма, недостаточную транспортную доступность отдельных территорий и дефицит квалифицированных кадров в сфере гостеприимства. Эти факторы сдерживают равномерное развитие туристической отрасли и требуют комплексного подхода к их преодолению.

Заключение

Проведённое исследование показало, что туристический поток в Чувашской Республике имеет устойчивую положительную динамику. В структуре туризма доминирует городской и речной туризм, однако возрастает значение малых городов и сельских территорий. Подобная структура туристического потока характерна для регионов Поволжья, где доминирует городской и речной туризм, однако в Чувашской Республике наблюдается более выраженный потенциал развития малых городов.

Выделение основных типов туристических потоков позволяет более точно определить направления развития отрасли. Перспективным является дальнейшая диверсификация туристического продукта, развитие круглогодичных маршрутов и более активное использование объектов историко-культурного наследия, что подтверждается данными таблицы 1.

Полученные результаты подтверждают необходимость перехода от моноцентричной модели развития туризма (с доминированием одного города) к полицентричной, включающей малые города и сельские территории.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов при разработке региональных программ развития туризма, а также при формировании новых туристических маршрутов и продуктов.

Список использованных источников

1. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Чувашской Республике (Чувашстат). – URL: *https://21.rosstat.gov.ru/* (дата обращения: 18.03.2026).

2. Официальный портал органов власти Чувашской Республики. – URL: *https://cap.ru* (дата обращения: 21.03.2026).

3. Министерство экономического развития Чувашской Республики. – URL: *https://minec.cap.ru* (дата обращения: 19.03.2026).

4. Бабич, И.Л. Туристический потенциал малых городов России (на примере Гусь-Хрустального) / И.Л. Бабич // Сервис в России и за рубежом. – 2025. – №2. – С. 86-95. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/turisticheskiy-potentsial-malyh-gorodov-rossii-na-primere-gus-hrustalnogo* (дата обращения: 20.03.2026).

5. Ростуризм. Национальный проект «Туризм и индустрия гостеприимства». – URL: *https://tourism.gov.ru* (дата обращения: 20.03.2026).

УДК 711.01

Оценка фрагментации зеленого коридора реки Борзовки в Нижнем Новгороде

*Иванова Т.Е. *, студент*

* Ответственный за переписку: t.ivanova.nn@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье на основе спутниковых снимков оценивается связность зелёного коридора малой реки Борзовка в Нижнем Новгороде на участке между парком «Дубки» и парком имени Маяковского (парк Станкозавода). Актуальность обусловлена фрагментацией градоэкологического каркаса, снижающей рекреационный потенциал прибрежных территорий. Методика включает визуальный дескриптивный анализ снимков, картирование барьеров и расчёт индекса непрерывности коридора. Выявлены три типа фрагментации: антропогенная (забор в парке «Дубки», блокирующий доступ к воде), транспортная (автомобильные мосты, трамвайные пути) и планировочная (отсутствие маркированного маршрута). Установлено, что непрерывно проходимым остаётся менее 35% протяжённости коридора. Предложены точечные управленческие решения: демонтаж ограждения, адаптация мостов и организация временной тропы. Сделан вывод о критической роли малых рек в связности городских зелёных каркасов.

Ключевые слова: зеленый коридор, фрагментация, связность, малая река, река Борзовка, Нижний Новгород, транспортные барьеры, антропогенные барьеры, пешеходная доступность, градоэкологический каркас.

Введение

Зеленые коридоры малых рек играют ключевую роль в поддержании связности градоэкологического каркаса, обеспечивая миграцию видов, вентиляцию воздуха и рекреационную доступность прибрежных территорий. Однако в российских городах долины малых рек часто оказываются наиболее фрагментированными элементами зеленой инфраструктуры: они пересекаются автомобильными дорогами, блокируются заборами, застраиваются или исключаются из общественного доступа.

Река Борзовка в Нижнем Новгороде – типичный пример такой ситуации. На участке между парком «Дубки» и парком имени Маяковского она формально является частью городского зеленого каркаса, однако фактически не выполняет ни экологической, ни рекреационной функции. В парке «Дубки» подход к воде ограничен забором. Пешеходный маршрут вдоль реки между двумя парками отсутствует. Автомобильные мосты, пересекающие Борзовку, создают барьеры, не адаптированные для безопасного движения пешеходов.

Цель данного исследования – количественно оценить связность зеленого коридора реки Борзовка на указанном участке, выявить типы и локализации фрагментации, а также предложить точечные управленческие решения для восстановления непрерывности коридора. Гипотеза исследования: устранение ключевых барьеров позволит увеличить долю непрерывного безопасного маршрута вдоль реки с текущих 35% до 85% и более. Достижение целевого показателя связности позволит не только восстановить экологический и рекреационный потенциал долины Борзовки, но и создать прецедент для реабилитации малых рек в других российских городах.

Материалы и методы

Границы исследования охватывают участок реки Борзовки протяжённостью около 2,3 километра от парка «Дубки» до парка Станкозавода. Границы определены визуально по спутниковому снимку. Источником данных послужили общедоступные спутниковые снимки из сервисов Яндекс.Карты и Google Earth. Снимки выбраны за безснежный период, чтобы чётко видеть заборы, тропы, мосты и строения. Метод анализа заключается в визуальном дескриптивном просмотре снимка.

Антропогенные барьеры включают заборы, глухие ограждения и строения на расстоянии менее трёх метров от воды, а также частные участки без видимых проходов. Транспортные барьеры – это автомобильные мосты, которые анализируются по ширине, наличию тротуаров (определяемому по тени или структуре моста) и подходам для пешеходов. Планировочные барьеры – это отсутствие дорожек или троп вдоль берега и разрывы в застройке. Участок считается проходимым, если между руслом реки и ближайшим барьером есть свободное пространство шириной не менее двух метров. Если забор или строение подходит к воде вплотную, участок признаётся непроходимым. Индекс непрерывности рассчитывается как отношение суммарной длины непрерывных проходимых участков, измеренной на снимке визуально с разбивкой на сегменты, к общей длине коридора в 2,3 километра, результат выражается в процентах. Каждый мост оценивается качественно по трём признакам: наличие тротуара, наличие подходов для пешеходов и визуальная безопасность.

На спутниковом снимке река Борзовка прослеживается на всём протяжении от парка «Дубки» до парка имени Маяковского, русло открытое и не заключено в коллектор. Ширина прибрежной полосы варьируется от двух–трёх метров в застроенной части до двадцати–тридцати метров на отдельных свободных участках. В ходе визуального анализа выявлены три зоны с устойчивыми антропогенными барьерами. Экологический коридор представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Спутниковый снимок зеленого коридора от парка Дубки до парка Станкозавода [1]

Первая зона находится в парке «Дубки» на северной границе участка, где забор проходит на расстоянии около десяти метров от воды, отсутствуют калитки и спуски, а длина блокировки составляет примерно 500 метров, представлена на рисунке 2.

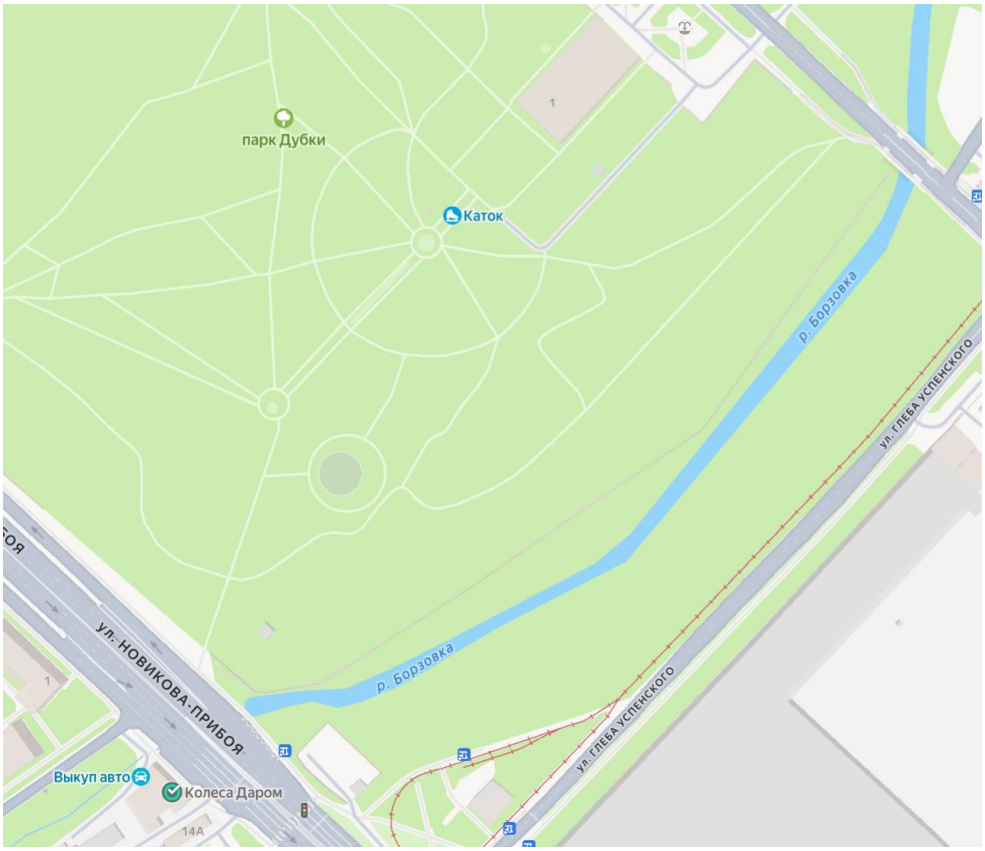


Рисунок 2 – Антропогенный барьер в парке «Дубки» [2]

Вторая зона расположена в средней части участка в районе частной застройки, где несколько смежных участков имеют заборы вплотную к воде, что делает проход невозможным на протяжении около 180 метров.

Что касается транспортных барьеров, на участке идентифицированы четыре автомобильных моста через реку Борзовку и один мост для проезда трамваев. Все автомобильные мосты имеют двусторонние тротуары для пешеходов. Трамвайный мост имеет тротуар с одной стороны. Однако пешеходные переходы не предусмотрены для движения по экологическому коридору. Это создает транспортную фрагментацию.

Планировочные барьеры выражаются в том, что маркированные пешеходные дорожки вдоль реки отсутствуют на всём протяжении участка, на некоторых участках, особенно в средней части, между рекой и пешеходом стоят гаражи, хозпостройки, заборы, и излишняя растительность, разрывающие визуальную связь с водой [3,4,5].

Индекс непрерывности рассчитан следующим образом. Общая длина коридора составляет 2,3 километра. Суммарная длина непрерывных проходимых участков, определённая визуальным суммированием по снимку, составляет примерно 0,8 километра. Индекс непрерывности равен 0,8 километра, делённым на 2,3 километра и умноженным на 100 процентов, что даёт 34,8 процента. Это означает, что менее 35 процентов длины зелёного коридора доступно для непрерывного пешеходного движения вдоль реки, а остальные 65 процентов фрагментированы заборами, застройкой или мостами.

Управленческое решение

Полученный индекс непрерывности, равный 34,8 процента, свидетельствует о критической фрагментации зелёного коридора реки Борзовка. Для восстановления связности коридора и превращения его в полноценный рекреационный маршрут от парка «Дубки» до парка имени Маяковского необходимо реализовать три типа точечных вмешательств, каждое из которых соответствует выявленным барьерам.

Первое и самое очевидное решение касается антропогенных барьеров, а именно заборов, блокирующих доступ к воде. На участке исследования заборы общей протяжённостью около 450 метров расположены в трёх зонах: в парке «Дубки», в зоне частной застройки в средней части участка и перед парком Маяковского у промышленного объекта. Наиболее проблемный фрагмент – забор в парке «Дубки», который перекрывает доступ к реке на территории, официально предназначенной для отдыха горожан. Рекомендуется демонтировать забор полностью либо, если полный демонтаж невозможен по техническим причинам, устроить в нём калитку с оборудованным спуском к воде. Заборы в зоне частной застройки требуют отдельного рассмотрения.

Второе решение направлено на преодоление транспортной фрагментации, создаваемой автомобильными мостами. Для их адаптации необходимо нанести пешеходную разметку типа «зебра» на проезжей части в зоне мостов, установить дорожные знаки, предупреждающие водителей о пешеходах, а также оборудовать временные или стационарные пандусы для безопасного подъёма на мостовое полотно с уровня берега.

Третье решение – это проектирование и обустройство непрерывного пешеходного маршрута вдоль реки. В настоящее время маркированная дорожка отсутствует на всём протяжении участка. Для создания безопасного и комфортного маршрута необходимо проложить дорожку с твёрдым покрытием там, где прибрежная полоса свободна от заборов и застройки. На участках, где берег заблокирован, маршрут должен временно отходить от реки, проходя по существующим улицам и дворам, но с обязательной маркировкой и информационными щитами, поясняющими направление движения. Дорожка должна быть шириной не менее 1,5 метра для комфортного расхождения двух пешеходов, с уклоном для отвода воды и, на наиболее популярных отрезках, с освещением. Вдоль маршрута следует установить скамьи для отдыха, информационные щиты с картой маршрута и указателями расстояния до парка «Дубки» и парка имени Маяковского, а также урны для мусора.

Все три решения взаимосвязаны: демонтаж заборов открывает доступ к берегу для прокладки дорожки, адаптация мостов делает маршрут непрерывным, а сама дорожка визуально и функционально закрепляет зелёный коридор, превращая его из абстрактного понятия в реальное городское пространство.

Управленческий вывод заключается в следующем: для превращения реки Борзовки в полноценный элемент градоэкологического каркаса достаточно реализовать три типа точечных вмешательств – снять заборы, адаптировать мосты для пешеходов и проложить непрерывную дорожку вдоль русла. Эти меры не требуют дорогостоящей реконструкции или сложных инженерных решений и могут быть выполнены силами муниципалитета в рамках существующих программ благоустройства в течение одного сезона.

Заключение

Спутниковый анализ показал, что связность зелёного коридора реки Борзовка на участке от парка «Дубки» до парка имени Маяковского составляет 34,8 процента, что ниже порога, при котором коридор может выполнять рекреационные и экологические функции. Выявлены три типа фрагментации: антропогенная в виде заборов общей протяжённостью около 450 метров, транспортная в виде пяти мостов и планировочная, выражающаяся в полном отсутствии

маршрута и навигации. Ключевым парадоксом является то, что парк «Дубки» как рекреационная зона сам блокирует доступ к реке, что требует немедленного вмешательства.

Список использованных источников

1. Google Планета Земля : сайт. – URL: *https://earth.google.com/* (дата обращения: 05.04.2026).

2. Яндекс Карты : сайт. – URL: *https://yandex.ru/maps/* (дата обращения: 05.04.2026).

3. Комплексные работы по благоустройству прибрежной территории реки Борзовки начались в Ленинском районе Нижнего Новгорода / Нижний Новгород : официальный сайт города. – URL: *https://нижнийновгород.рф/news/19668* (дата обращения: 05.04.2026).

4. Результаты проекта по расчистке реки Борзовки в Нижнем Новгороде получили высокую оценку на федеральном уровне / Нижегородское региональное отделение Всероссийской политической партии «Единая Россия». – URL: *https://nnov.er.ru/activity/news/rezultaty-proekta-po-raschistke-reki-borzovki-v-nizhnem-novgorode-poluchili-vysokuyu-ocenku-na-federalnom-urovne* (дата обращения: 05.04.2026).

5. Депутаты городской Думы Нижнего Новгорода оценили ход работ по расчистке русла реки Борзовки / Городская Дума города Нижнего Новгорода : официальный сайт. – URL: *https://www.gordumannov.ru/?id=145318* (дата обращения: 05.04.2026).

УДК 72.02

Современная жилая эко-архитектура Ближнего Востока: интеграция традиционных форм

Исмаил А., студент магистратуры

* Ответственный за переписку: aeesmail1221@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье исследуется эволюция современной экологической архитектуры на Ближнем Востоке. Особое внимание уделяется тому, как дизайн, ориентированный на устойчивое развитие, трансформировал и интегрировал традиционные архитектурные формы. В исследовании рассматривается взаимодействие между экологическими приоритетами и культурным наследием, анализируются традиционные элементы, такие как внутренние дворы, ветряные башни и местные материалы, которые переосмысливаются в рамках современных экологических жилых комплексов. Особое внимание уделяется Сирии и соседним с ней странам, а также странам Персидского залива, где сосуществуют архитектурные инновации и культурная преемственность.

Ключевые слова: экоархитектура, устойчивый дизайн, Ближний Восток, традиционная архитектура, гибридный дизайн, культурная идентичность, зеленое строительство, региональное развитие.

Научный руководитель – профессор, доктор архитектуры, профессор ННГАСУ,, член-корреспондент РААСН Орельская Ольга Владимировна.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю – профессору, доктору архитектуры, профессору ННГАСУ,, члену-корреспонденту РААСН Орельской Ольге Владимировне за научное руководство, ценные консультации и помощь в подготовке статьи.

Введение

Ближний Восток, известный своим архитектурным разнообразием и многовековыми строительными традициями, в XXI веке вступил в новую фазу развития устойчивой и экологически ориентированной жилой архитектуры. В Сирии, странах Леванта и государствах Персидского залива архитекторы и градостроители переосмысливают традиционные формы и методы строительства, стремясь ответить на современные экологические и социальные вызовы. Этот процесс отражает не только технологический прогресс, но и культурный диалог между архитектурным наследием и современными принципами устойчивого развития.

Следует отметить, что традиционная архитектура арабского мира изначально обладала экологическими характеристиками задолго до появления понятия «эко дизайн». Исторические жилые дома в Дамаске, Алеппо и других городах проектировались с учетом климатических условий: массивные стены обеспечивали теплоизоляцию, внутренние дворы способствовали естественной вентиляции, а узкие улицы защищали городскую среду от перегрева. Использование местных материалов – известняка, базальта и глины – обеспечивало гармоничное взаимодействие архитектуры с природной средой [1].

В условиях современной урбанизации и технологического развития архитектурный облик региона существенно изменился. Однако в последние десятилетия наблюдается

возвращение интереса к климатически адаптированным архитектурным решениям, сочетающим традиционные принципы с современными технологиями энергоэффективности. В результате формируются новые типы жилых экокомплексов, в которых инновационные инженерные системы и возобновляемые источники энергии объединяются с традиционными пространственными элементами, такими как внутренние дворы, аркады и теневые галереи.

Таким образом, современная экологическая архитектура Ближнего Востока представляет собой синтез инноваций и традиций, формируя новое направление развития жилой среды региона, ориентированное на устойчивость, культурную идентичность и адаптацию к климатическим условиям.

Цель исследования: выявить особенности интеграции традиционных архитектурных принципов в современных экологических жилых комплексах стран Ближнего Востока.

Методы исследования

включают сравнительный архитектурный анализ реализованных проектов, изучение научной литературы, а также анализ градостроительных и экологических решений в современных жилых комплексах региона. В исследовании частично использовались инструменты искусственного интеллекта для обработки и структурирования текста.

Анализ архитектурных примеров жилых экокомплексов

Для анализа особенностей интеграции традиционных архитектурных принципов в современных экологических жилых комплексах были рассмотрены три реализованных проекта жилой застройки в странах Ближнего Востока.

Marota city, Дамаск, Сирия-Частное акционерное общество «Чам Холдинг» Дамаск, Сирия, 2012 г.

Рисунок 1 – Генеральный план Marota City [2]

Проект «Marota City» является одним из наиболее масштабных проектов современного городского развития в Сирии [2], направленных на формирование новой городской среды в условиях послевоенного восстановления. Инициированный компанией «Cham Holding» в 2012 году, комплекс занимает территорию около 214 гектаров на юго-западе Дамаска и рассматривается как символ модернизации и реконструкции столицы.

Основная градостроительная концепция проекта основана на создании многофункционального района, объединяющего жилые, коммерческие и общественные пространства. Особое внимание уделяется формированию экологически комфортной городской среды: в структуре района предусмотрены пешеходные бульвары, зеленые коридоры и общественные пространства, способствующие улучшению микроклимата и снижению

перегрева городской территории. Архитектурный облик комплекса сочетает современные материалы и технологии с элементами, вдохновленными традиционной сирийской архитектурой. Использование внутренних дворов, теневых переходов и ритмичных фасадных композиций отсылает к пространственной структуре исторического Дамаска. Одновременно применение стекла, стали и местного камня, известняка и базальта – подчеркивает современный характер застройки и сохраняет связь с региональной строительной традицией [2].

С экологической точки зрения проект включает ряд устойчивых решений, среди которых рациональная ориентация зданий, использование энергоэффективных конструкций, естественная вентиляция и развитие озелененных пространств. В научной литературе также отмечаются дискуссионные аспекты проекта, связанные с высокой плотностью застройки и возможной социальной сегрегацией из-за ориентации на жилье бизнес-класса. Тем не менее «Marota City» рассматривается как важный пример интеграции устойчивых архитектурных принципов и культурной идентичности в современной архитектуре Сирии [2].

Masdar City, Абу-Даби, Объединенные Арабские Эмираты. Foster + Partners, 2006–н.в.

Рисунок 2 – Градостроительная структура Masdar City [3]

Проект «Masdar City» является одним из наиболее амбициозных проектов устойчивого городского развития в мире [4]. Инициированный в 2006 году компанией Abu Dhabi Future Energy Company и разработанный архитектурным бюро Foster + Partners под руководством Norman Foster, проект нацелен на создание экологически устойчивого города с минимальными выбросами углерода и высокой энергоэффективностью. Генеральный план города основан на принципах компактности, пешеходной доступности и пассивного климатического регулирования. Уличная сеть организована в виде узких затененных проходов, направляющих воздушные потоки через город и способствующих снижению температуры городской среды. Эти решения опираются на традиционные принципы градостроительства арабских городов, где применялись внутренние дворы, галереи и ветряные башни (баржил), обеспечивающие естественное охлаждение зданий [4].

Архитектура комплекса интегрирует современные экологические технологии, включая солнечные панели, энергоэффективные фасадные системы и интеллектуальное управление микроклиматом. Городская инфраструктура ориентирована на использование возобновляемых источников энергии, электрического транспорта и повторное использование водных ресурсов. Применение местных строительных материалов также способствует снижению экологической нагрузки.

Несмотря на инновационный характер, проект столкнулся с рядом трудностей, связанных с высокой стоимостью и технологической сложностью реализации, что привело к замедлению строительства. Тем не менее «Masdar City» рассматривается как важный эксперимент в области экологически ориентированного городского проектирования, демонстрирующий возможность сочетания современных технологий и традиционных архитектурных принципов региона.[4]

Msheireb Downtown Doha, Доха, Катар. Msheireb Properties / Allies and Morrison, 2010 г.

Рисунок 3 – Жилой комплекс Msheireb Downtown

Msheireb Downtown Doha является одним из наиболее значимых проектов современной устойчивой городской реконструкции в странах Персидского залива. Проект реализуется компанией Msheireb Properties в историческом центре Дохи и направлен на формирование современной городской среды, основанной на переосмыслении традиционной катарской архитектуры и принципов устойчивого развития.[5,6]

Градостроительная структура комплекса основана на компактной застройке, пешеходной доступности, затененных улицах, внутренних дворах и общественных пространствах, адаптированных к жаркому климату региона. В отличие от прямого копирования исторических форм, проект использует традиционные архитектурные принципы как основу для создания современной комфортной городской среды. Особое значение имеют масштаб улиц, защита от перегрева, формирование тени и использование пространственных решений, характерных для традиционных городов Ближнего Востока.

С экологической точки зрения проект ориентирован на снижение энергопотребления, повышение комфорта пешеходной среды, применение энергоэффективных фасадных решений и развитие устойчивой городской инфраструктуры. Архитектурная концепция комплекса связана с системой «Seven Steps», которая объединяет эстетику катарской архитектуры с современными технологиями и принципами устойчивого дизайна. Таким образом, Msheireb Downtown Doha демонстрирует возможность интеграции традиционных региональных форм не только как декоративного мотива, но и как основы современной экологически ориентированной городской архитектуры.[5,6]

Заключение

Проведенный сравнительный анализ современных экологических жилых проектов на Ближнем Востоке показывает устойчивую тенденцию архитектурной трансформации. Традиционные пространственные и конструктивные принципы сегодня переосмысливаются с учетом современных экологических требований и технологического развития.

Рассмотренные примеры – Marota City в Дамаске, Masdar City в Абу-Даби и Msheireb Downtown Doha в Дохе – демонстрируют различные подходы к интеграции устойчивых

решений, основанных на адаптации к климату, использовании пассивных систем охлаждения и обращении к традиционным архитектурным элементам. Можно отметить, что в проектах Сирии данный подход связан с реконструкцией городской среды и поиском новой архитектурной идентичности [2]. В странах Персидского залива устойчивое проектирование приобретает более технологический характер. В то же время пример Msheireb Downtown Doha показывает, что подобные принципы могут эффективно реализовываться на уровне современной городской реконструкции за счет сочетания традиционной пространственной структуры, климатической адаптации и современных экологических технологий.

Таким образом, современная эко-архитектура Ближнего Востока формируется как сочетание инновационных технологий и региональных традиций, отражая переход к более контекстуальному и устойчивому подходу в архитектуре.

Список использованных источников

1. Shayah M. Sustainability in Damascene House Architecture, as a Guide to the Development of Contemporary Syrian Housing // International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development. – 2023. – Vol. 14. – No. 4. – P. 500–519. – URL: *https://www.sbt-durabi.org/articles/xml/KYNO/* – дата обращения: 08.06.2026.

2. Hanna E., Harastani N. Is Marota City the Type of Reconstruction Syrians Need? – The Aleppo Project, 2019. – URL: *https://www.thealeppoproject.com/is-marota-city-the-type-of-reconstruction-syrians-need-2/* – дата обращения: 08.06.2026.

3. Foster + Partners. Masdar City. – URL: *https://www.fosterandpartners.com/projects/masdar-city/* – дата обращения: 08.06.2026.

4. Masdar City. Sustainable Engineering & Design. – URL: *https://masdarcity.ae/sustainable-urban-development/sustainable-design* – дата обращения: 08.06.2026.

5. Msheireb Properties. Msheireb Downtown Doha: The Vision. – Электронный ресурс. – URL: *https://www.msheirebproperties.com/wp-content/uploads/2020/11/MDD-English.pdf* – дата обращения: 08.06.2026.

6. Allies and Morrison. Msheireb Downtown Doha. – URL: *https://www.alliesandmorrison.com/projects/msheireb-downtown-doha* – дата обращения: 08.06.2026.

УДК 711.4:502.131.1

Современные принципы проектирования экопоселков (на примере поселка Аматциемс в Латвии)

Кириллова Е.Д., студент

Ответственный за переписку: lle.potapova@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья рассматривает современные принципы проектирования экопоселков на примере поселка Аматциемс в Латвии. Анализируются градостроительный, объемно-пространственный, архитектурный и экологический аспекты проектирования. Аматциемс демонстрирует интеграцию архитектуры, ландшафта и экологических технологий. Планировка использует холмистый рельеф, сеть искусственных озер и минимальное благоустройство. Дома выполнены в традициях латвийской усадьбы и гармонично вписаны в среду. Поселок применяет возобновляемую энергию, собственные системы водоснабжения и очистки стоков. Важную роль играют правила добрососедства и бережного отношения к природе.

Ключевые слова: экопоселок, ландшафт, устойчивое развитие, малоэтажное строительство, зеленое строительство.

Научный руководитель – профессор кафедры архитектурного проектирования, доктор архитектуры, доцент Лисицына Александра Владиславовна.

Введение

В первой четверти XXI века проблема негативного влияния мегаполисов на физическое и психологическое состояние человека в первую очередь связана с загрязнением окружающей среды, большим уровнем стресса. В крупных агломерациях наблюдается увеличение процессов дезурбанизации – городские жители стремятся вновь обрести гармонию с природой посредством переезда в поселки и деревни. Люди хотят жить вдали от «визуального шума», в эстетически здоровом пространстве [1]. Возникают инициативные группы единомышленников, создающие поселения (экопоселения, экопоселки, экодеревни), которые существуют на основе принципов устойчивого развития (энергоэффективность, использование экологически чистых материалов, интеграция с природным ландшафтом) [2].

Экопоселения являются альтернативной экономической формой ведения хозяйственной и социальной деятельности в современном обществе, сочетающей и объединяющей преимущества жизни в деревне и в городе [3]. Одним из характерных примеров является поселок Аматциемс в Латвии, аспекты проектирования которого подробно рассматриваются в статье.

Градостроительный аспект

Поселок Аматциемс основан в 2004 г. Автор идеи Айварс Звирбулис, архитектор Сармите Бумбиере. Аматциемс характеризуется создателями как «поселок индивидуальной жилой застройки единого архитектонического качества, возведенный в живописном месте… представляет собой прекрасный и практичный переход от города к деревне, объединяя

деревенскую идиллию и современные технологии» [4]. Общая площадь 300 га, площадь застройки 150 га. Территория поселения располагается в холмистой местности северо-западной части Видземской возвышенности, в 80 км от Риги и 12 км от города Цесис, обладает хорошей транспортной доступностью до крупных городских образований [5] (рис. 1). Изначально здесь располагалось два озера Мелнэзерс и Векис, большую часть территории занимали леса и болота. Аматциемс вошел в состав исторического поселения Амата.

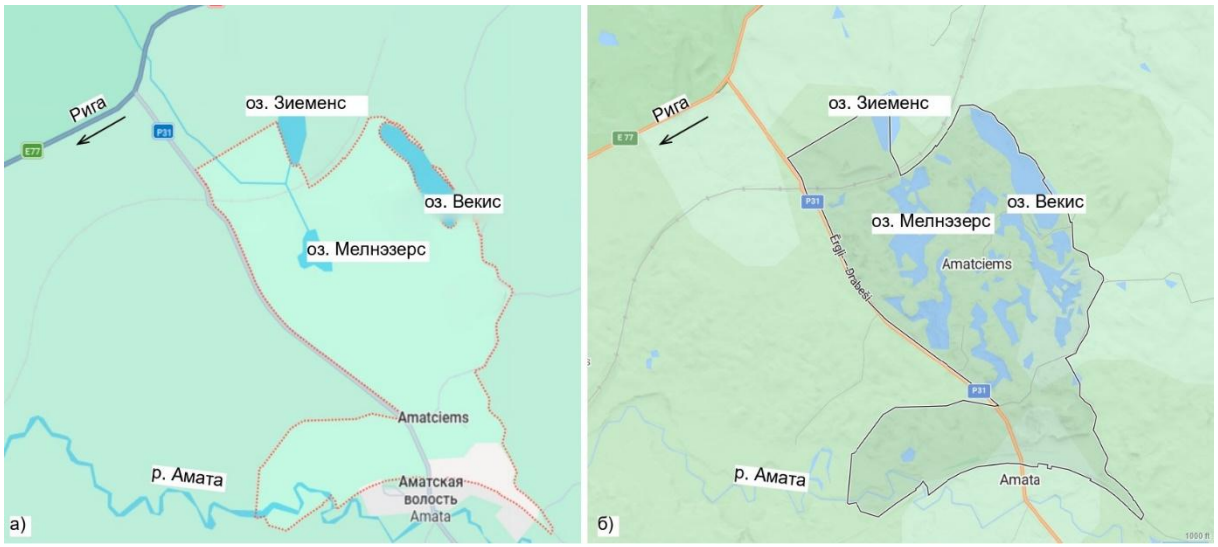


Рисунок 1 – Ситуационная схема территории: а) до 2004 г., б) после 2004 г.
Составлена автором с использованием спутниковых карт Гугл

Объемно-пространственный аспект

Для формирования живописной «мозаичной» планировочной структуры было проведено значительное вмешательство в существующий рельеф – создано 30 искусственных водоёмов, что составило 30 % площади участка. Вследствие особенностей перепада рельефа некоторые цепочки озер образуют собой каскады. На озерах встречаются озелененные острова, береговая линия проходит у подножия многочисленных возвышенностей (рис. 2).

Планировочная структура поселка с обилием плавных линий подражает окружающей природе. Объемы зданий, открытые пространства и природные элементы формируют единую систему, комфортную для восприятия человеком. Размещение зданий не препятствует сокрытию видовых характеристик.

Улично-дорожная сеть поселения живописна, петляет среди холмов и водоемов, представлена в основном гравийными дорогами, что становится отсылкой к образу латвийской сельской местности. Основная дорога – асфальтирована. Участки разделены живыми изгородями, реже – небольшими деревянными заборами. Благоустройство минималистично, гармонично дополняет сложившийся водно-зеленый каркас поселка. Вдоль береговой линии и на озерах установлены деревянные настилы и площадки на металлических опорах для рекреационного отдыха и созерцания природы. На участках, попадающих под изменения ландшафта, большая часть существующих деревьев перенесена на новый рельеф. Предусматривается высадка защитного озеленения на холмах – молодые деревья, травы.

Общественные пространства не имеют выраженного зонирования, сосредоточены в непосредственной близости к озерам и соединены сетью пешеходных троп. Основными точками притяжения для жителей выступают лесные массивы, луга и водоемы, выполняющие как рекреационную, так коммуникативную функцию. Небольшой масштаб рекреационных зон позволяет создать благоприятную атмосферу для тихого отдыха.

Рисунок 2 – Виды территории поселка Аматциемс с высоты птичьего полета [4]

Архитектурный аспект

Особое внимание уделяется архитектуре. Территория поселка разделена на участки площадью от 0,4 до 1,5 га. Дома имеют свободное расположение, выстраиваются исходя из особенностей рельефа, растительности и видовых характеристик. В границах поселения сохраняется единый облик индивидуальных домов по образцу латвийской усадьбы – каркасные дома и бревенчатые срубы, крыша из тростника или дранки с покрытием из дерна, отделка цоколя камнем. Каменный или бетонный цоколь нередко комбинируется с деревянными верхними этажами, создавая выразительную композицию фасада. Несмотря на общность концепции, каждый дом индивидуален как внешне, так и по внутреннему наполнению и метражу. По расположению здания вписываются в общий ландшафт, при этом дистанцируясь от соседей [6].

Малоэтажные жилые дома сомасштабны человеку, имеют два или три этажа и, благодаря использованию традиционных материалов, хорошо вписываются в окружающую среду, снижают визуальный контраст между архитектурой и рельефом территории. Одной из главных архитектурных особенностей домов является выразительная форма кровли. Большинство домов имеют крупные скатные или полувальмовые крыши сложной конфигурации с большими свесами, мансардными и слуховыми окнами. Пространство под крышей часто используется для расположения жилых помещений, что увеличивает полезную площадь дома.

Фасады характеризуются большой площадью остекления. Панорамные окна обеспечивают помещения внутри здания хорошим естественным освещением, создают связь интерьеров с окружающей средой.

Важным элементов композиции домов являются террасы и балконы по периметру здания, что обеспечивает большее единение с природой. Балюстрады, ограждения и элементы фасадной отделки выполнены из дерева и поддерживают традиционный характер архитектуры.

В застройке отсутствуют высотные и колористические доминанты, в отделке преобладают спокойные монохромные тона (рис. 3). Интерьеры домов выполнены по индивидуальным проектам.

Рисунок 3 – Жилые дома на территории поселка Аматциемс [4]

Экологический аспект

В поселок подведены современные коммуникации – интернет и телевидение. Зеленую электроэнергию обеспечивают солнечные панели, питьевая вода добывается из глубокой скважины, сточные канализационные воды выводятся за пределы территории поселка в собственные очистные сооружения [4].

На данный момент в поселке проживает около 100 семей. Основные направления деятельности в поселке – жилые дома, гостевые дома, отели с зоной СПА, рестораны. Запрещено разведение домашнего скота, строительство производственных и коммерческих объектов. Социальная инфраструктура на территории Аматциемса отсутствует. Важный аспект, который наряду с факторами экологического проектирования, позволяет применить термин экопоселок к поселению Аматциемс – идейная составляющая. У посёлка есть внутренние правила: важно быть в ладу с соседями и природой, не нарушать жизнь диких животных, соблюдать тишину или ухаживать за территорией. Атмосфера добрососедства подчеркивается круглогодичной культурно-событийной программой для жителей. Большой популярностью пользуется активный отдых на свежем воздухе – рыбалка, сбор ягод и грибов, прогулки, катание на лыжах и многое другое.

Заключение

Таким образом, наряду с использованием современных технологий в области ландшафтной архитектуры и строительства, внедрения альтернативных источников энергии, архитектурно-градостроительная среда поселка Аматциемс плотно связана с исторически сформировавшимся образом латвийской деревни. Важно отметить, что поселок обладает четко выстроенной идейной составляющей, направленной на совершенствование взаимоотношения человека и природы, внедрение экологических подходов к формированию комфортной для постоянного проживания среды. Современные аспекты зеленых технологий и традиционные для региона строительные материалы гармонично дополняют друг друга, определяя ценность поселения Аматциемс как одного из немногих примеров мирового опыта проектирования экопоселков.

В результате анализа поселка выявлены следующие принципы проектирования:

1) Проектируемая планировочная структура сохраняет и приумножает природные особенности участка, на первый план выдвигается водно-зеленый каркас территории;

2) Низкая плотность застройки и минималистичное благоустройство снижают антропогенную нагрузку на почву и обеспечивают приватность для жителей поселка;

3) Использование традиционных материалов не только поддерживает исторически сложившейся визуальный образ, но и позволяет зданиям гармонично вписываться в окружающий ландшафт, подчеркивая тесную связь архитектуры и природы;

4) Использование солнечных панелей, автономных систем водоснабжения и очистки сточных вод повышает энергоэффективность поселения;

5) Важную роль в становлении концепции экопоселения играет идейная составляющая, обеспечивающая приток заинтересованных жителей и призванная изменить в лучшую сторону процесс взаимодействия человека и природы.

Список использованных источников

1. Кондратьева Я. С., Булатова Е. К. Особенности проектирования коттеджных поселков в соответствии с принципами устойчивого развития //Russian Journal of Construction Science and Technology. 2023. Vol. 9.№ 1. – 2023. – Т. 9. – №. 1. – С. 48-57.

2. Глибовец В. Л. Феномен экологических поселений // Псковский регионологический журнал. 2016. №3 (27). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/fenomen-ekologicheskih-poseleniy (дата обращения: 30.03.2026)

3. Садовникова С. В., Задвернюк Л. В. Принципы формирования экопоселений во второй половине XX – начале XXI вв //Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Тихоокеанский государственный университет, 2018. – Т. 2. – С. 290-296.

4. Поселок Аматциемс : сайт. – URL: *https://www.amatciems.lv/ru/nacalo* (дата обращения: 30.03.2026).

5. Grīne I., Strautnieks I. Amatciems: example of the creation of a new kind of rural landscape and settlement pattern in Latvia //Latvijas Zinātņu Akadēmijas Vēstis. – 2012. – Т. 66. – №. 3. – С. 156-171.

6. Irbīte A. The role of modern architecture and interior design in the Latvian brending //Arts and Music in Cultural Discourse. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. – 2013. URL: *https://www.researchgate.net/publication/304271041_The_role_of_modern_architecture_and_interior_design_in_the_Latvian_brending* (дата обращения: 30.03.2026).

УДК 711.4

Высотные здания и комплексы мира: современные тенденции

Китаев М.А., студент

Ответственный за переписку: m2003kk@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается вопрос об изучении высотных зданий и комплексов ввиду их большого разнообразия, а также распределения высотных зданий в мире и выявление основных точек роста высотного строительства. Путем анализа высотности зданий в разных странах мира делается вывод о социально-экономическом состоянии этих государств. На данный момент в мире наиболее распространены высотные здания от 150 до 300 м. Наибольший вклад в развитие высотных зданий внесли США, Япония, Канада, Австралия, а на сегодняшний день основными драйверами в этой сфере являются страны Азии, такие как Китай, Индия, Малайзия, Таиланд и др. Это подтверждается большим экономическим потенциалом, уровнем урбанизации и демографической политикой. Россия здесь выступает в роли догоняющего, хотя и обладает экономическим и ресурсным потенциалом.

Ключевые слова: высотное здание, высота здания, урбанизация, площадь застройки, количество зданий.

Научный руководитель – заместитель заведующего кафедрой архитектуры по учебной работе ННГАСУ, профессор кафедры архитектуры, доктор философских наук, советник РААСН, почетный работник ВПО РФ Агеева Елена Юрьевна.

В последние десятилетия строительство высотных зданий стало очень актуально. Стремительное развитие технологий неумолимо ведет за собой развитие всех отраслей хозяйственной деятельности человека, и строительная сфера не стала исключением. Немногим более века назад высотная отметка зданий перешагнула за 100 м, а в наши дни мы можем наблюдать исполинов более 400, 500 и даже 800 м. Конечно же, здания такого масштаба требуют колоссальных финансовых и материальных затрат и высококвалифицированного кадрового состава, что могут позволить себе лишь технологически и экономически развитые страны. Также для строительства подобных объектов необходим высочайший уровень проработки всего жизненного цикла здания, начиная от проектирования и заканчивая демонтажом, что естественно сказывается на сроках его проектирования и возведения. Все вышеперечисленное говорит о малочисленности таких зданий. Более распространенный вариант высотного строительства – это здания высотами 100, 200, 300 м. Стоит отметить, что здания различаются по своему функциональному наполнению, и не все из них целесообразно строить высотными. Высотные здания, как правило, возводятся под офисы, жилье, общественные пространства, гостиницы, торговые центры. Изначально высотные дома выполняли в большей степени офисную функцию, но постепенно тенденции развития жилых высотных комплексов набирали популярность, и сегодня такие здания занимают значительную долю среди всех высотных зданий. Разнообразие архитектурных и конструктивных решений пробуждает интерес ученых, архитекторов, инженеров к изучению таких объектов. Оно заключается в создании классификаций, нормативных баз, анализа работы конструкций в различных условиях, влияния на окружающую среду и человека и др. В каждой стране свои

особенности развития высотных жилых зданий, и опыт других стран всегда полезен в дальнейшем развитии строительства. Систематизация знаний даст толчок для реализации более масштабных и сложных проектов.

В России высотное строительство развивается не повсеместно. Бесспорным лидером является Москва, за ней Санкт-Петербург, а также несколько городов с немногочисленными или единичными примерами. Однако перспективы развития прослеживаются все чаще в разных уголках страны. Чтобы противостоять новым вызовам и рационально подойти к реализации проектов, необходимо обуздать собственный опыт и перенять опыт других стран в высотном строительстве.

На рис. 1 представлена карта всех зданий мира, опубликованная Мюнхенским техническим университетом. Этот проект создавался на основе спутниковых снимков и насчитывает 2,75 млрд строений [1]. По результатам исследований каждого региона планеты приводятся такие параметры как:

1) Количество зданий, млн;

2) Площадь застройки, млрд $м^2$;

3) Строительный объем зданий, млрд $м^3$.

По этим показателям можно сделать вывод, что наиболее урбанизированным регионом Земли является Азия, опережая другие части света. Это стало возможным благодаря значительному весу и прогрессу в области строительства Китая, Индии, Японии, Юго-Восточной Азии.

В табл. 1 представлены данные организации CTBUH, регулярно публикующей статистику о высотных зданиях и сооружениях [2]. По этим данным можно судить, что на январь 2026 года города мира насчитывают 7903 здания высотой более 150 м, из которых 2573 – здания высотой более 200 м, 248 – более 300 м. Из всех зданий мира это примерно 0,00025 %, 0,00008 % и 0,000009 % соответственно.

Здесь стоит отметить, что критерии высотного здания в разных странах отличаются. Например, в России высотным считается здание не ниже 75 м, в Китае – 28 м, а более 100 м – супервысотное, в США и некоторых европейских странах высотные – здания высотой более 150 м, в Германии – более 100 м и т. д [3]. В данной статье за высотное принимается здание высотой от 150 м, не считая антенн, мачт и флагштоков.

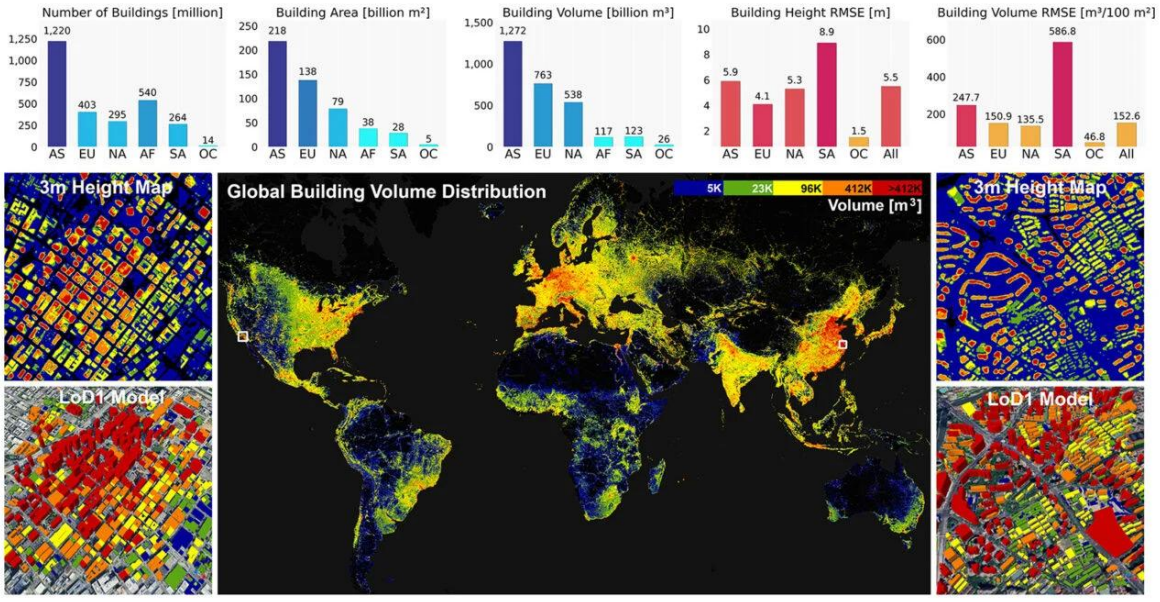


Рисунок 1 – Распределение зданий по миру (Источник: [4])

По данным на январь 2026 года проекта CTBUH бесспорным лидером по количеству высоток является Китай, насчитывающий 3513 зданий высотой 150 м и более. За ним следуют США и Индия с 929 и 431 зданиями соответственно. Замыкает десятку лидеров Таиланд с 146 зданиями. Как мы видим, из 10-ти стран 7 находятся в Азии. Россия занимает 18-е место с 65 зданиями от 150 м.

Таким результатам способствует экономический и трудовой потенциал стран Азии. Также можно заметить, что большая часть «высоких» городов не являются столицами, т.е. выполняют преимущественно экономическую, культурную и туристическую функции.

На объем строительства высотных зданий влияет несколько факторов, такие как численность населения, экономика, климатические особенности, политическая ситуация, инвестиции в экономику, уровень урбанизации, научный и культурный потенциал страны и др.

Обратим внимание на такие показатели стран, как численность населения, валовой внутренний продукт по паритету покупательской способности и уровень урбанизации, которые приведены в табл. 2 [5, 6, 7].

Как мы видим, в десятку стран по численности населения входят 4 страны, по объему ВВП – 5. Это говорит о том, что многие развитые страны, в основном европейские, не вошедшие в этот список, придерживаются традиционных стилей архитектуры и уклада жизни города. Также ключевую роль играют дешевая рабочая сила, например, в Китае, Индии, Малайзии, Таиланде, и миграционная политика, заключающаяся в завозе большого количества рабочих, например, в ОАЭ, США. Уровень урбанизации в среднем высокий, что говорит о необходимости развития городов. ВВП государств влияет на финансирование строительного сектора экономики, а также научных исследований в области технологий и строительства.

Россия имеет потенциал в развитии высотного строительства. Но ей важно обратить внимание на подготовку квалифицированных кадров и развитие технологий в строительной сфере.

Таблица 1 – Распределение высотных зданий по странам мира

Ранг	Страна	Регион	Количество зданий высотой						Самый «высокий» город
			150 м и более		200 м и более		300 м и более		
			шт.	%	шт.	%	шт.	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Китай	Азия	3513	44,5	1316	51,1	130	52,4	Гонконг
2	США	Сев. Америка	929	11,8	255	9,9	32	12,9	Нью-Йорк Сити
3	Индия	Азия	431	5,5	96	3,7	1	0,4	Мумбаи
4	ОАЭ	Азия	345	4,4	158	6,1	36	14,5	Дубай
5	Малайзия	Азия	327	4,1	81	3,1	6	2,4	Куала-Лумпур
6	Япония	Азия	284	3,6	52	2,0	2	0,8	Токио
7	Республика Корея	Азия	281	3,6	80	3,1	7	2,8	Сеул
8	Канада	Сев. Америка	185	2,3	47	1,8	0	0,0	Торонто
9	Австралия	Австралия	165	2,1	61	2,4	2	0,8	Мельбурн
10	Таиланд	Азия	146	1,8	42	1,6	3	1,2	Бангкок
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
18	Россия	Европа/ Азия	65	0,8	27	1,0	7	2,8	Москва
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
47	Кипр	Европа	3	0,04	0	0,0	0	0,0	Лимассол
Итого			7903	100	2573	100	248	100	-

Итак, наибольшая концентрация высотных зданий в мире наблюдается в развитых капиталистических странах, таких как США, Канада, Япония, Австралия, но наибольшую динамику демонстрируют развивающиеся страны Азии, в числе которых Китай, Индия, Малайзия, Таиланд, ОАЭ, тем самым захватывая лидирующие позиции в этом первенстве.

Таблица 2 – Показатели, влияющие на объемы строительства высотных зданий

Страна	Численность населения, тыс. чел (место в мире)	ВВП (ППС), млрд $ (место в мире)	Уровень урбанизации, %
Китай	1404890 (2)	38190 (1)	64,6
США	341169 (3)	29185 (2)	83,3
Индия	1451389 (1)	16190 (3)	36,4
ОАЭ	9771 (94)	848 (37)	87,8
Малайзия	35631 (41)	1377 (30)	78,7
Япония	123210 (11)	6408 (5)	92,0
Республика Корея	51609 (28)	2700 (16)	81,5
Канада	41013 (36)	2703 (14)	81,9
Австралия	26967 (53)	1937 (19)	86,6
Таиланд	65969 (22)	1771 (22)	53,6
Россия	146151 (9)	6921 (4)	75,3

Список использованных источников

1. Hi-Tech Mail. В сети появилась самая подробная 3D-карта зданий / Канал Hi-Tech Mail. – Текст: электронный // dzen.ru : [блог-платформа]. – 2025. – 03 дек. – URL: *https://dzen.ru/a/aTFEs073c2rwJLZa*

2. List of countries with the most skyscrapers. // Wikipedia : [сайт]. – URL: *https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_with_the_most_skyscrapers* (дата обращения: 24.05.2026) – Текст : электронный.

3. Технологии строительства высотных зданий в Китае и конструкции высотных зданий / Ч. Лю, Н. И. Фомин, Ш. Сяо, Ц. Ли // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 3(111). – С. 421-436. – *https://elibrary.ru/ostnvh*

4. Коэн. Интерактивная карта показывает все 2,75 млрд зданий на планете / Канал Коэн. // shazoo.ru : [Платформа]. – 2025. – 05 дек. – URL: *https://shazoo.ru/2025/12/05/176434/interaktivnaia-karta-pokazyvaet-vse-275-milliarda-zdanii-na-planete-v-3d* – Текст: электронный

5. Список государств и зависимых территорий по населению // Википедия : [сайт]. – URL: *https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_государств_и_зависимых_территорий_по_населению?ysclid=mnnikgdvnh162079945* (дата обращения: 24.03.2026) – Текст : электронный

6. Список стран по ВВП (ППС) // Википедия : [сайт]. – URL: *https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_ВВП_(ППС)?ysclid=mnovn2pq3v423655853* (дата обращения: 24.03.2026) – Текст : электронный.

7. Urbanization by sovereign state // Wikipedia : [сайт]. – URL: *https://en.wikipedia.org/wiki/Urbanization_by_sovereign_state?ysclid=mnni32ccm9710412769* (дата обращения: 24.03.2026) – Текст : электронный.

УДК 72.04

Красный кирпич в архитектуре жилых домов Городца рубежа XIX – XX веков

Костина Е.А., магистрант*

* Ответственный за переписку: kostinal2018@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Данная работа посвящена анализу архитектурной морфологии и декоративных особенностей жилой застройки Городца с использованием красного кирпича рубежа XIX–XX веков. Архитектурная среда Городца данного периода представляет собой уникальное поле для исследования региональной идентичности. В этот период в селах и малых городах строительство велось преимущественно вне жестких академических шаблонов, что давало мастерам свободу интерпретации форм согласно местным традициям и культурному коду. Городец, являясь признанным центром народных промыслов – от глухой и пропильной резьбы до росписи и золотной вышивки, – был богат на сюжеты и образы, что возможно и послужило источниками вдохновения для строителей. На данный момент сохранилось более десяти образцов данной архитектуры. Каждый из них хранит уникальную символику города. Анализ основных элементов декора позволил выявить распространенность, повторность и вариативность приемов.

Ключевые слова: провинциальная эклектика, красный кирпич, кирпичная кладка, главный фасад, жилой дом, Городец.

Научный руководитель – профессор кафедры архитектурного проектирования ННГАСУ, доктор архитектуры, доцент Лисицына Александра Владиславовна.

Согласно тезису Е.И. Кириченко русская архитектура периода эклектики стремилась к выявлению национального колорита через декоративную насыщенность фасада, превращая его в манифест самобытности [1]. В Городце, который на рубеже XIX – XX веков являлся крупным торгово-промышленным селом Балахнинского уезда Нижегородской губернии, велось активное строительство капитальных кирпичных жилых домов, в том числе, с неоштукатуренными фасадами. Какие же особенности есть в декоре фасадов жилых домов с применением красного кирпича в Городце?

Особый интерес представляет дом И.Н. Белобородова (ул. Александра Невского, 22), представленный на рис. 1. Здание, визуально воспринимаемое как полностью каменное, на самом деле имеет деревянные стены по второму этажу. Бревенчатый сруб скрыт под искусной кирпичной облицовкой. Такое комбинированное решение иногда использовалось в провинциальной архитектуре, хотя и не получило широкого распространения. Входная группа с приземистыми колонками и металлическим навесом пологого очертания подчеркивает пластические возможности материала, о которых писал В. П. Гинзбург, указывая на «безграничную вариативность керамического декора» [2]. Первый ярус решен сдержанно и массивно, второй же создает образ «фасадного ковра». «Окна первого этажа, лишенные наличников, дополнены лучковыми сандриками на кронштейнах и подоконными ширинками. Окна второго этажа фланкированы тонкими колонками с кубоватыми капителями и рельефными кронштейнами в уровне межэтажного пояса. Высоко поднятые прямые сандрики с поребриком в тимпанах образуют своеобразный декоративный фриз» [3]. В советское время краснокирпичная кладка фасадов была побелена.

Рисунок 1 – Фасад дома И.Н. Белобородова с воротами. Чертеж автора

Междуэтажный пояс, словно лента, окутывает дом, въездные ворота и калитку, соединяя все элементы комплекса в единое целое. Пояс украшен ромбовидными нишами, прямоугольными нишами-ширинками и четырехлепестковыми цветками. Возможно, каменщики обращались к мотивам из народных промыслов. На протяжении XVIII–XIX столетий художественная вышивка являлась доминирующим элементом оформления как праздничного костюма, так и бытового текстиля во всех слоях городского и сельского населения. Существенная трансформация орнаментальной системы произошла в 1880-х годах: на смену архаичным зооморфным сюжетам и изображениям мифических существ (барсов, сказочных птиц) пришла новая стилистика. Её основой стал натуралистичный растительный узор, отличавшийся стремлением к более достоверному и детальному воспроизведению природных форм. Он состоял преимущественно из садовых цветов, дополненных полевыми травами. Представленный на рис. 2 характерный четырехлепестковый цветок с круглой сердцевиной (выделен рамкой) идентичен как в декоре фасада, так и в образцах народного текстиля.

Рисунок 2 – Четырехлепестковый цветок в декоре ворот дома И.Н. Белобородова и в образце городецкой золотной вышивки

Специфику городецких усадеб сложно представить без сочетания кирпича и металла. Как указывает Н. Ю. Красносельская, художественное литье и ковка местного производства обладали исключительным своеобразием, дополняя пластику кирпичной кладки графичностью металла [4]. Въездные ворота, указывавшие на статус владельца, имели

сложный, замысловатый узор: «В нижней части они выполнялись глухими, с наложением декора, в верхней части – ажурными» [5]. Образцы таких ворот представлены на рис. 3.

Рисунок 3 – Ворота жилых домов в Городце: усадьба С.Г. Хрипунова (Кооперативный съезд, 6); усадьба И.С. Белова (ул. Заводская, 14) (Фото автора)

Формы растительного орнамента вышивки (например, восьмилепестковый цветок) находят прямое отражение в деталях кованого навеса дома Т.О. Ворониной (пер. Шевченко, 1). Эти декоративные элементы представлены на рис. 4 (выделены кружком).

Рисунок 4 – Восьмилепестковый цветок в декоре навеса дома Т.О. Ворониной и в образце городецкой золотной вышивки

Еще одним локальным символом в декоре фасадов жилых домов стала вписанная в нишу «кринка» – вид глиняной посуды, распространенный предмет быта. С другой стороны, можно предположить, что данные элементы восходят к кубышкам – массивным коротким столбам плавных, криволинейных очертаний, которые нередко встречались в древнерусской архитектуре. Такие детали представлены на рис. 5.

Рисунок 5 – Кринки (кубышки) в декоре фасадов: усадьба С.Г. Хрипунова (Кооперативный съезд, 6); усадьба И.С. Белова (ул. Заводская, 14). Фото автора

Интерес представляют также обрамления окон, отличающиеся большим разнообразием. Оконные проемы чаще всего имеют лучковые перемычки. Над ними, как правило, выполнены прямые сандрики на кронштейнах либо изогнутые бровки, вторящие очертаниям верхней линии проема. В подоконьях чаще всего размещаются лежачие ниши. В обрамлении окон верхнего этажа дома С.Г. Хрипунова считывается мотив национального стиля: кокошник с двумя арочками в тимпане и вытянутые боковые колонки. Некоторые примеры представлены на рис. 6.

Рисунок 6 – Обрамления окон (слева – направо): усадьба С.Г. Хрипунова (Кооперативный съезд, 6), типы 1 и 2; дом И.Н. Белобородова (ул. Александра Невского, 22), типы 1 и 2; дом жилой (ул. Успенского, 7); дом Т.О. Ворониной (пер. Шевченко, 1) (Чертеж автора)

Характерно использование развитых фигурных аттиков, завершающих стены жилых домов, входных пристроек, ворот. На рис. 7 представлены аттики дома И.С. Белова (ул. Заводская, 14), занимающего угловое положение на пересечении улиц. На боковых частях аттика восточного фасада изображены крестики. Их фланкируют колонки. В центре – колечко с четырьмя выступающими звеньями. У аттика на южном фасаде по бокам расположились элементы, вновь напоминающие предмет повседневного обихода местных жителей – кринку. Их также фланкируют колонки, но в средней части здесь два слуховых окна.

Рисунок 7 – Аттики дома И.С. Белова: на восточном фасаде; на южном фасаде. (Фото А.В. Лисицыной)

В некоторых зданиях своеобразно переосмыслена верхняя часть фасада. Ярким примером является жилой дом (ул. Профсоюзная, 30), представленный на рис. 8. Он имеет замысловатый, необычный силуэт. Основной первый этаж венчает мезонин, задающий зданию ось симметрии. В мезонине три небольших окна, в нижнем этаже – семь окон. К передней стене мезонина с двух сторон примыкают стены чердака волнообразной формы, напоминающие гребешки. В каждом из «гребешков» – слуховое окно круглого очертания,

отсылающее к стилю модерн. Ряд полукруглых фестонов, обрамляющих карниз, и ступенчатый пояс с рядом мелких сухариков создают декоративный эффект «вышивки».

Рисунок 8 – Дом жилой (ул. Профсоюзная, 30) (Фото автора)

Затейливый архитектурный облик жилых домов Городца и их типологическое разнообразие наглядно иллюстрируют процесс трансформации местных художественных традиций в устойчивые проектные приемы. Проведенный анализ основных элементов декора позволил выявить высокую степень распространенности, повторности и вариативности архитектурных решений. Систематизация этих данных помогает не только зафиксировать региональную идентичность городецкого зодчества, но и проследить механизмы, посредством которых традиционный народный орнамент интегрировался в городскую среду, определяя её уникальный художественный код.

Список использованных источников

1.Кириченко, Е. И. Русская архитектура 1830 – 1910 годов / Е. И. Кириченко. – Москва : Искусство, 1978. – 400 с.

2.Гинзбург, В.П. Керамика в архитектуре / В. П. Гинзбург. – Москва : Стройиздат, 1983. – 200 с.

3.Городецкий район: Иллюстрированный каталог памятников истории и культуры / отв. ред. А.В. Лисицына. – Нижний Новгород : Кварц, 2011. – 504 с.

4.Красносельская, Н.Ю. Художественное своеобразие чугунного литья местного производства в архитектуре Городца конца XIX века / Н. Ю. Красносельская // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник РГХПУ им. С.Г. Строганова. – 2021. – № 2-1. – С. 323-335. *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45973175* (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.

5.Лисицына, А.В. Каменные усадебные комплексы Городца середины XIX – начала XX в. / А. В. Лисицына // Архитектурное наследство. – 2015. – Вып. 62. – С. 175-193.

УДК 725:520.98

Особенности проектирования планетариев

Курицына А.П., студент; Агеева Е.Ю., зам. зав. кафедрой архитектуры, проф., доктор. фил-соф. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: annet.kur@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена особенностям проектирования планетариев как многофункциональных архитектурно-инженерных объектов, сочетающих научно-образовательную и культурно-зрелищную функции. Рассмотрены исторические этапы развития архитектуры планетариев, современные зарубежные и российские подходы, а также требования нормативных документов (СП 118.13330.2022, СП 309.1325800.2017). Проанализированы технологические аспекты: цифровые проекторы, VR/AR, акустика, автоматизация. Выявлены ключевые различия между зарубежной (многофункциональность, экологичность) и российской (акцент на техническое оснащение и образовательную миссию) практиками. Определены перспективы развития планетариев как иммерсивных центров.

Ключевые слова: проектирование планетариев, архитектурно-инженерные объекты, купольное пространство, иммерсивные центры, функциональное зонирование, зрительные залы, акустика, трансформируемость помещений, инклюзивность, новые материалы, экологичность, историческая эволюция, технологическое оснащение, автоматизация, многофункциональность.

Планетарии представляют собой сложные архитектурно-инженерные объекты, совмещающие научно-образовательные, культурно-зрелищные и художественные функции. Это площадки для популяризации астрономии и место проведения культурных мероприятий.

Актуальность темы особенностей проектирования планетариев обусловлена, прежде всего, недостаточной изученностью данной темы и дефицитом систематизированной информации в профессиональной и научной литературе. Несмотря на почти 100-летнюю историю существования планетариев, и их возрастающую роль в культурной и образовательной жизни, комплексные исследования, инженерные, нормативные и технологические аспекты проектирования таких объектов, практически отсутствуют. Существующие публикации носят фрагментарный характер и не дают целостного представления о современных подходах.

Цель работы – выявление и систематизация архитектурно-инженерных особенностей проектирования современных планетариев на основе анализа нормативных требований, исторического опыта, современных технологических решений и зарубежных тенденций.

В основе работы лежит методы анализа и синтеза нормативных и интернет источников. Как объекты общественного назначения, планетарии при проектировании должны соответствовать требованиям СП 118.13330.2022 «Общественные здания и сооружения» [1], который устанавливает основные нормы для объемно-планировочных решений, безопасности и доступности зданий. Кроме того, учитывая зрелищную функцию планетариев, их проектирование должно опираться на положения СП 309.1325800.2017 «Здания театрально-зрелищные. Правила проектирования» [2], который конкретизирует требования к зрительным залам, акустике, сценическому оборудованию и комплексам помещений для обслуживания посетителей и персонала.

Будущие направления развития проектирования планетариев связаны с интеграцией цифровых технологий, расширяющих границы традиционного купольного пространства. Вместо статичной демонстрации звездного неба планетарии будут превращаться в многофункциональные иммерсивные центры. Рост использования цифровых проекторов с широкоугольной оптикой повысит качество визуализации, создавая пространство для глубокого погружения зрителя.

Важной составляющей станет интеграция виртуальной и дополненной реальности, которая расширит функционал планетариев, предоставляя новые возможности для интерактивного обучения и развлечений.

Проектирование будущих планетариев будет предусматривать: создание пространств для разных форматов (лекции, шоу, выставки); высокие стандарты яркости, контрастности и разрешения; интеграцию VR и AR для интерактивного обучения.

Архитектурные формы планетариев формировались под влиянием необходимости создания пространства для наглядной демонстрации звездного неба и планетарных движений. Первые планетарии возникли в 1924 году на крыше фабрики Карла Цейсса в Йене. Переломным этапом стало строительство Московского планетария в 1927–29 годах. Его архитектура отошла от ордерной классики в пользу более строгих и лаконичных форм [3]. В середине XX века произошло уникальное явление в СССР – использование церковных куполов для размещения планетариев. Примерами служат сооружения в Нижнем Новгороде и Ярославле. С 1950-х годов проявился возврат к неоклассическим формам, характерным для сталинского ампира, с восстановлением портиков, скульптур и декоративных элементов. Одновременно с этим 1960–70-е годы ознаменовались применением новых форм и технологий – использование плавных изогнутых оболочек и опорных систем на нескольких точках. Архитектурные эксперименты продолжились в 1970–80-х годах, когда стали появляться многофункциональные планетарии с несколькими залами и инновационными технологиями показа, как в Копенгагене. В XXI веке архитектура планетариев развивается в направлении крупных геометрических форм, акцентирующих внимание на символике глобуса и целостности планеты [3].

Современная зарубежная практика ориентирована на многофункциональность и экологичность. Помимо купольного зала, проектируются кафе, выставочные зоны, детские центры. Используются зелёные крыши, натуральные ландшафты, экоматериалы.

Пример является проект бюро Snøhetta «PlanetUm» (Норвегия, 2023): главный купол с золотым покрытием, пешеходная кровля с местной растительностью, подход через лес – создание природно-архитектурного опыта. Композиция построена вокруг главного купола, который символизирует Солнце золотым покрытием. Верхняя часть здания представлена «пешеходной» кровлей, покрытой местной растительностью

Зарубежные проекты делают упор на гибкость пространств, высокие технологии и вдохновляющие образы (Шанхайский планетарий от Ennead Architects). В российской практике аналогичные решения должны учитывать требования СП 309.1325800.2017 к функциональному зонированию и параметрам помещений.

Российский опыт проектирования планетариев характеризуется сочетанием передовых технологических решений и ориентацией на образовательную и культурную миссию учреждения. В отличие от зарубежной практики, где акцент делается на многофункциональность российские проекты прежде всего фокусируются на техническом обеспечении качества изображения и контрастности. Это особенно заметно в реализации цифровых систем с сверхширокоугольными объективами, способными создавать эффект полного погружения зрителя.

Отсутствие жёстких международных стандартов способствует развитию локальных решений, адаптированных к климату и задачам. При этом проектирование обязательно ведется с учетом российских строительных норм, в частности требований СП 118.13330.2022 к

общественным зданиям, включая положения о высоте помещений, этажности и правила подсчета площадей. СП 309.1325800.2017 уточняет правила подсчета объемно-планировочных показателей для театрально-зрелищных зданий в разделе 12, устанавливая, что подсчеты этажности, высоты и заглубления зданий принимаются в соответствии со СП 160.1325800 «Здания и комплексы многофункциональные. Правила проектирования « [4].

Отличия от зарубежных моделей: меньший упор на природную интеграцию, больший – на внутреннюю эргономику и технику; системный подход: купольный зал + акустика + вентиляция + электропитание; развитие учебно-научного контента.

Примером может служить планетарий в Якутске, отличающийся сочетанием образовательной направленности, современных технологий и комфорта.

Технологическую основу составляют цифровые проекторы со сверхширокоугольными объективами (обзор от 180°), способные транслировать не только астрономические, но и любые видео-программы.

Основные вызовы: перекрёстное рассеивание света, необходимость в материалах с низкой отражающей способностью, контрастность (оцениваемая внутри экрана).

Техническое оснащение включает акустические системы (требования к защите от шума и вибрации установлены в разделе 8.3 СП 309.1325800.2017), интеллектуальное управление креслами (параметры кресел (размер, расстояние между рядами, ширина проходов) регламентируются приложением Б СП 309.1325800.2017 в зависимости от уровня комфорта), климат-контроль (требования к параметрам микроклимата установлены в разделе 7 СП 118.13330.2022 и разделе 8.2 СП 309.1325800.2017), системы автоматизации (управление светом, звуком, проекцией), дистанционное обновление контента.

Это требует продуманного инженерного проектирования и выделения помещений для техобслуживания. СП 309.1325800.2017 в разделе 6.2.2 устанавливает требования к комплексу помещений технологического обеспечения сцены, включая осветительные боковые ложи, светопроекционные, светорегуляторные и помещения для оборудования [2]. Согласно изменениям в СП 118.13330.2022, помещения технического назначения должны проектироваться с учетом обеспечения надежности и безопасности инженерных систем [1].

Современные планетарии делятся на: учебные классы и аудитории, выставочные пространства, зоны отдыха и общения.

Принципами при проектировании планетариев являются: трансформируемость помещений (лекции, семинары, фестивали), удобная логистика для гостей и персонала, инклюзивность (пандусы, лифты, адаптированные санузлы) – в соответствии с требованиями СП 59.13330 к доступности зданий для маломобильных групп населения, на который ссылается СП 118.13330.2022 [1]. СП 309.1325800.2017 (п. 6.1.2.9) [2] также требует предусматривать места для маломобильных групп населения в зрительных залах, прилегающие парки и скверы.

Особую роль играют требования к зрительным залам, фойе и рекреациям. СП 309.1325800.2017 детально регламентирует: площади помещений входной группы (гардеробная, кассовый вестибюль) в зависимости от уровня комфорта, площади рекреационных помещений (фойе, кулуары, курительные, буфет) на одно место в зрительном зале, параметры видимости: превышение луча зрения зрителя над головой впереди сидящего, ограничительные углы размещения мест, актуальные изменения 2024 года уточняют требования к ограждениям и организации путей эвакуации: в частности, при панорамном остеклении с внутренней стороны должны быть предусмотрены ограждения высотой не менее 1,2 м [2].

Зонирование способствует социальному взаимодействию и превращает планетарий в общественный центр, выходящий за рамки научного клуба.

Современные материалы служат основой для уникального дизайна планетариев. Использование «смарт»-стекол, способных менять прозрачность, позволяет создавать фасады

с переменной светопропускной способностью. Композиты с программируемой структурой и фибробетоны, позволяют проектировать сложные изогнутые формы куполов и оболочек, существенно расширяя свободу стилистических [2].

Биопластик и гибкий бетон находят применение в тех случаях, где требуется высокая адаптивность материалов к сложным формам и условиям эксплуатации. Тренд на экологичность усиливается за счёт переосмысления традиционных строительных материалов. Широко используются древесина и её гибриды при создании масштабных культурных и общественных объектов. Примером являются проекты Sara Cultural Centre в Швеции [5].

Сочетание новых материалов и цифрового контроля создаёт выразительный, устойчивый и комфортный облик зданий. Применение новых материалов должно учитывать требования раздела 6 СП 118.13330.2022 по обеспечению надежности и безопасности конструкций, а также требования к безопасности наружных ограждающих конструкций.

Планетарии выполняют важную художественную функцию как объекты городской среды, отражающие духовные и культурные ценности общества. Их архитектура выходит за рамки утилитарности, превращаясь в визуальный символ, который связывает научные знания с культурным наследием и формирует особое пространство для общественного диалога. Через форму, масштаб и композицию планетарии становятся средоточием культурной идентичности, объединяя прошлое и современность в одном социальном контексте.

Особенностью планетариев является то, что они выступают посредниками между цивилизацией и культурой – с одной стороны, они отражают современные технологические достижения, а с другой – несут духовное содержание и художественное наследие, помогая сохранить культурную память и стимулировать интеллектуальное развитие посетителей.

В ходе исследования выявлены ключевые особенности проектирования современных планетариев: сочетание сложных инженерных решений и выразительных архитектурных форм, эволюция от классических конструкций к иммерсивным пространствам, зарубежный тренд на многофункциональность и экологичность.

Российская специфика: акцент на визуальное качество и образование при обязательном соблюдении требований СП 118.13330.2022 и СП 309.1325800.2017, важность зонирования и рекреации для комфорта и безопасности, применение новых материалов для сложных форм и устойчивости, перспективы развития связаны с VR/AR, мобильностью, ростом технических характеристик и превращением планетариев в гибкие, востребованные центры культурной жизни.

Список использованных источников

1. СП 118.13330.2022. Общественные здания и сооружения. – Введ. 2022-06-20. – М.: Минстрой России. – 2022. – 57 с.

2. СП 309.1325800.2017. Здания театрально-зрелищные. Правила проектирования. – Введ. 2018-03-02. – М. : ФГБУ «РСТ». – 2018. – 77 с.

3.Начало XX века. Новый тип общественного здания – планетарий – Сайт Архи.ру – 2017. – URL: *https://archi.ru/elpub/91893/nachalo-hh-veka-novyi-tip-obschestvennogo-zdaniya-planetarii*

4. СП 160.1325800.2014. Здания и комплексы многофункциональные. Правила проектирования. – Введ. 2014-09-01. – М. : ФАУ «ФЦС». – 2014. – 82 с.

5.Обзор трендов в архитектуре с использованием новых материалов. – Портал сообщества «Вместе» ПАО «Северсталь» – URL: *https://vmeste.severstal.com/industries/build/krupnym-pererabotchikam-i-treyderam/obzor-trendov-v-arkhitekture-s-ispolzovaniem-novykh-materialo/*

УДК 72.092

Архитектурное проектирование кампуса с вертикальными садами

*Малова А.С. *, студент*

* Ответственный за переписку: malova2808@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. статья посвящена проектированию студенческого кампуса с применением зеленых технологий. Основное внимание уделено вертикальным садам как инструменту повышения энергоэффективности и качества архитектурной среды. Разобраны виды зеленых технологий и их роль в архитектуре. Выделены ключевые ограничения внедрения: высокая стоимость, дефицит специалистов, нормативные барьеры и недостаток финансирования. Сформулированы принципы интеграции вертикального озеленения в структуру кампуса с учетом функциональных и климатических условий. Проведен анализ реализованных проектов, который показывает эффективность системного подхода к озеленению. Результаты работы можно использовать при проектировании современных образовательных комплексов.

Ключевые слова: кампус, зелёные технологии, вертикальные сады

Зеленые технологии: понятие, классификация и значение

Под понятием «зеленые технологии» сегодня принято понимать комплекс технических, инженерных и архитектурно-планировочных решений, главной целью которых выступает минимизация негативного влияния человеческой деятельности на окружающую среду. В практическом смысле это выражается в более рациональном подходе к использованию природных ресурсов и существенном повышении энергоэффективности объектов строительства. В архитектуре и градостроительстве зеленые технологии ориентированы на формирование устойчивой среды, обеспечивающей экологический баланс, комфортные условия жизнедеятельности человека и снижение эксплуатационных затрат зданий [1].

Данные технологии принято классифицировать в зависимости от их функционального назначения и конкретной области применения [2]:

– Энергосберегающие технологии. Включают в себя использование энергоэффективных ограждающих конструкций, систем пассивного солнечного отопления, естественного освещения и вентиляции, а также применение возобновляемых источников энергии (солнечные панели, геотермальные системы и др.).

– Водосберегающие технологии. Предусматривают сбор и повторное использование дождевой воды, системы очистки и рециркуляции сточных вод, а также применение маловодных инженерных решений.

– Технологии экологического озеленения. К ним относятся зеленые кровли, вертикальные сады, фасадное и интерьерное озеленение, направленные на улучшение микроклимата, качества воздуха и визуального восприятия архитектурной среды.

– Материалоэффективные технологии. Основаны на использовании экологически безопасных, перерабатываемых и местных строительных материалов, снижающих углеродный след строительства.

– Управленческие и интеллектуальные системы. Включают автоматизированное управление энергопотреблением, освещением, климатом и инженерными системами здания.

Зеленые технологии в архитектуре объединяют разнообразные решения, направленные на энергосбережение, экологическое озеленение, рациональное использование воды и материалов, а также на интеллектуальное управление инженерными системами. Это решение позволяет создавать устойчивую, комфортную и энергоэффективную среду, снижая нагрузку на окружающую среду и повышая эксплуатационную эффективность зданий.

Проблемы и ограничения внедрения зеленых технологий

В последние годы вопрос внедрения зеленых технологий стал одним из ключевых в научных исследованиях и практической деятельности как на международном уровне, так и в России. Несмотря на очевидные преимущества, их интеграция в экономику и социальную сферу сталкивается с рядом серьезных препятствий и ограничений.

В первую очередь стоит выделить экономические барьеры, которые часто становятся решающим фактором. Самая значимая проблема внедрения зеленых технологий – это высокая стоимость их разработки и практической реализации. Системы возобновляемой энергетики, энергоэффективного оборудования, экологически чистых материалов требуют значительных первоначальных инвестиций, делая их менее привлекательными на фоне более дешевых традиционных технологий.

Наряду с финансовыми сложностями, существенной проблемой является дефицит квалифицированных специалистов, обладающих междисциплинарными знаниями в области экологии, строительства, информационных технологий и устойчивого развития. Реализация экологически ориентированных проектов требует не только инженерной подготовки, но и понимания принципов экологической безопасности, оценки рисков и применения современных цифровых инструментов. Использование инновационных технологий, в том числе методов искусственного интеллекта, в сфере экологической безопасности напрямую связано с уровнем профессиональной подготовки кадров [3].

Значительную роль играют институциональные и нормативно-правовые препятствия. Зеленые технологии часто требуют адаптации к действующим стандартам и правилам, которые не всегда учитывают особенности экологичных инноваций. Нормативно-правовая база в области устойчивого строительства и природопользования может быть недостаточно гибкой или развита, что тормозит ускоренное внедрение зеленых практик.

Ситуация осложняется и ограниченным финансированием со стороны государства и бизнеса: без устойчивых механизмов поддержки многие перспективные инициативы так и остаются на стадии пилотных экспериментов.

Наконец, нельзя забывать о социально-поведенческих аспектах. Технические и экономические успехи могут нивелироваться неготовностью населения, бизнеса и государственных структур менять привычные модели деятельности. Сопротивление изменениям и отсутствие сформированного запроса на экологическую трансформацию остаются факторами, которые заметно замедляют переход общества к устойчивым технологиям.

Проектирование кампуса с вертикальными садами: методические аспекты

Современные университетские кампусы рассматриваются не только как совокупность учебных зданий, но и как многофункциональные общественные пространства. В условиях уплотнения застройки и роста экологической нагрузки особую актуальность приобретает внедрение вертикального озеленения как одного из элементов устойчивой архитектуры. Вертикальные сады позволяют повысить экологическое качество застройки, улучшить микроклимат и визуальное восприятие архитектурной среды.

Методические аспекты проектирования кампусов с вертикальными садами базируются на принципах архитектурного проектирования общественных зданий, типологических особенностях кампусов и современных подходах к экологизации архитектуры.

При проектировании кампуса важно учитывать его типологическую специфику. Университетский кампус представляет собой сложный общественный комплекс, включающий учебные, административные, жилые, рекреационные и общественные пространства. По классификации общественных зданий кампус относится к многофункциональным образовательным комплексам, где ключевую роль играет взаимосвязь различных функциональных зон. Однако типология общественных зданий определяется не только функциональным назначением, но и характером социальных процессов, происходящих в них: «Тип общественного здания формируется под влиянием социальных потребностей и сценариев использования пространства» [4].

Архитектурное проектирование кампуса требует комплексного учета социальных, экологических и градостроительных факторов. При проектировании общественных зданий особое значение имеет формирование комфортной среды для массового пребывания людей, а также адаптация здания к окружающему контексту [5].

Вертикальное озеленение рассматривается в современной архитектурной теории как один из ключевых приемов экологизации зданий.

В условиях кампуса вертикальные сады могут выполнять как декоративную, так и функциональную роль – служить элементом солнцезащиты, естественной вентиляции и визуального зонирования пространства.

На основе современных исследований можно выделить следующие методические принципы проектирования кампуса с вертикальными садами:

1. Функциональная целесообразность – вертикальные сады должны быть связаны с общественными и рекреационными зонами кампуса [4].

2. Контекстуальность – учет климатических, градостроительных и ландшафтных условий территории [5].

3. Экологическая эффективность – использование вертикального озеленения как средства улучшения микроклимата и энергоэффективности зданий.

4. Архитектурная выразительность – вертикальные сады формируют визуальную идентичность кампуса и усиливают его общественную значимость.

Анализ успешных примеров кампусов с вертикальными садами

Анализ реализованных архитектурных проектов кампусов с вертикальными садами позволяет выявить наиболее эффективные методы интеграции озеленения в структуру общественных зданий, а также оценить роль климатической адаптации и типологических решений.

1. Кампус Наньянского технологического университета (NTU), Сингапур; Архитекторы: CPG Consultants. Климат: экваториальный, жаркий и влажный.

Рисунок 1 – Общий вид кампуса Наньянского технологического университета [5]

Кампус NTU является одним из наиболее показательных примеров внедрения вертикальных садов в образовательную среду. Архитектурная концепция основана на террасной структуре корпусов, где зеленые насаждения образуют непрерывную систему фасадного и кровельного озеленения.

С точки зрения типологии, данный кампус соответствует определению многофункционального общественного комплекса, в котором рекреационные пространства играют ключевую роль в формировании комфортной среды. Вертикальные сады здесь не являются декоративным элементом, а включены в функциональную и климатическую структуру зданий.

Выводы из анализа: использование зеленых фасадов как естественного солнцезащитного экрана; включение озеленённых террас в систему общественных пространств; интеграция растительности в пути пешеходного движения.

Климатическая адаптация: решения ориентированы на снижение перегрева и повышение естественной вентиляции, что соответствует принципам экологического проектирования.

2. Кампус BiM / Университет Милана-Бикокка, Италия; Архитекторы: Boeri Studio. Климат: умеренно-континентальный

Рисунок 2 – Общий вид кампуса BiM [6]

Проект кампуса Бикокка демонстрирует более сдержанный, но методически выверенный подход к вертикальному озеленению. Зеленые фасады применяются преимущественно в зонах общего пользования – атриумах, переходах, рекреационных пространствах.

Такой подход соответствует методическому положению, что элементы архитектурной среды общественного здания должны быть функционально обоснованы и социально значимы [7].

Выводы из анализа: модульные системы вертикального озеленения; сочетание озеленения с общественными пространствами; визуальное зонирование среды без перегрузки фасадов.

Климатическая адаптация: используются растения, устойчивые к сезонным изменениям температуры, а конструкции фасадов предусматривают защиту от замерзания и избыточной влажности.

Заключение

Современное развитие архитектуры образовательных кампусов требует интеграции экологически устойчивых решений, способствующих созданию комфортной среды. Исследование показало, что зеленые технологии, включая вертикальные сады, выполняют не только декоративную, но и функциональную роль – улучшают микроклимат, повышают энергоэффективность и формируют визуально комфортную образовательную среду.

Анализ ограничений внедрения зеленых технологий выявил проблемы, которые необходимо учитывать при проектировании кампусов. Методические принципы интеграции вертикальных садов включают функциональную целесообразность, контекстуальность, экологическую эффективность и архитектурную выразительность, что позволяет создать гармоничную систему общественных и рекреационных пространств.

Рассмотренные зарубежные примеры (Наньянский технологический университет, Сингапур, и кампус Университета Милана-Бикокка, Италия) демонстрируют успешные

модели комплексного внедрения вертикального озеленения, когда растительность становится частью архитектурной и инженерной структуры кампуса, а не только элементом декора. Эти проекты подтверждают гипотезу работы: комплексная интеграция зеленых технологий и вертикальных садов в архитектуру кампуса повышает экологическую устойчивость, улучшает качество среды пребывания студентов и способствует энергоэффективности зданий.

Список использованных источников

1. Гурбанов И., Бажыков Е., Бердимырадов М. Зелёная архитектура: переосмысление устойчивости в строительстве // Вестник науки №9 (78) том 2. – 2024 г. – С. 387 – 390. – URL: *https://www.вестник-науки.рф/article/17193* (дата обращения: 26.01.2026 г.)

2. Аллакулыева Дж.М., Атайев Е.Д., Атайева А.А. Устойчивое строительство: эко-архитектура и зеленые технологии // Вестник науки №10 (79) том 3. – 2024 г. – С. 970 – 973. – URL: *https://www.вестник-науки.рф/article/17990* (дата обращения: 26.01.2026 г.)

3. Ярополов, И. Н. Использование искусственного интеллекта для уменьшения угроз техногенных и природных катастроф / И. Н. Ярополов, Т. В. Ларичева // Экологическая безопасность и устойчивое развитие урбанизированных территорий : Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 25–27 апреля 2023 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 370-375. – EDN HAJPDF.

4. Гельфонд, А. Л. Архитектурная типология общественных зданий и сооружений : учеб. пособие / А. Л. Гельфонд ; Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород : ННГАСУ, 2003. – 201 с. : ил.

5. KramerAV. NTU Global Lounge hits the right note with Kramer scalers for presentation // Case Studies. – URL: *https://www.kramerav.com/content-hub/case-studies/ntu-global-lounge-hits-the-right-note-with-kramer-scalers-for-presentation/?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera* (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.

6. StudiareinItalia. Università di Milano-Bicocca // Universities. – URL: *https://studiareinitalia.ru/universities/universit-di-milano-bicocca/?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera* (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.

7. Гельфонд, А. Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений : учеб. пособие / А. Л. Гельфонд. – М. : Архитектура-С, 2006. – 280 с. : ил.

УДК 72.03:71

Инженерное наследие В. Г. Шухова в Нижегородской области: обзор двух гиперболоидных пожарных вышек

*Молодцов И.Д. *, студент; Колос С.М., студент; Зайцев А.А., доцент, кандидат архитектуры*

* Ответственный за переписку: irgald2006@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена инженерному наследию В. Г. Шухова в Нижегородской области на примере двух гиперболоидных пожарных вышек – в посёлке Копосово и деревне Ляхово. Рассматриваются история создания, конструктивные особенности и современное состояние сооружений. Описан инженерный метод Шухова, основанный на использовании сетчатых гиперболоидных оболочек из прямых металлических стержней, обеспечивающих прочность и экономичность. Авторами были выполнены обмерные работы, позволившие уточнить геометрические характеристики и создать цифровые модели объектов. Анализируются проблемы сохранения Шуховского наследия: сравнивается успешная реставрация Ляховской башни с Копосовской вышкой, которая до сих пор находится в неудовлетворительном состоянии. Подчёркивается необходимость комплексного восстановления памятников и их интеграции в туристические маршруты.

Ключевые слова: Шухов В.Г., Шуховская конструкция, архитектурное наследие, цифровая реконструкция, ансамбль, памятник архитектуры.

Научный руководитель – доцент кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования, кандидат архитектуры Зайцев Алексей Александрович

Введение

Нижегородская земля занимает особое место в творческой биографии Владимира Григорьевича Шухова (1853–1939) – выдающегося русского инженера, изобретателя и учёного, конструктивные решения которого определили пути развития мировой архитектуры XX века. Именно здесь, на Всероссийской промышленной и художественной выставке 1896 года, Шухов впервые представил публике свои революционные конструкции, включая первую в истории гиперболоидную башню. Этот триумф положил начало распространению Шуховских идей по всему миру [1].

Сегодня Нижегородская область обладает значительным пластом историко-культурного и инженерного наследия, среди которого особое место занимают гиперболоидные башни – сооружения, сочетающие удивительную прочность, экономичность материалов и изящество форм. Наиболее яркими примерами Шуховского наследия в регионе являются башни в деревне Ляхово Балахнинского района и в посёлке Копосово. Они представляют собой особый тип сетчатых конструкций, нашедших своё применение только в Нижегородской области, – металлические гиперболоидные пожарные вышки [2].

В данном обзоре мы систематизировали сведения о данных Шуховских башнях, проследили их историю, выявили проблемы сохранения, для привлечения внимания к необходимости реставрации.

Инженерный метод В.Г. Шухова

Метод Шухова основан на гиперболоидных сетчатых оболочках – конструкциях из прямых металлических стержней, образующих криволинейную поверхность. По свидетельствам современников, идея возникла при наблюдении за перевёрнутой плетёной ивовой корзиной: лёгкая и прочная форма подсказала принцип сочетания устойчивости и экономии материала. Позже Шухов перевёл этот принцип в точные математические расчёты.

Впервые эти конструкции были представлены широкой публике в 1896 году на XVI Всероссийской промышленной и художественной выставке в Нижнем Новгороде. Среди выставочных павильонов, спроектированных Шуховым, особое место заняла 25-метровая ажурная металлическая башня в форме гиперболоида вращения, собранная из прямых стержней. Это сооружение стало настоящим триумфом инженерной мысли, продемонстрировав миру принципиально новый тип несущей конструкции [3]. В 1899 году Шухов получил патент на «ажурную башню», где описал конструкцию, образующую гиперболоид вращения за счет пересекающихся прямых брусьев или труб, скрепленных в узлах [4].

Стоит отметить судьбу первой гиперболоидной башни. После закрытия выставки она была приобретена меценатом Ю. С. Нечаевым-Мальцовым и в разобранном виде перевезена в его имение Полибино (ныне Липецкая область), где была смонтирована под личным наблюдением В. Г. Шухова. Сегодня башня в Полибино, имеющая статус памятника федерального значения, является одной из важнейших реликвий инженерного искусства.

Гиперболоидные сооружения обладают высокой жёсткостью при минимальном расходе металла. Прямые стержни, работающие преимущественно на сжатие и растяжение, создают лёгкую сетчатую структуру, которая может принимать различные очертания в зависимости от изменения диаметров верхнего и нижнего оснований. Это свойство позволило использовать такие конструкции для водонапорных башен, маяков и опор линий электропередач. На Нижегородской земле Шуховские гиперболоиды получили дальнейшее развитие: на территории Выксунского металлургического завода сохранилась водонапорная башня, а на берегу Оки стоит 128-метровая опора ЛЭП – уникальное многоярусное сооружение, входящее в число поздних работ инженера. В мировом масштабе идеи Шухова стали основой для творчества архитекторов хай-тека, таких как Норман Фостер и Сантьяго Калатрава, что подтверждает непреходящую ценность изобретенного им «гиперболоида» как универсальной формы, соединяющей инженерный расчет и художественное совершенство.

Одним из самых известных воплощений идей Шухова является знаменитая радиобашня на Шаболовке в Москве. Ее строительство началось в 1919 году и велось в тяжелейших условиях Гражданской войны при остром дефиците металла. По первоначальному проекту башня должна была достигать высоты 350 метров и весить всего 2200 тонн (для сравнения, Эйфелева башня при высоте 300 метров весит 7300 тонн), но из-за нехватки ресурсов высоту сократили до 150 метров, а вес – до 240 тонн. Возведение велось новаторским «телескопическим» методом: секции собирали на земле внутри предыдущей и затем поднимали на лебедках вверх. В процессе подъема четвертой секции произошла авария – конструкция упала, повредив нижестоящие секции. Этот инцидент был расценен как саботаж, и Шухова приговорили к условному расстрелу, который мог быть приведен в исполнение при следующей ошибке. К счастью, дальнейшее строительство завершилось успешно, приговор отменили, а сама башня стала одним из символов советского авангарда.

Сормовская (Копосовская) башня

Сормовская (Копосовская) башня располагается на ул. КИМа 86, рядом со зданием пожарного депо и напротив Троицкой церкви, имеет высоту 20 метров и обладает статусом объекта культурного наследия регионального значения.

Сормовская пожарная каланча была возведена в 1910 году в Копосово (ныне – микрорайон в составе Сормовского района Нижнего Новгорода). В то время посёлок административно относился к Балахнинскому уезду и не входил в городскую черту. Инициатором строительства выступило Сормовское пожарное общество – добровольная организация, созданная для защиты быстрорастущего рабочего посёлка при Сормовском заводе. По сведениям из «Нижегородской Земской газеты» №38 за 1912 год автором проекта «железной сторожевой вышки» выступил секретарь Сормовского пожарного общества Дмитрий Михайлович Михеев. Вероятно, он разрабатывал проект под руководством или с использованием конструктивных принципов Шухова.

Ажурная 20-метровая вышка стала важной частью системы пожарной безопасности: с её верхней площадки дозорные круглосуточно следили за окрестностями, чтобы вовремя заметить возгорание. В то время Сормово было крупным промышленным центром с деревянной застройкой, и пожарная каланча позволяла оперативно обнаруживать очаги огня.

Со временем башня перестала выполнять свою прямую функцию – пожарная часть переехала отсюда примерно в 1985–1987 годах. Объект оказался на территории автосервиса, и хотя он получил статус памятника культурного наследия регионального значения, его состояние вызывало тревогу у общественности. В начале 2010-х годов даже обсуждалась возможность переноса башни в центр города, но этим планам не суждено было сбыться.

Башня представляет собой гиперболоид вращения, образованную перекрестной системой стержней из одиночных уголков различного поперечного сечения. Каркас собран из 32 вертикальных стальных стержней, которые соединены десятью горизонтальными кольцами с сечением 50 х 10 мм, между которыми расположены три лестничных марша. Расположены кольца по высоте с шагом 1970-2075 мм. Все элементы скреплены заклепками диаметром 16 мм. Завершается конструкция площадкой для дежурного с крышей из листового железа. Венчает конструкцию флагшток, из-за чего общая высота и достигает более 26 метров. Фундамент – кирпичные столбы по окружности опорного кольца, в местах установки анкерных болтов. Кирпич использовали двух видов: глиняный и силикатный.

Долгое время Копосовская башня находилась в неудовлетворительных условиях: она оказалась на территории автосервиса, что привело к прогрессирующей коррозии металла, утрате элементов лестниц и площадок, деформации флагштока. Несмотря на статус памятника регионального значения, необходимые реставрационные работы долгие годы не проводились. Надежда появилась в 2022 году, когда башня была передана из муниципальной в областную собственность специально для целей восстановления, но с того момента так и ничего и не произошло.

Памятник имеет колоссальный туристический потенциал. Он легко доступен (остановка общественного транспорта «Копосово»), открыт для бесплатного посещения и, что самое главное, является подлинным творением великого Шухова. Башня могла бы стать украшением не только Сормовского района, но и всего города.

В процессе подготовки статьи авторами были выполнены обмерные работы. Полученные данные позволили уточнить геометрические параметры сооружения, выявить незначительные отклонения от проектной формы и создать цифровую модель, которая может быть использована для мониторинга и популяризации объекта.

Пожарная башня в деревне Ляхово

Шуховская башня в деревне Ляхово строилась как каланча, ее возвёл в 1917 г. добровольный пожарный отряд этой деревни, она была необходима для круглосуточного и оперативного отслеживания возгораний и немедленного их устранения, потому что незадолго до этого сгорело большое количество домов в Ляхово. Рабочие выбрали именно такую форму, из-за высокой ветроустойчивости, жёсткости, низкой стоимости и простоты сборки. Каланчу

возводили жители за свой счёт, а расходы и доходы отмечали в специальной книге Ляховской добровольной пожарной дружины. Деньги брали, продавая сено, овес, собирая членские взносы.

В 1935 году Шуховской гиперболоид был достроен, строительством руководил котельщик завода Феоктист Степанович Третьяков, наверху вышки находилась восьмигранная будка дежурного, утеплённая древесными опилками, колокол, для оповещения пожарной бригады о пожаре, для перехода между лестницами использовали три деревянные платформы.

Периодически проводились учебные занятия, в которых дежурный оповещал о пожаре, и отряд выдвигался на его устранение.

В 1990-е годы добровольная дружина распалась, а уже в 2000-х она начала разрушаться, по ее окраске в три цвета российского флага начала проступать ржавчина, деревянные переходы и смотровой домик начали сначала ветшать под воздействием природных факторов, таких как частое нахождение под дождем. В среднем, за один год выпадает в основном до 700 мм осадков и это не учитывая влажность в воздухе, постоянное нахождение под солнцем, поэтому все кроме одного перехода сгнили, и обвалились. Довольно часто к ней подъезжали краны и грузовые машины для того, чтобы её спилить и сдать на металл, но местные жители выстраивали патрули и ограждали ее, чтобы не потерять вышку

Высота башни до основания наблюдательного поста – 12 м, с его учётом – 14,5 м. Конструкция включает семь горизонтальных колец из стали марки Ст3, которые скрепляют 24 стальных уголка. Почти все элементы скреплены заклепками. Всего на Шуховской башне использовалось 4 лестничных марша, между которых расположены переходные лестничные площадки. Они выполнены из таких же уголков, как и оболочка башни. Общая масса стальных конструкций составляет около 2,2 тонны – наглядное подтверждение экономичности Шуховской системы.

В 2021 году вышка получила статус объекта культурного наследия регионального значения. В 2023 году началась подготовка к восстановлению её первоначального вида.

Реставрация 2023–2025 гг. вернула башне исторический облик: выполнена антикоррозионная обработка, восстановлены переходные площадки и будка дежурного, установлено архитектурное освещение. Башня может быть интегрирована в туристические маршруты региона как один из немногих сохранившихся примеров применения гиперболоидных конструкций для пожарных вышек

В процессе написания статьи с данной башней также были выполнены обмерные работ. Полученные данные позволили уточнить геометрические параметры сооружения, зафиксировать его реальное состояние после завершённой реставрации и создать цифровую модель и этой башни, которая может быть использована для мониторинга и популяризации объекта.

Проблемы сохранения Шуховского наследия

Несмотря на всемирное признание инженерного гения В.Г. Шухова, его наследие в России находится под угрозой. Из более чем двухсот гиперболоидных башен, построенных по системе Шухова в конце XIX – первой половине XX века, к настоящему времени сохранилось лишь около двух десятков, и все они находятся в разной степени сохранности.

Наиболее драматичным примером утраты является уничтожение одной из 128-метровых опор ЛЭП на Оке в 2005 году: уникальное сооружение было незаконно демонтировано и сдано в металлолом. Эта потеря стала серьёзным ударом по инженерному наследию страны и показала уязвимость памятников промышленной архитектуры в постсоветский период.

В качестве примера конструктивной надёжности Шуховских систем можно привести Шаболовскую радиобашню в Москве. В процессе строительства в 1919 году при подъёме четвёртой секции произошло обрушение конструкции, повредившей нижестоящие секции.

Несмотря на инцидент, башня была достроена и функционирует по настоящее время. Аналогичную устойчивость демонстрируют нижегородские пожарные вышки.

Ляховская башня возводилась с перерывами в период с 1917 по 1935 год, однако сохранила несущую способность. Копосовская башня, десятилетиями стоявшая без ремонта на территории автосервиса, до сих пор не утратила свою несущую способность, хотя и находится на грани аварийного состояния. Данные факты подтверждают высокий запас прочности, заложенный В.Г. Шуховым. При этом, в отличие от Шаболовской и отреставрированной Ляховской башен, Копосовская вышка до настоящего времени не имеет утверждённого проекта реставрации.

Заключение

Шуховское наследие Нижегородской области – уникальный пласт отечественной и мировой инженерной культуры. Башни в пос. Копосово и с. Ляхово иллюстрируют две различные модели сохранения: Сормовская башня, ожидающая реставрации, является подлинным сооружением системы Шухова, нуждающимся в комплексном восстановлении и последующем музейном использовании; Ляховская каланча, пережившая успешную реставрацию, стала примером эффективного взаимодействия государственных структур, общественных организаций и волонтёров.

Шуховские гиперболоиды обладают выдающейся универсальной ценностью, соответствующей критериям Всемирного наследия ЮНЕСКО. Их сохранение – не только дань уважения гениальному русскому инженеру, но и ответственность перед будущими поколениями, которые имеют право видеть и изучать подлинные свидетельства инженерного гения, определившего облик XX века.

Список использованных источников

1. Виноградова Т. П. Гений В.Г. Шухова и современная эпоха / Материалы международного конгресса / Под ред. Н.Г. Багдасарьян, Е.А. Гаврилиной. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2015. – 13, 78-85, 108–114 с.

2. С. М. Шумилкин, Е. Е. Грачева, А. С. Шумилкин Потенциал сооружений инженера В. Г. ШУХОВА в контексте сохранения всемирного наследия // Приволжский научный журнал. – 2025. – № 4. – 205-207 с.

3. В. В. Бондарь, О. Н. Маркова краснодарский гиперболоид инженера Шухова: Очерк истории памятника инженерного искусства − водонапорной башни системы академика В. Г. Шухова / В. В. Бондарь, О. Н. Маркова. – Краснодар: И. Платонов, – 2014. – 20-23 с.

4. Архив РАН. Ф. 1508. Оп. 1. Д. 76. Патент на ажурную башню № 1896 от 12 марта 1899 г.

5. Грефе Р., Перчи О., Грефе Э., Кутный А Гений лёгких конструкций. Владимир Шухов (1853-1939) / в 2 т. – М.: Связь эпох. – 2024. – 719-732 с.

УДК 72.092

Архитектурно-пространственное решение экспоцентра

*Набиев Р.Н. *, студент*

* Ответственный за переписку: rnab1977@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. статья посвящена исследованию гибкости архитектурных решений в Экспоцентрах и их влиянию на функциональность и комфорт посетителей. Анализ основан на изучении современных достижений в области науки и технологий, включая искусственный интеллект, робототехнику и машиностроение, которые стимулируют развитие строительной отрасли и создание универсальных зданий. В работе рассматриваются инновационные элементы дизайна и объемно-планировочные решения, выявляющие потенциал адаптивной архитектуры для поддержки многофункционального использования выставочных центров. На примере таких объектов, как Tokyo Big Sight (Япония) в Центре исполнительских искусств Мацумото, где акцент сделан на адаптивности и взаимодействии с пользователями. На основе изученной теории была разработана дипломная работа «Экспоцентр в Нижнем Новгороде», в котором используются адаптивные решения, такие как трансформируемые залы и акустически оптимизированные пространства, что отражает принципы устойчивости, универсальности и функциональности. Результаты исследования подчеркивают важность гибких архитектурных стратегий для повышения эффективности и актуальности выставочных центров в глобальном масштабе.

Ключевые слова: функциональность, трасформируемость, многофункциональность, трансформируемые конструкции

Архитектурные инновации и гибкость пространств

Современные архитектурные решения стремятся преодолеть ограничения, создавая более гибкие пространства, способные адаптироваться под различные мероприятия. В данном разделе рассматриваются архитектурные инновации, влияние известных архитекторов и фирм, а также конкретные примеры, иллюстрирующие успешное применение гибкости архитектурных решений для создания универсальной среды, адаптирующейся к меняющимся требованиям отрасли.

Адаптивные объемно-планировочные решения

В основе универсальности архитектуры лежит возможность конфигурировать помещения в соответствии с меняющимися требованиями. Эта адаптивность заключается не только в открытых планах этажей или модульных конструкциях; она предполагает продуманную интеграцию съемных перегородок, подвижных стен и гибкого расположения сидячих мест. Современные технологии позволяют внедрять механизмы, позволяющие изменять конфигурацию пространства с минимальными усилиями и затратами.

Примеры успешного применения адаптивных решений можно увидеть в таких известных выставочных центрах, как Tokyo Big Sight в Японии, представлено на рисунке 1. Одной из ключевых инноваций Tokyo Big Sight является использование многоуровневых галерей и переходов, объединяющих различные части комплекса, представлено на рисунке 2. Это позволяет эффективно использовать пространство за счет вертикального развития и сокращает пути передвижения посетителей между павильонами. Кроме того, значительное внимание уделено использованию подземных пространств для размещения парковок и

технических помещений, что способствует оптимизации наземного пространства и улучшению логистики внутри комплекса. Гибкость планировки залов достигается за счет модульной структуры и возможности объединения отдельных залов в более крупные пространства. Это позволяет адаптировать помещения под мероприятия различного масштаба и формата, от небольших выставок до крупных международных конференций. Использование мобильных крыш и регулируемых перегородок предоставляет дополнительные возможности для трансформации пространства в соответствии с конкретными требованиями организаторов мероприятий.

Рисунок 1 – Общий вид на здание [1]

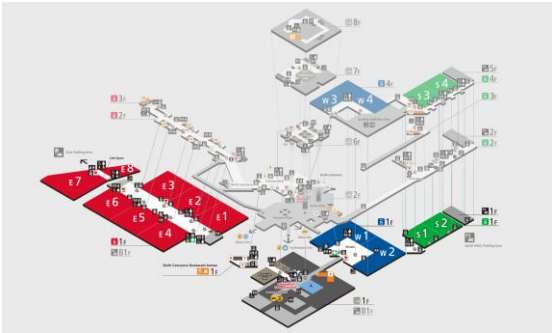


Рисунок 2 – Поэтажная схема с функциональным зонированием [1]

Влияние интерьерных и архитектурно-композиционных решений, на посетителей общественных центров.

Гибкость архитектурных решений существенно повышает комфорт посетителей выставочных центров. Удобство перемещения, зоны отдыха, качественная навигация и интуитивные маршруты определяют восприятие пространства и его функциональность. Современные проекты учитывают эти аспекты, создавая оптимизированные потоки движения, зоны для отдыха и общения, а также удобные входные группы.

Примером служит Центр исполнительских искусств Мацумото в Мацумото, префектура Нагано, Япония, завершенный в марте 2004 года по проекту Тойо Ито. Изначально Ито применял модернистский стиль, фокусируясь на легкости геометрии и минимализме через удаление лишних элементов. Позже он перешел к гибкой архитектуре, которая раскрывается при активном использовании посетителями. Этот подход обеспечивает адаптацию зданий к изменениям, продлевая их срок службы, соответствие назначению, учет опыта пользователей, внедрение инноваций и экологическую эффективность, сохраняя актуальность в условиях культурных и социальных изменений (см. рис. 3, рис. 4) [1].

Рисунок 3 – Общий вид на здание [2]

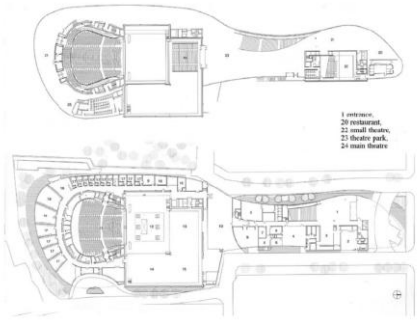


Рисунок 4 – Планировочные решение в здании [2]

Проект Центра исполнительских искусств в Мацумото был выбран единогласно за продуманную функциональность и учёт сложного участка. В здании размещены два театра (на 240 и 1800 мест), репетиционные залы, мастерские, студии и ресторан. Большой зал используется для оперных фестивалей, малый – для общественных мероприятий.

Сложная конфигурация участка и невозможность подземного строительства потребовали нетрадиционного подхода: главный театр расположен в центре, сцена – в глубине, а вход, малый зал и репетиционные помещения – спереди. Это обеспечило компактность, удобство и адаптацию под нужды пользователей.

Архитектура Центра отражает философию Ито – создавать гибкие пространства, которые раскрываются в процессе использования. Здание адаптируется к условиям участка и меняющимся сценариям, оставаясь актуальным и функциональным во времени [2].

Разработка дипломной работы на тему «Экспоцентр в городе Нижний Новгород

Анализ современных общественных зданий выявил, что гибкость пространства, удобная навигация и зоны отдыха повышают комфорт и долговечность архитектуры. Современный подход делает здания адаптивными, учитывая культурные и социальные изменения.

В дипломном проекте экспоцентра я реализовал концепцию гибкости, доступности и человеко-ориентированности. Пространства адаптируются под различные функции, обеспечивая логичные маршруты, зоны отдыха и трансформацию, что делает архитектуру активным элементом общественной жизни.

Архитектурный облик экспоцентра разработан с учетом гармонии с природной и градостроительной средой. Форма с мягкими переходами и обтекаемыми гранями, а также фасад в природных тонах (панели под камень и алюминиевые рейки теплых оттенков),

визуально интегрирует здание в пейзаж, формируя первое впечатление о Нижнем Новгороде при въезде в город.

Сложная многогранная форма с чередованием объемов подчеркивает мульти-функциональность экспоцентра. Его образ – открытый, но укорененный в контексте – отражает современный подход, сочетающий функциональность и эмоциональное восприятие (см. рис. 5).

Рисунок 5 – Визуализация (Источник: Составлено автором)

Интерьеры экспоцентра разработаны с учетом комфорта и эмоционального восприятия посетителей, что важно для многофункционального общественного здания. Используются естественное освещение, натуральные текстуры и сбалансированная цветовая палитра, гармонирующая с фасадом и назначением помещений [3].

3D-модель создана в архитектурном ПО, а текстурирование и визуализации обработаны нейросетевым инструментом, что обеспечило реалистичность и сохранность авторской концепции (см. рис. 6).

Рисунок 6 – Визуализация (Источник: Составлено автором)

Объёмно-планировочная структура экспоцентра продумана с учётом логистики потоков и архитектурной выразительности. Здание имеет сложную конфигурацию, составленную из четырёх объёмов, объединённых в единую композицию. Каждый из них выполняет свою функциональную роль, обеспечивая универсальность использования комплекса[3].

Планировочная схема здания выстроена на модуле 9×9 м, что обеспечивает гибкость внутренней организации и оптимальное распределение колонн. Внутреннее зонирование предусматривает разделение потоков посетителей, персонала и технического обслуживания, а также наличие буфетных и санитарных зон, включая помещения для МГН, представлено на рис.7, рис. 8 [4, 5].

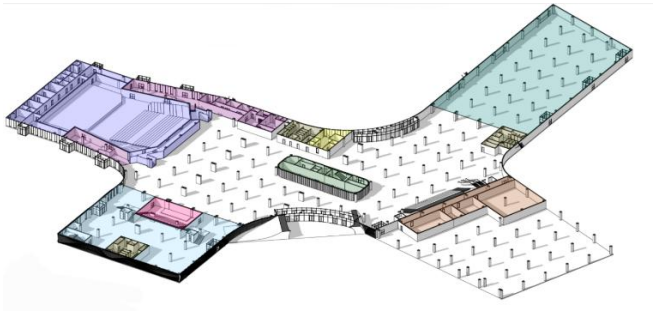


Рисунок 7 – «Взрыв схема» (Источник: Составлено автором)

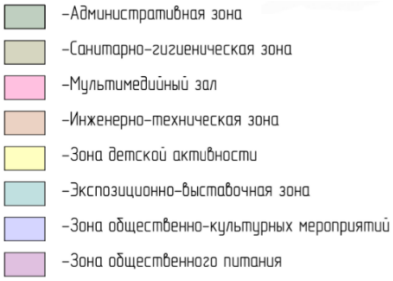


Рисунок 8 – Экспликация (Источник: Составлено автором)

Пространства между корпусами формируют внутренние проходы и галереи, обеспечивающие логичное и интуитивное перемещение посетителей. Здание решено в один этаж, за исключением двух объёмов с антресолями, что подчёркивает горизонтальный характер застройки и делает его доступным для всех категорий населения.

Заключение

Проектирование экспоцентра сочетает функциональность, гибкость и выразительность, опираясь на принципы адаптивной архитектуры. Реализованные открытые пространства и естественное освещение позволяют зданию адаптироваться к различным мероприятиям, усиливая его социальную роль.

Список использованных источников

1. Tokyo Big Sight : [сайт]. – Электрон. дан. – Токио : Tokyo Big Sight Inc., 2023. – URL : *https://www.bigsight.jp/english/* – Дата обращения : 19.06.2025.

2. Matsumoto Performing Arts Center : [сайт]. – Электрон. дан. – [США] : Architect Magazine, 2023. – URL : *https://www.architectmagazine.com/project-gallery/matsumoto-peforming-arts-center-1609* – Дата обращения: 19.06.2025.

3. Гельфонд А.Л. Архитектурное проектирование общественных зданий: учебник / А.Л. Гельфонд. – М. : ИНФРА-М, 2016. – 368 с.

4. СП 118.13330.2022. Свод правил. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 19.05.2022 N 389/пр)

5. СП 59.13330.2020 Доступность зданий и сооружений для мало мобильных групп населения. М.: Минрегион России, 2011. (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 30.12.2020 N 904/пр)

УДК 72.092

Принцип архитектурной суперимпозиции и формальные приёмы его реализации

Набиев Р.Н., студент

Ответственный за переписку: rnab1977@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается принцип архитектурной суперимпозиции как способ формирования диалога между новым и существующим в условиях сложного контекста. Суперимпозиция трактуется как процесс наложения архитектурных слоёв, в котором новое не замещает, а интерпретирует и переосмысливает уже существующую застройку. Целью исследования является выявление и подтверждение формальных приёмов реализации принципа суперимпозиции в реальных архитектурных объектах. В работе анализируются реализованные и концептуальные проекты в России и за рубежом с точки зрения применения приёмов блокировки, наложения, вложения, охватывания и группировки как способов объединения архитектурных форм. Методология основана на сравнительном морфологическом и композиционно-пространственном анализе архитектурных объектов, выполненных в историческом и индустриальном контексте. Каждый пример рассматривается с позиций проявления суперимпозиции на уровнях формы, смысла и городской среды.В результате исследования показано, что данные приёмы являются универсальными инструментами архитектурной суперимпозиции, широко применяемыми в современной практике. Полученные выводы подтверждают актуальность принципа суперимпозиции как эффективного метода проектирования в условиях взаимодействия различных временных и пространственных слоёв.

Ключевые слова: архитектурная суперимпозиция, контекстное проектирование, приёмы объединения, блокировка, наложение, вложение, охватывание, группировка, формообразование

Основные приемы суперимозиции

В архитектурной суперимпозиции используются несколько формальных приёмов объединения объёмов, каждый из которых обеспечивает особый способ взаимодействия нового и существующего.

Блокировка предполагает жёсткое соприкосновение отдельных архитектурных объёмов без их слияния. При этом новое и существующее соседствуют, подчёркивая различие форм, создавая диалог через контраст – например, два объёма разного масштаба соединяются «стыком», где граница сохранена [1].

Наложение заключается в пересечении или «накрывании» одного объёма другим. В данном случае создаётся визуальное и пространственное ощущение временных слоёв; новое как бы наслаивается на старое – например, современный объём частично пересекает исторический фасад, сохраняя видимость обоих.

Вложение реализуется, когда новый объём помещается внутрь существующего, используя его контур или пространство. Сохранённая архитектура выступает рамкой для нового, обеспечивая внутренний диалог через сохранённое ядро – например, современная

конструкция располагается внутри старого промышленного здания без разрушения внешних стен.

Охватывание предполагает, что новый объём частично или полностью «обнимает» существующий. Старое остаётся видимым, но новое формирует «оболочку» или сцену, акцентируя взаимодействие ядра и оболочки – например, современный стеклянный объём обрамляет исторический памятник [1].

Наконец, группировка (группировка) означает объединение нескольких объёмов в единую композиционную систему без прямого вторжения в существующие структуры. В этом случае новое взаимодействует с существующим через ансамбль, не разрушая его – например, новый корпус музея выстраивается рядом с историческим зданием, создавая единый комплекс.

Использование приемов в реальной архитектуре

В рамках анализа архитектурной суперимпозиции рассмотрим 3 приема.

Одним из формальных приёмов является блокировка (blocking), которая предполагает жёсткое соприкосновение отдельных архитектурных объёмов без их слияния. При этом новое и существующее соседствуют, подчёркивая различие форм и создавая визуальный диалог через контраст. Данный приём позволяет сохранять исторические границы и уникальные черты исходного здания, одновременно добавляя современный пласт, не размывая его идентичность [2]. В качестве примеров можно привести Пакгаузы на Стрелке в Нижнем Новгороде (2022, SPEECH Architectural Bureau) и In de Stad в Бельгии (Мехелен, dmvA Architecten) изображенные на рис.1 и рис.2 соответственно. В первом случае современные архитектурные решения гармонично соприкасаются с историческим промышленным контекстом Стрелки, подчёркивая масштаб и материал контрастного слоя. Во втором примере новые элементы ансамбля организованы таким образом, что сохраняют визуальную целостность исторических структур, не нарушая их объёмно-пространственной композиции [3].

Рисунок 1 – Пакгаузы на Стрелке, Нижний Новгород

Рисунок 2 – In de Stad, Мехелен

Другим примером архитектурной суперимпозиции является наложение (overlapping), при котором один архитектурный элемент частично или полностью перекрывает другой, создавая визуальное и пространственное ощущение временных слоёв. Этот приём позволяет новому объёму взаимодействовать с существующим, не разрушая его идентичность, а создавая диалог через пересечение форм и пространств [2]. В качестве примеров можно привести Port House в Антверпене, Бельгия (2016, Zaha Hadid Architects) рис.3, где современный стеклянный объём буквально перекрывает исторический портовый склад, формируя эффект наслаивания и подчёркивая контраст между старым и новым. Ещё одним примером служит концепция общественно-делового кампуса на крыше корпуса Б Севкабель Порт в Санкт-Петербурге (2019, DNK ag) рис. 4 , где лёгкая надстройка в виде дугообразных «катушек» размещена на крыше советского корпуса. В этом случае новое сооружение аккуратно «садится» на существующий каркас, создавая эффект наложения, при котором старый объём остаётся визуально читаемым, а новое пространство функционально интегрировано [3].

Рисунок 3 – Port House, Антверпен

Рисунок 4 – Планировочные решение корпуса Б Севкабель Порт, Санкт-Петербург

Далее стоит выделить вложение (insertion), при котором новые объёмы или функции интегрируются внутрь существующих сооружений, сохраняя их историческую или структурную идентичность. Этот приём позволяет создавать диалог между старым и новым на уровне внутреннего пространства, не вмешиваясь в наружные границы здания и при этом формируя новые функциональные и визуальные качества. Примерами такого подхода служат ГЭС-2 в Москве, Россия (реконструкция 2021, Renzo Piano Building Workshop) рис. 5, где культурный центр и арт-пространства встроены в объём бывшей электростанции, сохраняя её промышленный характер; Tate Modern в Лондоне, Великобритания (Herzog & de Meuron) рис. 6, где современные галереи и атриумы аккуратно размещены внутри бывшей электростанции, создавая новые маршруты и виды для посетителей; а также The Silo в Копенгагене рис. 7, где музейные функции интегрированы внутрь старых зерновых силосов, сохранив цилиндрическую форму конструкций и одновременно преобразовав их в современное общественное пространство [4].

Рисунок 5 – ГЭС-2, Москва

Рисунок 6 – Tate Modern, Лондон

Рисунок 7 – The Silo, Копенгаген

Заключение

Следует отметить, что рассмотренные в статье объекты демонстрируют разнообразие формальных приёмов реализации принципа архитектурной суперимпозиции – блокировку, наложение, вложение, охватывание и группировку. Анализ показывает, что каждый из этих методов позволяет создавать диалог между новым и существующим, сохраняя идентичность исторического или индустриального объекта, одновременно формируя современное пространство с новыми функциями [5].

Примеры, включённые в исследование, были взяты из реферата, подготовленного по теме магистерской диссертации, в котором изучались сходства и различия российской и зарубежной

архитектуры при применении метода суперимпозиции. Сравнительный анализ показывает, что независимо от географического контекста и исторической эпохи, приёмы суперимпозиции служат универсальными инструментами для интеграции нового в существующую архитектурную среду.

Таким образом, систематизация и классификация этих приёмов не только позволяет выявить характерные закономерности их применения, но и служит практическим руководством для проектирования современных объектов в условиях сложного контекста, где необходимо учитывать взаимодействие различных временных и пространственных слоёв.

Список использованных источников

1. Бакшутова Д. В. Архитектурное воплощение феномена памяти в новейшее время: дис. канд. архит. – Нижний Новгород, 2022. – 257 с.

2. Tschumi B. Event-Cities. – Cambridge: MIT Press, 1994. – 640 p.

3. Буш П. Д. Интеграция руинированных объектов исторического наследия в современный архитектурный контекст: дис. канд. архит. – М.: МАРХИ, 2017. – 257 с.

4. Миндиашвили М. З. Пространственные схемы как инструмент профессиональной коммуникации в архитектуре XXI века: дис. … канд. арх. / М. З. Миндиашвили; науч. рук. О. И. Явейн. – Москва, 2022. – 209 с.

5. Шеин, В. В. Обзор существующих подходов к архитектурной реконструкции промышленных зданий / В. В. Шеин // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 4(47). – С. 192. *https://elibrary.ru/yuqmel*

УДК 721.05

Организация пространств для собак с учетом их потребностей

*Полуляхова А.С. *, студент*

* Ответственный за переписку: alinaostrovskayaa16@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена формированию архитектурной среды для содержания собак с учетом их поведенческих, физиологических и сенсорных особенностей. Рассматривается влияние планировочной организации на психоэмоциональное состояние животных, уровень стресса и способность к адаптации в условиях приютов и ветеринарных учреждений. Описываются принципы пространственного зонирования, включающие выделение зон отдыха, кормления, перемещения и активности, а также необходимость связи внутренних помещений с открытыми площадками выгула. Приводятся нормативные требования к площади содержания и подчеркивается их условный характер при длительном пребывании животных. Проанализированы примеры современных зарубежных объектов, демонстрирующих эффективные подходы к снижению стресса и повышению благополучия животных через архитектуру и инженерные решения. Выявлены ключевые принципы проектирования, направленные на создание комфортной, безопасной и адаптивной среды для содержания и реабилитации собак.

Ключевые слова: содержание собак, планировочная организация, зонирование, комфортная среда, архитектура.

Научный руководитель – заведующий кафедрой архитектурного проектирования, главный архитектор Архитектурной мастерской ННГАСУ, доктор архитектуры, профессор, академик РААСН Гельфонд Анна Лазаревна.

Планировочная организация пространств для собак определяется их поведенческой этологией, сенсорными особенностями и физиологическими параметрами. Архитектурные решения, игнорирующие эти факторы, провоцируют стресс, агрессию и снижение адаптивности животных.

Собака демонстрирует сложную пространственную организацию поведения. Для комфорта ей необходимы перемещение, исследование и контроль окружающей среды. Пространство для содержания собак организуется на нескольких уровнях [1]. Каждый из уровней соответствует отдельному поведенческому сценарию. Индивидуальная зона используется для отдыха и изоляции. Она должна обеспечивать укрытие и минимальный уровень внешних раздражителей. Полуоткрытая зона формирует пространство перемещения внутри блока и поддерживает базовую двигательную активность. Открытые площадки предназначены для выгула и интенсивной нагрузки.

Внутренние помещения – боксы, палаты, индивидуальные комнаты – формируют основную среду пребывания в приютах, ветклиниках и других различных центрах для животных. В отличие от уличных вольеров, они работают в условиях контролируемого микроклимата и высокой плотности размещения. Это требует учета санитарных параметров (вентиляция, удаление запахов, дезинфекция), эргономики (размеры, покрытия, доступ к воде) и также поведенческих факторов (визуальные контакты, акустика, возможность укрытия).

Согласно действующим требованиям к содержанию животных, внутренние помещения должны обеспечивать безопасное размещение, возможность отдыха, а также минимальную двигательную активность в пределах индивидуального пространства. При этом площадь помещения напрямую зависит от размеров собаки и режима её содержания (кратковременное пребывание, лечение, длительное размещение). Основной регламентирующий документ, который регулирует нормы содержания животных – это СП 492.1325800.2020 «Приюты для животных. Правила проектирования».

Минимальная площадь индивидуального бокса, как правило, составляет:

– для мелких собак (менее 10 кг и до 16 кг) – не менее 0,6 – 1,1 м²;

– для средних (16 – 22,5 кг) – порядка 1,8 м²;

– для крупных (от 22,5 кг) – от 2,5 м² и более.

Однако данные значения следует рассматривать как нижнюю границу. В условиях длительного содержания или реабилитации площадь должна увеличиваться, чтобы обеспечить возможность свободного перемещения, смены положения тела и выполнения базовых поведенческих действий.

Планировочная структура помещения обычно строится по принципу функционального деления на несколько зон внутри одного объёма. Даже в пределах небольшого бокса рекомендуется предусматривать:

– зону отдыха, размещённую в наиболее защищённой части помещения;

– зону кормления, удалённую от места отдыха;

– свободную зону перемещения;

– при необходимости – санитарную зону (в карантинных и лечебных блоках).

Такое внутреннее зонирование способствует формированию у животного устойчивых поведенческих моделей и снижает уровень стресса.

Материалы внутренней отделки регламентируются требованиями санитарной безопасности. Поверхности стен и пола должны быть влагостойкими, износостойкими, легко очищаемыми и устойчивыми к дезинфекции. При этом важно исключить травмоопасные элементы, острые углы и скользкие покрытия.

Существенным параметром является микроклимат. Внутренние помещения должны обеспечивать стабильный температурный режим, по СП 492.1325800, в пределах +15…+22 °С, а также достаточный воздухообмен без образования сквозняков. Поддержание оптимальной влажности и чистоты воздуха имеет ключевое значение для профилактики заболеваний и общего состояния животных [2].

Планировочно важным элементом является связь внутреннего помещения с внешней средой. Помещения для содержания собак должны быть организованы таким образом, чтобы обеспечивать удобный доступ к зонам выгула на открытом воздухе [3]. Исследования подтверждают влияние физической активности и смены среды на поведение. В работе, опубликованной в Journal of Veterinary Behavior, показано, что даже базовое обогащение среды (например, регулярные прогулки) используется как стандартный инструмент снижения стресса у собак в приютах [4].

Пространства активности дополняются элементами кинологической инфраструктуры. Это могут быть барьеры, тоннели, а также зоны, стимулирующие обонятельное поведение и поиск. Включение запаховых стимулов и поисковых задач увеличивает исследовательскую активность собак и снижает частоту стрессовых реакций [4]. В реабилитационных сценариях структура маршрутов меняется. Используются протяженные, предсказуемые траектории с ограниченным числом сенсорных раздражителей. Снижение визуальной и акустической нагрузки связано с более стабильным поведением и уменьшением признаков возбуждения.

Одним из хороших примеров грамотной организации пространства является приют Ciudad de Perros в Гранаде, Испания. Приют спроектирован бюро Serrano + Baquero. Концепция комплекса основана на идее «города для собак». Комплекс организован по

модульному принципу. Каждый модуль включает внутреннее помещение и примыкающую к нему индивидуальную открытую площадку. Базовый элемент – отдельный блок, включающий закрытое помещение площадью около 3–4 м². К нему примыкает открытый двор. Модули сгруппированы в регулярную сетку. Отсутствуют линейные коридоры с клетками. Вместо этого используется система взаимосвязанных дворов и маршрутов. Каждый блок имеет прямой выход наружу без промежуточных пространств. Это сокращает время перемещения животных и исключает пересечение потоков. По данным описания проекта, такое решение уменьшает акустическую нагрузку. Так лай не распространяется по длинным замкнутым коридорам, а рассеивается в открытых пространствах. Важным элементом является масштаб. Объемы невысокие и соразмерные животному. Это создает ощущение защищенности.

Иной подход реализован в комплексе Pako Street Animal Social Life Campus в Измире, Турция. Проект разработан бюро Mert Uslu Architecture. Объект функционирует как приют и общественное пространство для посетителей. Планировочная схема организована вокруг центральной открытой площади, используемой для взаимодействия людей и животных. Блоки содержания собак разделены на группы в зависимости от возраста, состояния здоровья и поведенческих характеристик. Каждый жилой блок оборудован просторным помещением, системой естественной вентиляции, солнечным освещением и автоматической системой полива. Маршруты движения посетителей и персонала по территории отделены от зон содержания. Для взаимодействия предусмотрены отдельные пространства. Организация специальных пространств используется для социализации животных перед передачей в семьи.

Важным примером комплексного подхода к инженерной и планировочной организации является Murfin Animal Care Campus в городе Вичита, США. Планировочные и инженерные решения направлены на контроль акустики, освещения и изоляции помещений содержания. Помещения разделены на отдельные комнаты с ограниченным количеством животных. Перегородки между ними обеспечивают звукоизоляцию. В том числе за счет заполнения стен песком. Визуальные контакты между собаками ограничены, что снижает реактивное поведение. Освещение организовано через сочетание естественного и искусственного света. В помещениях используются световые люки, обеспечивающие поступление дневного света и ориентацию животных во времени суток. Для снижения стресса применяются источники света с высокой частотой мерцания, которые уменьшают воспринимаемое собакой мерцание. В проекте очень большую роль для комфорта животных играют именно инженерные решения.

Сравнивая рассмотренные проекты, можно выявить общие архитектурные принципы:

– связь внутреннего помещения для содержания собак с индивидуальной или групповой открытой площадкой;

– распределение общей структуры помещений для собак на автономные блоки. Это позволяет регулировать социальные контакты между животными;

– среда должна быть не подавляющей, а соразмерной и понятной животному.

Планировочная организация пространств для собак опирается на разделение функций внутри среды: отдых, перемещение и активность. Нормативные площади (СП 492.1325800.2020) задают минимальные значения, но при длительном содержании и реабилитации требуется увеличение пространства для возможности смены поз и свободного перемещения [5]. Также важными параметрами выступают вентиляция, акустическая изоляция, освещение и материалы. При этом материалы должны обеспечивать санитарную обработку и отсутствие травмоопасных поверхностей.

Список использованных источников

1. Кудинова Л. Е. Архитектурные методы формирования приютов и комплексов социальных центров для животных // Бизнес и дизайн ревю. – 2024. – № 2(34). – С. 111–128.

2. Рунге В. Ф., Манусевич Ю. П. Эргономика в дизайне среды. – М.: Архитектура-С, 2016. – 328 с.

3. Agbonome P. C., Ezennia I. S., Onwuchekwa S. N. How Architectural Designs Affect the Comfort and Health of Animals and Cattle Productivity // Department of Architecture, Nnamdi Azikiwe University. – 2012. – URL: *https://www.researchgate.net/publication/305775034_HOW_ARCHITECTURAL_DESIGNS_AFFECT_THE_COMFORT_AND_HEALTH_OF_ANIMALS_AND_CATTLE_PRODUCTIVITY* (дата обращения: 04.02.2026). – Текст: электронный.

4. Perry P. J., Scarlett J. M., Houpt K. A., Erb H. N. A comparison of four environmental enrichments on adoptability of shelter dogs // Journal of Veterinary Behavior. – 2020. – Vol. 35. – P. 1–7. – ISSN 1558-7878. – DOI: *https://doi.org/10.1016/j.jveb.2019.07.002*

5. Анисимов А. П. О некоторых философских и правовых аргументах в пользу новой концепции прав животных // NOMOTHETIKA: Философия. Социология. Право. – 2016. – № 3 (224). – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/o-nekotoryh-filosofskih-i-pravovyh-argumentah-v-polzu-novoy-kontseptsii-prav-zhivotnyh*

УДК 725.8

Особенности проектирования театрального центра «Вишнёвый сад» в городе Москва

*Пономарев П.В. *, студент; Агеева Е.Ю., профессор, д-р филос. наук, доцент; Калина О.В., преподаватель*

* Ответственный за переписку: ponomarevssp@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье анализируются особенности проектирования и реализации Театрального центра «Вишнёвый сад» в Москве, открытого в 2018 году. Рассматриваются архитектурные и инженерные решения, обеспечивающие гармоничное сочетание современных технологий и традиционных театральных традиций. Особое внимание уделено организации внутреннего пространства, акустическому дизайну, системе климат-контроля, а также вопросам доступности для различных категорий посетителей. На примере данного объекта демонстрируются современные подходы к созданию многофункциональных культурных учреждений, способных эффективно функционировать и быть центром притяжения для широкой аудитории. В работе выявлены ключевые факторы успешной интеграции театрального центра в городскую среду, включая использование натуральных материалов, инновационные инженерные системы и создание комфортной среды для зрителей и артистов.

Ключевые слова: театральный центр, особенности проектирования театров, современные технологии, акустический дизайн, доступность, энергоэффективность, инновационные инженерные решения, интеграция в городскую среду, многофункциональные культурные учреждения, организация внутреннего пространства, комфорт зрителей.

Научный руководитель – профессор кафедры архитектуры ННГАСУ, доктор философских наук, доцент Агеева Елена Юрьевна.

Современные тенденции развития театральной архитектуры характеризуются поиском новых моделей многофункциональных культурных пространств, что находит отражение в работах ряда исследователей [1-5]. Актуальным примером многофункционального театрального здания является театральный центр «Вишнёвый сад» в городе Москва. Театральный центр «Вишнёвый сад» является ярким примером современного подхода к созданию культурных учреждений, гармонично объединяющих эстетику архитектуры и функциональность пространственных решений. Расположенный в центре Москвы, театр открылся в 2018 году и быстро завоевал популярность среди жителей и гостей столицы благодаря своей уникальной концепции и инновационным подходам к организации внутреннего пространства (рис.1).

Цель исследования – выявить и систематизировать архитектурно–планировочные, инженерные и функциональные особенности проектирования современного театрального центра на примере Театрального центра «Вишнёвый сад» в Москве, а также определить ключевые факторы, обеспечивающие его успешную интеграцию в городскую среду и высокую эксплуатационную эффективность.

Проектирование театрального центра осуществлялось ведущими архитекторами современности, поставившими перед собой цель создать гармоничное сочетание современных технологий и традиционных театральных традиций. Основным элементом дизайна стала оригинальная форма здания, отражающая идею взаимодействия природы и цивилизации.

Рисунок 1 – Театральный центр «Вишнёвый сад» в городе Москва

Внешняя оболочка выполнена из светопрозрачных материалов, позволяющих создавать эффект прозрачности и визуального расширения пространства. Особое внимание уделялось внутренней отделке помещений, использовавшейся натуральная древесина дуба, создающая тёплую и уютную атмосферу, особенно контрастирующую с холодностью внешнего облика сооружения.

Фасады здания украшают крупные витражи, пропускающие дневной свет внутрь помещений, обеспечивая комфортные условия для пребывания зрителей и артистов (рис.2). Форма крыши повторяет контуры окружающих зданий, подчеркивая единение нового строения с исторической застройкой района.

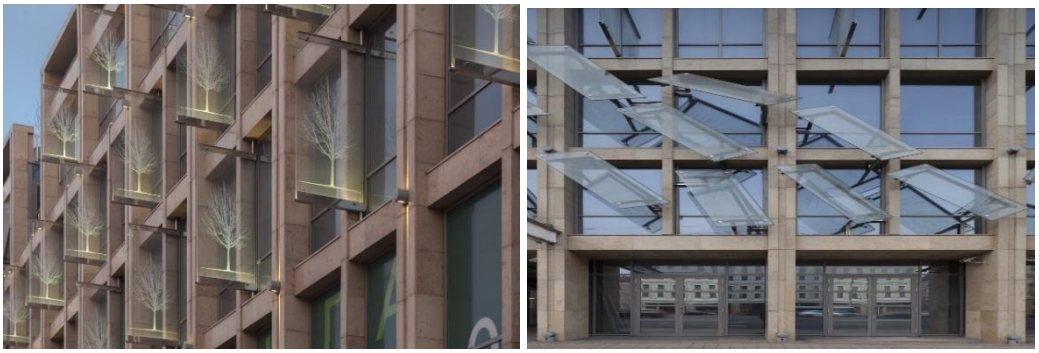


Рисунок 2 – фрагмент фасада театрального центра «Вишнёвый сад» в городе Москва

Основной зрительный зал рассчитан на 400 посадочных мест, оборудован современными технологиями отображения изображений и качественным звуком. Зал имеет конфигурацию амфитеатра, что позволяет зрителям находиться близко к сцене независимо от выбранного ряда (рис.3). Для тех, кому важна особая атмосфера интимности, предусмотрена небольшая сцена на 80 зрителей, расположенная отдельно от главного зала. Малая сцена используется для камерных спектаклей, презентаций новых проектов и образовательных мероприятий.

Рисунок 3 – интерьер зрительного зала театрального центра «Вишнёвый сад» в городе Москва

Кроме того, важным элементом являются просторные фойе, предназначенные для отдыха и общения публики до начала спектакля и в антрактах. Эти пространства оборудованы специальными интерактивными экранами, где зрители могут ознакомиться с информацией о текущих событиях и ближайших премьерах (рис.4).

Рисунок 4 – фойе театрального центра «Вишнёвый сад» в городе Москва

При разработке проекта особое внимание уделили вопросам доступности и безопасности (рис.5). Все помещения соответствуют строгим нормам противопожарной защиты, оборудованы эвакуационными выходами и системами пожаротушения. Для инвалидов созданы специальные подъезды и удобные маршруты передвижения, лифтовые шахты адаптированы для перемещения колясочников.

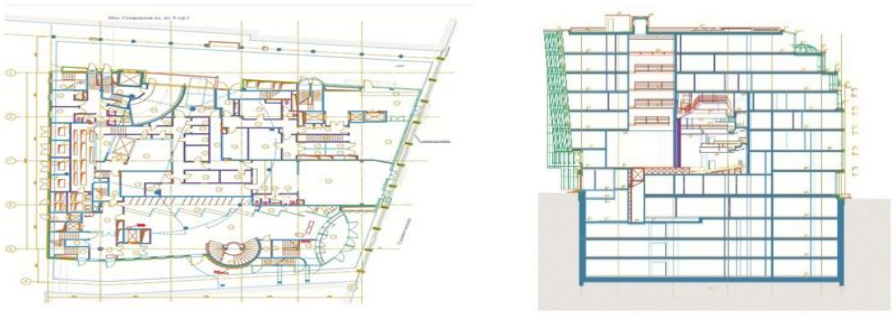


Рисунок 5 – планировка 1 этажа и разрез театрального центра «Вишнёвый сад» в городе Москва

Также обеспечиваются возможности парковки автомобилей и доступ общественного транспорта непосредственно ко входу в театр, что существенно повышает удобство посещения заведения жителями и гостями столицы.

Основные характеристики интерьера:

– использование натуральных материалов отделки;

– продуманная эргономика сценического пространства;

– наличие прозрачных стеклянных перегородок для улучшения видимости;

– специальная система вентиляции и климат-контроля.

Одним из ключевых аспектов проекта стало внедрение инновационных инженерных решений, направленных на повышение комфорта и эффективности эксплуатации здания.

Особый интерес представляют:

– Система управления микроклиматом: автоматическое регулирование температуры и влажности в зависимости от количества присутствующих людей и погодных условий снаружи;

– Осветительное оборудование: светодиодные лампы последнего поколения обеспечивают высокую энергоэффективность и позволяют менять освещение в течение спектакля;

– Акустический дизайн: тщательная разработка плана расположения кресел и звуковых панелей способствует равномерному распределению звукового сигнала и исключению эффекта эха.

Благодаря таким техническим новшествам, Театр «Вишнёвый сад» способен проводить любые мероприятия высокого класса, включая оперные постановки, балетные представления и симфонические концерты.

Таким образом, проектирование Театрального центра «Вишнёвый сад» демонстрирует успешное совмещение новейших технологических достижений и традиционных подходов к строительству общественных сооружений. Созданный коллективом талантливых архитекторов и инженеров, театр является воплощением идеальной гармонии форм и функций, ставшим настоящим украшением московского городского ландшафта и важным центром притяжения творческой интеллигенции и широкой аудитории.

Список использованных источников

1. Колесникова, Т. Н. Анализ архитектуры современных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов и тенденции их развития / Т. Н. Колесникова, П. Э. Кузнецов // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, № 3. – С. 346-357. – DOI 10.22227/1997-0935.2023.3.346-357.

2. Гаврилова, М. М. Проблемы формирования архитектуры театрально-зрелищных зданий и комплексов нового поколения / М. М. Гаврилова // Academia. Архитектура и строительство. – 2025. – № 1. – С. 44-51. – DOI 10.22337/2077-9038-2025-1-44-51.

3. Маренков, К. А. Новейшие тенденции формирования архитектуры зрелищных комплексов с развитой функциональной структурой / К. А. Маренков, Е. К. Костикова // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2024. – № 2(166). – С. 125-129.

4. Анисимов, А. В. Новые театральные здания Москвы, XXI век (о спрятанных театрах) / А. В. Анисимов // Academia. Архитектура и строительство. – 2018. – № 3. – С. 55-65. – DOI 10.22337/2077-9038-2018-3-55-65.

5. Пономарев, П. В. Особенности покрытия театральных залов балками и фермами / П. В. Пономарев, Е. Ю. Агеева, О. В. Калина // II Всероссийская конференция Нижегородского фестиваля науки с международным участием : Сборник тезисов докладов, Нижний Новгород, 22–24 октября 2025 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 177-178.

УДК 725.8

Многозальные театрально-зрелищные комплексы: особенности проектирования

*Пономарев П.В. *, студент; Агеева Е.Ю., профессор, д-р филос. наук, доцент; Калина О.В., преподаватель*

* Ответственный за переписку: ponomarevssp@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается актуальность создания многозальных театрально-зрелищных комплексов в условиях современной культуры, требующей разнообразия форматов и жанров мероприятий. Анализируются недостатки универсальных залов и преимущества комплексов с двумя-тремя залами, позволяющих гибко реагировать на запросы аудитории и организаторов. Приводятся типовые схемы планировки, примеры реализованных проектов в России и за рубежом, а также особенности организации внутреннего пространства, обеспечивающие комфорт зрителей и эффективное использование площадей.

Ключевые слова: многозальные комплексы, театрально-зрелищные учреждения, организация зрительских потоков, современные концертные залы, многофункциональные залы, Ярославский «Миллениум», концертный зал «Зарядье».

Научный руководитель – профессор кафедры архитектуры ННГАСУ, доктор философских наук, кандидат культурологии, доцент Агеева Елена Юрьевна.

Современная культура требует многообразия форматов и жанров выступлений, и создание крупных театрально-зрелищных учреждений с одним многофункциональным залом не всегда является оптимальным решением. Поэтому актуальными становятся многозальные театральные комплексы. Дело в том, что единый универсальный зал не способен одинаково эффективно поддерживать проведение разнородных мероприятий, будь то концерты классической музыки, драматические постановки или танцевальные шоу. Применение сложной механизации для изменения конфигурации пространства обходится дорого и снижает экономическую эффективность проекта. Целью данной статьи является анализ существующих схем и опыт проектирования многозальных комплексов в России и за рубежом.

Практика показывает целесообразность строительства театрально-зрелищных комплексов с двумя-тремя залами различного размера и предназначения. Такая концепция позволяет наиболее гибко реагировать на потребности аудитории и организаторов мероприятий, достигая значительных экономических преимуществ за счет эффективного использования общих площадей административного, технического и хозяйственного назначения [1-3].

Типичные схемы планирования многозальных комплексов предлагают следующие комбинации залов:

– Большой концертный зал и малый концертный зал: такая комбинация оптимальна для организации масштабных концертов и небольших камерных выступлений;

– Большой концертный зал, маленький концертный зал и театральный зал: эта схема обеспечивает разнообразие возможностей для постановок, варьируя масштабы и тематику мероприятий;

– Основной театральный зал и малый театральный зал: этот вариант удобен для реализации драматического репертуара с возможностью демонстрации экспериментальных проектов в небольшом пространстве;

– Универсальный театрально-концертный зал и маленький концертный зал: подобное сочетание расширяет возможности комплексного использования помещений, включая небольшие музыкальные вечера и лекции.

Рассмотрим архитектурно-планировочные особенности многозальных театрально-зрелищных комплексов. При разработке архитектурно-пространственных решений важное значение приобретает организация движения зрителя внутри комплекса. Возможность раздельных входов и самостоятельных зрительских зон повышает комфорт гостей и предотвращает путаницу при проведении параллельных мероприятий. Тем не менее, возможна реализация концепции общего центрального холла, объединённого с отдельными зонами отдыха и буфетами, обеспечивающего эффективную циркуляцию потока зрителей.

Проектирование предполагает разделение уровней размещения залов для снижения уровня шума и улучшения условий восприятия зрелища. Подходы к дизайну внутренних помещений предусматривают максимальное удобство в обслуживании сцены и её взаимосвязь с техническими службами, такими как складские помещения, аппаратные комнаты и рабочие места персонала.

Ярким примером современных многозальных комплексов служит здание театра в Миннеаполисе (США), введённое в эксплуатацию в 2006 году, включающее три зала общей вместимостью более 2 тысяч зрителей.

Аналогичный подход использован и в российском городе Ярославль, где в 2009 году открыт крупный Концертно-зрелищный центр с основным и малым залами, рассчитанными на 1500 и 400 мест соответственно [4]. Важную роль в успешности таких объектов играет использование центральных общественных пространств, привлекающих жителей города для проведения культурных мероприятий (рис.1,2,3).

Рисунок 1 – Концертно-зрелищный центр «Миллениум» в городе Ярославль

Рисунок 2 – Большой и малый зал центра «Миллениум» в городе Ярославль

Рисунок 3 – Фойе центра «Миллениум» в городе Ярославль

Одним из выдающихся примеров современной архитектуры и технической оснащённости стал московский Концертный зал «Зарядье», торжественно открывшийся в 2019 году [5]. Комплекс включает основной многожанровый концертный зал и камерный зал, отличаясь высочайшими стандартами инженерии и дизайна интерьера. Интерьер главного зала поражает своей оригинальностью и динамичной формой линий, сочетающихся с современными материалами отделки и необычным внешним обликом, гармонично вписанным в окружение знаменитого парка «Зарядье» (рис.4,5).

Рисунок 4 – Московский концертный зал «Зарядье»

Рисунок 5 – Фойе Московского концертного зала «Зарядье»

Зал «Зарядье» оборудован инновационной системой преобразования пространства, позволяющей мгновенно превращать обычный зрительный зал в плоскую площадку для проведения альтернативных мероприятий. Уникальная сцена способна легко изменять свою конфигурацию, адаптируясь под самые разные виды представлений, а сложная механика оформления создаёт удивительную вариативность визуализации.

Таким образом, многозальные театрально-зрелищные комплексы имеют следующие особенности: они становятся культурными центрами городов, эстетически обогащают городской ландшафт, они способствуют развитию комфортной культурной среды и имеют сложное функциональное накопление, разнообразное конструктивное и архитектурное решение [6].

Список использованных источников

1. Ярошенко, Н. Н. Многофункциональные культурные центры в дискурсе современной российской культуры : Монография / Н. Н. Ярошенко, В. М. Чижиков ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ КУЛЬТУРЫ». – Москва : Московский государственный институт культуры, 2017. – 160 с.

2. Гаврилова, М. М. Проблемы формирования архитектуры театрально-зрелищных зданий и комплексов нового поколения / М. М. Гаврилова // Academia. Архитектура и строительство. – 2025. – № 1. – С. 44-51. – DOI 10.22337/2077-9038-2025-1-44-51.

3. Маренков, К. А. Новейшие тенденции формирования архитектуры зрелищных комплексов с развитой функциональной структурой / К. А. Маренков, Е. К. Костикова // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2024. – № 2(166). – С. 125-129.

4. Шатова, П. С. Регионализм в архитектуре на примере концертного зала «Миллениум» в Г. Ярославль / П. С. Шатова // StudNet. – 2021. – Т. 4, № 1. – С. 42.

5. Ильевская, М. М. Взаимосвязь архитектурных решений и принципов искусственного освещения в здании Московского концертного зала «Зарядье» / М. М. Ильевская // Светотехника. – 2019. – № 2. – С. 6-13.

6. Колесникова, Т. Н. Анализ архитектуры современных многофункциональных культурно-зрелищных комплексов и тенденции их развития / Т. Н. Колесникова, П. Э. Кузнецов // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, № 3. – С. 346-357. – DOI 10.22227/1997-0935.2023.3.346-357.

УДК 379.851

Инвестиционный потенциал объектов садово-паркового наследия и их роль в развитии туризма (на примере Воскресенского района Нижегородской области)

*Просвирина А.Ю. *, студент*

* Ответственный за переписку: aliana.prosvirina@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В работе представлена методика оценки инвестиционного потенциала объектов садово-паркового наследия (ОСПН), апробированная на примере Нижегородской области. Методика включает комплексный анализ историко-культурной ценности, транспортной доступности, текущего состояния объектов и их рекреационного потенциала. На её основе выделен Воскресенский район как один из ключевых в аспекте развития культурно-познавательного туризма. Предложено создание туристического маршрута по трём усадьбам в деревне Галибиха, селе Успенское, рабочем поселке Воскресенское, отражающим этапы развития усадебной архитектуры и быта XIX – начала XX века. Обоснована роль ОСПН как ключевого ресурса для формирования конкурентоспособного туристического продукта и стимулирования комплексного развития региональной инфраструктуры.

Ключевые слова: объекты садово-паркого наследия, сохранение наследия, инвестиционный потенциал, туристический маршрут.

Научный руководитель – доцент кафедры ландшафтной архитектуры ННГАСУ Качемцева Анна Александровна.

Внутренний туризм в последние годы приобретает особую значимость. В некоторых странах он является основной статьей национального дохода [1]. Рост интереса к направлению, сочетающему познавательную деятельность с путешествием по родной стране, создает благоприятные условия для активного использования объектов культурного наследия, в том числе объектов садово-паркового наследия (ОСПН). Туризм способствует просвещению, укреплению культурной идентичности, формированию уважения к истории и традициям разных народов России. Исследование ОСПН способствует развитию культурно-познавательного туризма и создает предпосылки для социально-экономического роста территории.

Среди регионов Приволжского федерального округа наиболее высокой долей от общего числа объектов культурного и природного наследи, выделяются республика Марий Эл, Нижегородская область, Пермский край, республики Татарстан и Башкортостан [2]. На территории четырех районов Нижегородской области – Ветлужского, Воскресенского, Варнавинского и Краснобаковского – формируется туристский кластер «Нижегородское Поветлужье», специализирующийся на экологическом туризме [3]. Особое место в этой структуре занимает Воскресенский район, обладающий значительным историко-культурным и природным потенциалом. Ключевым объектом притяжения здесь выступает озеро Светлояр, известное как «русская Атлантида» и связанное с легендой о граде Китеже [4].

Цель статьи: оценить возможности дальнейшего развития туризма в Воскресенском районе Нижегородской области с учетом ОСПН как ключевого ресурса, обладающего высоким потенциалом для привлечения туристов.

Методика оценки инвестиционного потенциала ревитализации ОСПН, в соответствии с которой было проведено исследование, использует матричный метод предоставления данных на основе сформированной комплексной системы критериев: критерии историко-культурной ценности, территориальные критерии, критерии физического состояния, критерии экономической целесообразности, критерии нормативно-правового регулирования, критерии ландшафтно-экологические, критерии эстетические. В отличии от уже существующих методик, предлагаемая позволяет всесторонне оценить привлекательность объектов для потенциальных инвесторов и принять обоснованные решения об инвестировании в их сохранение, реставрацию и приспособление к современному использованию [5].

Важно отметить, что в ходе проведения оценки ОСПН по Нижегородской области было выявлено, что среди 39 муниципальных районов Нижегородской области ОСПН, которые могли бы быть потенциально привлекательными для дальнейшей ревитализации, найдены лишь в 29, и только в 11 районах количество объектов превышает 3. Именно эти районы обладают наибольшим потенциалом для развития туризма за счёт перспективных ОСПН.

В результате апробации методики оценки инвестиционного потенциала ОСПН Нижегородской области было выявлено, что некоторые территории демонстрируют наивысшую концентрацию объектов с высоким инвестиционным потенциалом среди всех районов, на территории которых находятся ОСПН. Наличие рядом других интересных достопримечательностей позволяет создать комплексные туристические маршруты. Посетители, заинтересованные в конкретном историческом объекте, с высокой долей вероятности посетят соседние достопримечательные места схожей тематической направленности. Это позволит упростить процесс восстановления и дальнейшей окупаемости проектов, а также повысит узнаваемость региона.

Оценка инвестиционного потенциала ОСПН в Нижегородской области позволила выделить несколько районов, которые могут стать опорными точками развития культурно-познавательного туризма в регионе. Среди них значится Воскресенский район, что служит дополнительным подтверждением его ранее отмеченного высокого инвестиционного потенциала. На территории района находятся такие ОСПН, как парк и усадьба Левашевых в деревне Галибиха, парк и усадьба Беляева в рабочем посёлке Воскресенское и парк и усадьба А. Г. Казанцева в селе Успенское. Все объекты отличаются высокими оценками инвестиционного потенциала, что делает район особенно привлекательным для реализации туристических и инвестиционных проектов.

На рисунке 1 представлена схема туристического маршрута, проложенного через потенциально привлекательные усадьбы Воскресенского района, возведённые в различные периоды XIX – начала XX века. Экскурсия, построенная по хронологическому принципу, позволяет посетителям последовательно ознакомиться с объектами в соответствии со временем их создания. Архитектурное разнообразие усадеб позволяет проследить эволюцию стилей: от русского романтизма к позднему классицизму и далее – к модерну.

Помимо демонстрации эволюции архитектурных стилей, посещение трёх усадеб позволяет раскрыть особенности жизненного уклада различных социальных групп России XIX века. Владельцы этих имений принадлежали к разным сословиям: от дворян до купцов и зажиточных землевладельцев. Эти различия нашли отражение в организации пространства, хозяйственных практиках и культурных традициях.

Предлагаемый маршрут даёт возможность реконструировать бытовой уклад эпохи через конкретные проявления: домашние театральные постановки, традиции охоты и садоводства, музыкальные вечера.

Рисунок 1 – Схема туристического маршрута

Первым звеном маршрута является усадьба Левашовых в деревне Галибиха, основанная в 1830-х годах дворянской семьёй Левашовых. Представители этого рода были известны не только своим влиянием в регионе, но и увлечением ботаникой и сельским хозяйством. До наших дней сохранилась часть усадебного комплекса – главный деревянный дом с резными наличниками, несколько флигелей, а также фрагменты старинного парка с аллеями. Несмотря на частичную утрату хозяйственных построек, ансамбль даёт представление о традициях русского романтизма в усадебной архитектуре и быте дворянства первой половины XIX века.

В усадьбе Левашовых предлагается реализовать ряд мероприятий. В частности, целесообразно устранить последствия зимнего обрушения кровли одного из зданий и восстановить оранжерею и теплицы не только с ассортиментом растений, характерным для начала XIX века, но и экзотическими растениями, которые могли культивироваться в дворянских имениях того периода. Дополнительно на приусадебной территории под открытым небом будут проводиться постановки в духе домашних спектаклей, практиковавшихся в усадебной среде, с возможностью активного участия посетителей в театральных действах.

Вторым звеном станет усадьба Казанцева в селе Успенское, построенная во второй половине XIX века (1860–1870-х гг.) купцами Казанцевыми. Хозяева усадьбы занимались торговлей и земледелием, увлекались охотой. При этом в доме часто устраивались музыкальные вечера, на которые приглашали местных музыкантов. Архитектурный комплекс представлял собой двухэтажный каменный дом в стиле позднего классицизма, дополненный флигелем, конюшней и парком. На сегодняшний день здание частично сохранилось, парк и хозяйственные постройки дошли до нас лишь фрагментарно, однако все еще позволяют ощутить атмосферу усадебной жизни той эпохи.

В рамках посещения усадьбы Казанцева предлагается организовать тематическую охотничью прогулку. Маршрут позволит познакомить посетителей с охотничьими традициями XIX века. Участникам будут рассказывать об охотничьих обычаях и истории псарни, а также предложены различного рода задания на распознавание следов зверей. После активной части программы для туристических групп предусмотрен обед в русском стиле на свежем воздухе.

Завершается маршрут в усадьбе Беляевых в р. п. Воскресенское – месте, где особенно ярко раскрывается связь усадебной культуры с художественным наследием. Усадьба, построенная в 1905 году купцом Беляевым, славилась своей коллекцией живописи и декоративно-прикладного искусства. Здание, выполненное в стиле модерн с элементами русского деревянного зодчества, имеет на фасаде лепнину и арочные окна, а внутренние помещения частично сохранили первоначальную отделку. Именно здесь посетители получают возможность в полной мере познакомиться с художественным вкусом эпохи и оценить вклад частных коллекционеров в развитие региональной культуры.

Участникам тура будет предложена прогулка по выставке на территории парка усадьбы Беляевых. Экспозиция включает копии произведений искусства из исторической коллекции, а также информационные стенды с рассказом о местных художниках и их покровителях. После осмотра выставки гости приглашаются на мастер-класс по старинным танцам. При желании участники могут переодеться в дворянские наряды и изучить базовые элементы вальса, мазурки и кадрили.

Предложенный маршрут по усадьбам Воскресенского района позволяет комплексно раскрыть историко-культурный потенциал садово-паркового наследия через сочетание экскурсионного и интерактивного форматов туристической программы. Проходя маршрут в хронологической последовательности, туристы последовательно погружаются в разные этапы развития усадебной культуры XIX – начала XX века. Это позволяет наглядно изучить, как менялся быт и мировоззрение дворянства на протяжении эпохи.

Таким образом, в районе возможно создание прочного фундамента для формирования конкурентоспособного туризма Нижегородской области и актуализации уникального садово-паркового наследия. Изучение ОСПН в регионах позволяет открыть новые возможности для развития туристического потенциала, усилить роль ОСПН в социально-экономическом развитии районов и повысить интерес к локальному наследию.

В результате проведённое исследование демонстрирует существенный потенциал Воскресенского района в сфере территориального развития и туризма. Материалы статьи будут востребованы как муниципальными органами управления при формировании стратегий благоустройства и определении приоритетов сохранения историко-культурного наследия, так и частными инвесторами при планировании экономически обоснованных туристических проектов на базе ОСПН. Реализация проектов, учитывающих существующие социально-экономические условия, способна стать действенным механизмом раскрытия туристско-рекреационного потенциала территорий и стимулирования комплексного развития региональной инфраструктуры.

Список использованных источников

1. Азизова-Полуэктова А. Н. Системные принципы формирования регионального туристско-рекреационной среды : специальность 05.23.20 «Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия» : Диссертация на соискание кандидата архитектуры / Азизова-Полуэктова А. Н.; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2015. – 206 с. *https://elibrary.ru/fikqvq*

2. Использование объектов культурного наследия в сфере туризма как средства укрепления цивилизационной идентичности российских регионов : Электронное сетевое издание / Ю. С. Путрик, А. П. Соловьев, Е. В. Тюрина, З. Т. Абдурахманова. – Москва : Российский научно-исследовательский институт культурного и природного наследия имени Д. С. Лихачёва, 2024. – 308 с. – ISBN 978-5-86443-457-4. – DOI 10.34685/c8202-5708-0205-l.

3. Лебедева Т. Е. Возможности формирования туристско-рекреационного кластера «Воскресенское Поветлужье» [Текст] / Лебедева Т. Е. // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2019. – № №3 (37). – С. 178-185. *https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-formirovaniya-turistsko-rekreatsionnogo-klastera-voskresenskoe-povetluzhie*

4. Семикопов Д. В. Град Китеж – потерянный рай? (Легенда о граде Китеже в богословском и религиоведческом аспектах) [Текст] / Д. В. Семикопов // Труды Нижегородской духовной семинарии. – 2012. – № №10. – С. 63-77. *https://cyberleninka.ru/article/n/grad-kitezh-poteryannyy-ray-legenda-o-grade-kitezhe-v-bogoslovskom-i-religiovedcheskom-aspektah*

5. Качемцева, А. А. Критерии оценки инвестиционного потенциала объектов садово-паркового наследия / А. А. Качемцева, А. Ю. Просвирина // Ландшафтная архитектура. Актуальные вопросы науки и практики : Материалы XXI Всероссийской научно-практической конференции, Нижний Новгород, 19 марта 2025 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 271-277. *https://elibrary.ru/evqyqa*

УДК 728.1

Концепция объемно-планировочных решений жилых комплексов класса «Комфорт»

Самойлова П.Е., студент

* Ответственный за переписку: sampolevg@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В данной статье рассмотрен вариант концепции жилого комплекса и подробно описаны все составляющие, которые улучшат условия проживания.

Ключевые слова: концепция, комфорт, жилой комплекс, ECORASTER E50, газонная решетка, безопасность, рекреация.

Научный руководитель – доцент кафедры архитектуры ННГАСУ, канд. техн. наук, Дымченко Владимир Викторович.

Введение

На сегодняшний день актуально создание комфортных условий для жизни, поэтому одной из главной тенденций жилого строительства является проектирование квартир класса «Комфорт». Для создания максимально благоприятного пространства рассмотрен вариант концепции объемно-планировочных решений, которые в настоящее время имеют спрос.

Объёмно–планировочные решения земельного участка

Для рассмотрения концепции объёмно–планировочных решений был выбран учебный проект, участвовавший в Международном инженерном чемпионате CASE–IN 2026.

Объект представляет собой жилой комплекс, состоящий их шести секций смешанной этажности, представленный на рис.1. Проектируемый объем делится на три группы домов, объединенный пространством первого этажа, через который жильцы могут пройти «сквозь» объект. Закрытая территория комплекса позволяет создать идею «двор без машин» [1]. Запроектирована подземная автостоянка на 167 машино–мест, включающая 22 машино–места для МГН. Проектируя парковку под землей, мы освобождаем придомовую территорию от асфальтового покрытия и увеличиваем безопасность граждан [1]. На стилобатной части во дворе размещены детские и спортивные площадки с безопасным покрытием из резиновой крошки, велодорожка на 200 м по периметру двора и ограждённая зона выгула собак. Приватные пространства для жильцов разделены «зеленым забором», создавая барьер от шумной среды [1,2]. Жильцы могут провести свой досуг, не выходя за пределы жилого комплекса, тем самым делая двор «безопасной точкой притяжения».

Согласно СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объёмно-планировочным и конструктивным решениям» вокруг объекта должен быть организован пожарный проезд не менее 6 м в ширину. В данном проекте предусмотрена полоса шириной 8 м с остановочными и разворотными площадками для пожарной техники с размерами 10х16м и 15х15м соответственно.

Рисунок 1 – Общая перспектива жилого комплекса (Источник: Составлено автором)

Соблюдая концепцию «зеленый двор», было принято решение о замене асфальтового покрытия на систему газонной решетки ECORASTER E50, представленной на рис. 2. Газонная решетка ECORASTER E50 надежна благодаря большой толщине стенок и может выдерживать нагрузку до 1000 тонн на квадратный метр. При ее монтаже, ячейки решетки заполняются гравием или грунтово-песчаной смесью с последующей высадкой газона [3].

Рисунок 2 – Газонная решетка ECORASTER E50 [3]

С помощью газонных решеток мы увеличиваем площадь озеленения, не прибегая к асфальтовому покрытию. В данном проекте коэффициент озеленения составил 52%.

Объемно–планировочные решения досуга и жилого пространства

Первый этаж является общественным, включающий в себя рекреационные и коммерческие помещения, представленные на рис.3. К рекреационным помещениям можно отнести следующие:

– библиотека;
– коворкинг–зона;
– лаундж–зона;
– детская комната.

К коммерческим помещениям можно отнести следующие:

– фитнес–клуб;
– зал для мероприятий;
– SPA–центр;
– детская студия творчества;
– помещения под аренду.

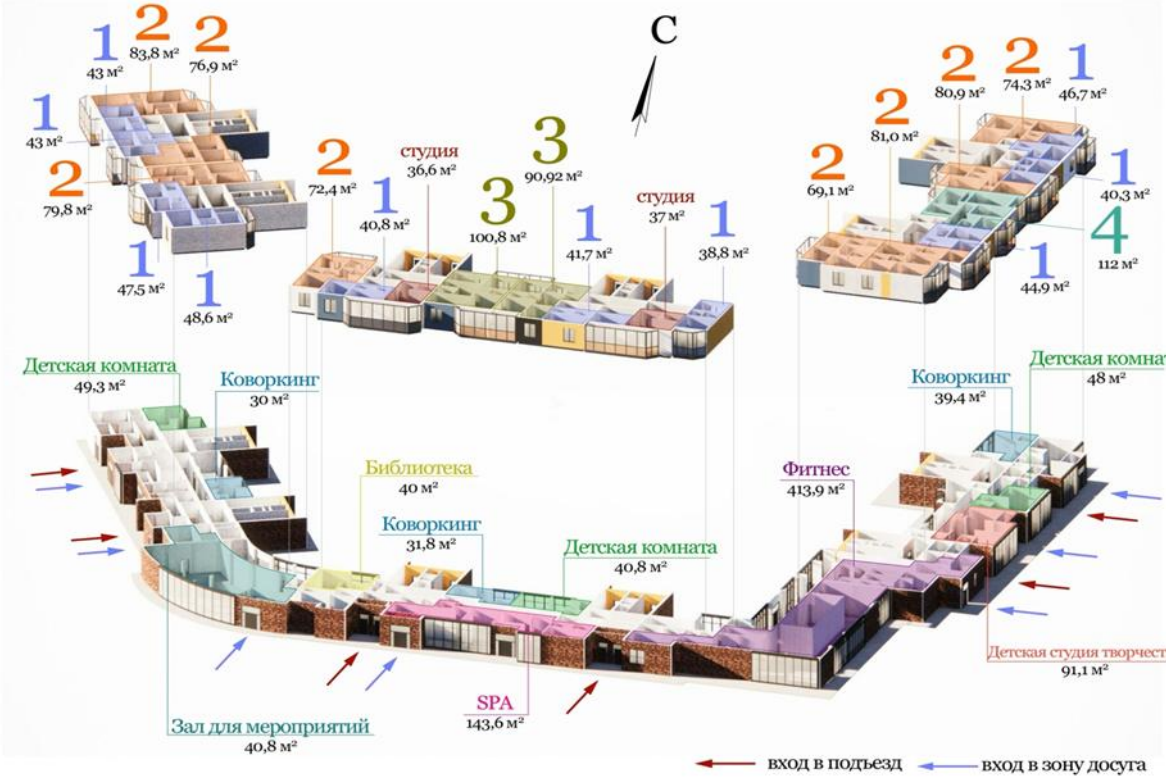


Рисунок 3 – Аксонометрическая схема объемно-планировочных решений досуговых зон и жилого пространства (Источник: Составлено автором)

В проекте заложена идея, что рекреационные помещения доступны только жильцам комплекса, имеющим доступ по системе авторизации. Досуговые зоны имеют вход с улицы для гостей, а жильцы ЖК могут попасть в рекреационные и общественные помещения из холла через внутренние коридоры, соединяющие секции между собой, что обеспечивает безопасность и разделение потоков жильцов и гостей. Внутренняя система переходов позволяет зарегистрированным пользователям попасть в любую интересующую точку на

первом этаже, не выходя на улицу, тем самым обеспечивая «тёплую» коммуникацию. Для обеспечения безопасности предусмотрена система ключ–карт для зарегистрированных лиц комплекса, с ежедневным обновлением системы входа.

Запроектировано 247 квартир с квартирографией, представленной в табл. 1. Каждая секция разнообразна и не имеет повторений в комбинации жилых пространств. На каждом этаже предусмотрена колясочная на группу квартир [4,5].

Таблица 1 – Квартирография

Тип квартиры	Площадь от, кв.м.	Площадь до, кв.м.	Количество квартир, шт.
Студия	28	40	26
Однокомнатная квартира	40	60	111
Двухкомнатная квартира	60	80	78
Трёхкомнатная квартира	80	100	22
Четырехкомнатная квартира	90	120	10
Количество квартир, всего			247

В ЖК запроектированы лестницы типа Н1 с пожаробезопасной зоной для МГН [4]. Эвакуация граждан из квартир производится через лестнично–лифтовой узел непосредственно на улицу во двор.

Заключение

Рассмотрев и проанализировав учебный проект жилого комплекса класса «Комфорт», был предоставлен разнообразный выбор жилых и общественных пространств, которые могут быть частично или полностью использованы в других проектах. Также был приведен вариант увеличения коэффициента озеленения путем использования газонной решетки.

Список использованных источников

1. Самойлова, Н. В. Современное состояние и проблемы благоустройства территорий дворовых пространств в Волгограде / Н. В. Самойлова, Е. Д. Попова // Символ науки: международный научный журнал. – 2017. – Т. 2, № 1. – С. 194-200. *https://elibrary.ru/ygwoqr*

2. Деревянко, Е. А. Соременные методы благоустройства городских парков / Е. А. Деревянко // Шаг в науку. – 2017. – № 3. – С. 48-51. *https://elibrary.ru/yxdazv*

3. ООО «ПЕРВАЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ»: Каталог Газонные решетки ECORASTER. – URL: *https://geosintetic.ru/product/gazonnaya-reshetka-ecoraster-e50*

4. Солодилова, Л.А. Многофункциональный жилой комплекс : учебное пособие / Л. А. Солодилова, Г. А. Трухачева ; под общ. ред. Л. А. Солодиловой. – Москва : Изд-во АСВ, 2009. – 152 с. – URL: *https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273417*

5. Даняева, Л. Н. Архитектурное проектирование многоэтажных жилых зданий: учебное пособие / Л. Н. Даняева, К. В. Постнова; под общ. ред. В. В. Сметанин, А. В. Никулин / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2019. – 127 с. *https://bibl.nngasu.ru/electronicresources/uch-metod/architecture/872563.pdf*

УДК 711.168(470.324)

Послевоенная реконструкция центральной улицы города Воронеж. Проблема утери Воронежского конструктивизма в военные годы

Сахарова Н.В., студент; Пилипенко В.И., преподаватель МАРХИ, член СМА

* Ответственный за переписку: saxarova.natali@list.ru
Московский Архитектурный институт (Государственная академия)

Аннотация. В публикации рассматривается восстановление в послевоенный период центральной улицы города Воронеж – проспекта Революции на примере реконструкции памятников эпохи конструктивизма, которые были утрачены в военные годы, без последующего восстановления. Основная цель исследования – понять почему был утрачен довоенный облик зданий и улицы эпохи конструктивизма и выявить принципы их восстановления.

Ключевые слова: Послевоенное восстановление, реконструкция, конструктивизм, архитектура города Воронеж.

Научный руководитель – аспирант кафедры жилых зданий МАРХИ, Пилипенко Виолетта Игоревна.

В каждом городе есть центральная улица, которая хранит в себе память разных поколений, историю архитектурных стилей и эпох. В Воронеже – это проспект Революции, возникший после создания первого генерального плана застройки города в 1774 году. На протяжение всего времени своего существования эта улица являлась местом притяжения людей.

Проспект Революции в своём роде стал монументальной летописью и путеводителем по архитектуре Воронежа, поскольку зодчие всегда уделяли большое внимание образу зданий, старались внести в каждую постройку новые и интересные архитектурные решения в той или иной стилистике. Интересным периодом для изучения стилистических особенностей фасадов улицы проспекта Революции является период 1920-1960-х годов. Границы исследования охватывают послереволюционное время, становление РСФСР и СССР, начало эпохи авангарда, военные годы и послевоенное восстановление города.

В дореволюционный период центральная магистраль носила название Большая Дворянская улица, в которой большинство зданий были выполнены в стиле классицизм, барокко и эклектика. Например, с XIX века сохранилось несколько известных доходных домов: дом губернатора Потапова, дом купца Тулинова, дом купца Михайлова. В основном преобладала низко этажная застройка, к которой позже вернулись архитекторы Воронежа в послевоенный период, когда реконструировали город.

В послереволюционные годы в России начало зарождаться новое течение авангарда – конструктивизм. Основными чертами зданий: большое или ленточное остекление, строгость, геометризм и лаконичность. Появились здания из бетона, стекла и металла. В Воронеже конструктивизм оставил свой след в истории, однако он не был признан местными жителями, как ведущий стиль города, отражающий его идентичность: «конструктивизм оказался элитарно-авангардным явлением и в силу этого не мог претендовать на признание широкими народными массами как своего"[1]. Отмечается характер конструктивистской застройки

проспекта Революции так: «данные постройки по сравнению со столичными зданиями отвечали не всем стилевым отличительным признакам конструктивизма"[2]. Отличительной особенностью являлась то, что здания продолжали строить из кирпича, как доходные дома, но внешний фасад декорировали под железобетонные конструкции. Ленточное остекление являлось мнимым: сами оконные проёмы были одинарными, создавались кирпичные ниши в тональной монохромии, с помощью этого получалось красивое большое остекление. Принципы декорирования и имитации бетонных конструкций при строительстве основных воронежских объектов можно объяснить удалённостью Воронежа от Москвы и Санкт-Петербурга. В столичных центрах из железобетонных конструкций были построены первые здания на территории Отечества, когда в других крупных городах России только знакомились с новыми технологиями строительства. Кирпич, в качестве строительного материала был более доступным местным мастерам, чем железобетон, что удешевляло строительство зданий на проспекте Революции.

В стиле конструктивизм были построены здания как на центральной улице города Воронеж, так и за её пределами. К конструктивистским постройкам на проспекте Революции относятся: здание ЮВЖД, торговый универмаг «Утюжок», здание ГОСБАНКА и жилые дома 26/28. С точки зрения градостроительного анализа на главной магистрали выстраивался целый ансамбль из зданий «нового времени». Здания проектировали достаточно высокими: это были 6-8 этажные постройки. Благодаря повышению этажности проспект Революции за короткий срок вырос в высоту, и облик улицы стал более разнообразным, однако далеко не все постройки сохранились до наших дней.

Рисунок 1 – Расположение и анализ сохранившегося образа дореволюционной застройки и домов в стиле конструктивизм (Источник: Составлено автором)

Военные годы очень сильно повлиял на архитектуру города. Воронеж был полностью разрушен, в том числе и проспект Революции. Почти вся дореволюционная и конструктивистская застройка была утрачена: многие здания превратились в руины, а довоенный облик города сохранился только на фотографиях и полотнах картин. Воронеж вошёл в число 15 старинных русских городов, подлежащих первоочередному восстановлению после военных действий.

Многие здания заново строили, наиболее уцелевшие фрагменты проспекта Революции реставрировали и реконструировали. Главной задачей архитекторов было быстрое восстановление облика города и внедрение новых архитектурных решений. В современных

исследованиях отмечают следующее: «Преподаватели ВИСИ под руководством профессора Николая Владимировича Троицкого разработали научные основы генерального плана восстановления и реконструкции города, промышленных предприятий"[3]. По их проектам были восстановлены жилые дома и крупнейшие общественные здания Воронежа разных стилей – Дом Советов, Дом книги, управление ЮВЖД, областная библиотека, драмтеатр, гостиница «Воронеж» и другие. На главной улице города эти здания были построены на прежних местах, но большинство в другом стиле. На решение архитекторов о смене стилевого направления в своем творчестве повлияли разные факторы: политические, экономические и эстетические. Одним из главных – политический: после победы в войне народ праздновал, архитекторы старались это передать через архитектуру, поэтому новые постройки проектировали с акцентом на могущественность, следовательно было не целесообразно строить в устаревшем стиле, который подразумевал под собой минимализм, контроль и скованность населения. «Рассмотрение экономической определяющей в процессе принятия решения о стилевой направленности восстановления зданий стилистики конструктивизма: удорожании (стилистика неоклассицизма) или удешевлении (стилистика конструктивизма) – не может учитываться в полной мере, так как зданий, восстановленных в 1940–1950-х гг. в стилистике советского неоклассицизма в несколько раз больше чем зданий, сохранивших стилистику конструктивизма»[2]. Послевоенное восстановление проспекта Революции – это реконструкция с изменением стиля, отражавшее смену государственной идеологии. Несмотря на глобальные изменения, образы довоенной классической застройки сохранились, в том числе и гостиница Бристоль, дом губернатора Потапова, дом купца Тулинова, дом купца Михайлова.

В качестве примера восстановленных зданий эпохи конструктивизма в новых классических формах были выбраны ЮВЖД и торговый дом «Утюжок», история создания которых представлена ниже.

Один из крупнейших общественных сооружений эпохи конструктивизма – здание ЮВЖД (Управление Юго-Восточной железной дорогой) было построено в 1929-1932 годах по проекту Николая Владимировича Троицкого на углу улиц Университетской и Фридриха Энгельса. Здание было выполнено в традициях конструктивизма: плоские фасады, большие остеклённые поверхности, вертикальные членения, башня в виде параллелепипеда, с часами и угловым окном на всю высоту, находящейся внутри лестничной клетки. Часть постройки, выходящая на угол проспекта Революции и Университетской улицы, была скруглена. Здание, как объём, хорошо вписывалось в существующую застройку, состоящую из прямоугольной сетки улиц, однако архитектурный образ не подходил к окружающим зданиям в классическом стиле.

В период Великой Отечественной войны здание превратилось в руины. Оно пострадало от бомбёжек, артиллерийских обстрелов и пожаров. Больше половины стен было разрушено, два внутренних корпуса лежали в руинах, а всё здание внутри выгорело. Благодаря фотографиям разрушенной постройки, можно рассмотреть конструктивные решения, которые показывают, что здание построено из кирпича, а сверху облицовано бетоном.

В 1947 году было принято решение восстановить здание ЮВЖД, при этом изменить его облик под сталинский ампир – в честь символа победы. Появились новые элементы и этажи. На углу вместо конструктивистской башни появилась новая башенка, которую в композиции поддерживает главенствующая башня с часами и шпилем – доминанта и символ современного города. Новую башню никто не признавал из-за её высоты, пафоса и выхода за рамки «современных» законов и канонов. Николай Владимирович Троицкий, который изначально проектировал ЮВЖД в стиле конструктивизм, а позже реконструировал это здание, вероятно хотел оставить образ доминанты города, манифеста и выхода за границы, несмотря на новые правила и стандарты строительства. В новом проекте удалось сохранить образ духа конструктивизма. Фасад по проспекту Революции решён симметрично, угловая закруглённая

часть осталась от конструктивистской постройки, фасад по улице Феоктистова решён скромнее чем главный. Современная постройка хорошо вписывается в существующую застройку своей классической архитектурой и является узнаваемым символом Воронежа. Во дворе ЮВЖД стоит «Воронежский дворец» – здание музея Крамского в стиле барокко, которое при строительстве первоначального здания не учитывали. Сейчас этот ансамбль как одно целое. Довоенный образ был решён без учёта окружающей застройки, это был словно манифест. Сейчас про конструктивизм забыли, как когда-то забыли про классическую архитектуру на этом участке. Реконструкция этого здания является уместной, новый стиль подчеркивается окружающей средой.

Другой пример несохранившегося здания эпохи конструктивизма – торговый дом «Утюжок». Это яркий пример общественного здания, построенного в 1932 году по проекту Алексея Ивановича Попова-Шамана. Здание занимает треугольный участок между проспектом революции и Пушкинской улицей, выходя полукруглым фасадом на площадь Никитина. Благодаря форме, напоминающей утюг, здание получило своё название «Утюжок», также как и дореволюционная постройка на его месте. Изначально облик включал сплошное ленточное остекление с большими окнами и разно этажность корпусов – это всё подчёркивало функциональность и динамику конструктивизма. В период Великой Отечественной войны здание было полностью разрушено. Его восстановлением начали заниматься только в 1950-х годах в стиле неоклассицизм. В современной постройке визуальный эффект ленточного остекления пропал из-за явного разделения пилястрами оконных проёмов, уменьшилась этажность здания, пропало членение фасада постройки на 4 части, за счет этого могущественность здания стёрлась. Напротив торгового дома сохранилось здание поздней эпохи конструктивизма – ГОСБАНК, если раньше они задавали ритм, и являлись ансамблем, то сейчас уже нет. Здание торгового дома начали реконструировать, почти спустя 10 лет после войны. К этому моменту сменилось правительство, а сталинский ампир заменился простотой в архитектуре с отсутствием избыточных декоративных элементов и акцентов. В такой период сохранять конструктивистскую постройку было нереально.

Уникальность застройки проспекта Революции в довоенный и послевоенный периоды заключается в том, что одни и те же архитекторы застраивали главную улицу города в стиле конструктивизма и перестраивали эти же здания в «сталинском ампире», тем самым создавая совершенно два разных архитектурных образа в разные временные периоды, но на одном и том же месте.

Подводя итог, необходимо отметить значимость объектов на проспекте Революции. Ряд построенных зданий под руководством профессора Николая Владимировича Троицкого в последующие десятилетия определили архитектурный облик Воронежа, однако в настоящий момент в городской застройке объекты в стиле конструктивизм отсутствуют в связи с перестройкой зданий главной улицы в классических формах и рядом идеологических причин. Изменение стилевого направления привели к утрате исторического пласта 1920-х годов, что разрушает целостное представление о непрерывном развитии архитектуры Воронежа. Проблема сохранения памятников города стоит остро уже более 50 лет и соприкасается с сохранением самобытности архитектуры Воронежа[4]. Исследователи отмечают: в Воронеже формируется преимущественно классическая линия застройки исторических улиц в том числе и проспекта Революции [5]. Перспективным представляется путь исследования исторических материалов, выявления архитектурных особенностей той или иной эпохи, их переосмысление и строительство новых объектов с учетом идентичности города Воронеж. Уникальный облик города, его выразительность и историческая достоверность во многом зависит от отношения к архитектурному наследию местных жителей и возможностей реализации идей.

Список использованных источников

1. Чесноков, Г. А. Архитектура Воронежа: история и современность / Г. А. Чесноков. – Воронеж: 1999. – 394 с.

2. Заплавная А.Э., Танкеев А.С. Эволюция архитектурной стилистики конструктивизма в городе Воронеже в 1920–1950-е гг. // Архитектон: известия вузов. – 2020. – №4(72). – URL: *https://archvuz.ru/2020_4/15/* (дата обращения: 08.04.2026). – Текст : электронный.

3. Послевоенное восстановление ВИСИ – Музей инжеенрного дела ВГТУ. – 2021. – URL: *https://cchgeu.ru/university/muzey-inzhenernogo-dela/vystavki/90-let-vysshego-stroitelnogo-obrazovaniya-voronezhskoy-oblasti/poslevoennoe-vosstanovlenie-visi/* (дата обращения: 08.04.2026). – Текст : электронный.

4. Гурьев, Г.С. Особенности архитектуры Воронежа середины XIX – начала XX вв : магистерская диссертация : квалификация магистр по направлению подготовки 02.01.11. Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия / Гурьев Григорий Сергеевич ; научный руководитель А.Е. Енин ; Воронежский государственный технический университет. – Воронеж, 2023 // Архитектон: известия вузов. – 2020. – №4(72). – URL: *https://www.dissercat.com/content/osobennosti-arkhitektury-voronezha-serediny-xix-nachala-xx?ysclid=mnq886x58q820916278/read/read/read/pdf/read/read/pdf/read/read/read/pdf/* (дата обращения: 08.04.2026). – Текст : электронный.

5. Новичихина, И. В., Проблема фрагментации исторической застройки в центральной части города Воронежа / И. В. Новичихина // Наука, образование и экспериментальное проектирование : тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов, Москва, 03–07 апреля 2023 года. – Москва: Московский архитектурный институт (государственная академия), 2023. – С. 267-268.

УДК 72.036

Сравнение архитектуры зданий ленинградского авангарда: начало и конец эпохи

Седунова Е.В., студент*

* Ответственный за переписку: sav78el@yandex.ru
Санкт-Петербургский Государственный Архитектурно-Строительный Университет, Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассматривается процесс появления авангарда в архитектурной и строительной сферах 1920-1930-х годов Ленинграда. Указаны причины его продвижения в архитектурных кругах и причины экономической выгоды его в строительном производстве. Описаны архитектурные особенности жилмассива на Тракторной улице, школы имени 10-летия октября, школы на Большой Смоленском проспекте, жилого дома Свирьстроя. Приведен список новых типов зданий, которые появились благодаря стилю авангард. Рассмотрены новшества, которые были использованы в проектах первых архитекторов-авангардистов. Проведен сравнительный анализ проектов ранней и поздней эпохи архитектурного авангарда. Составлена таблица со сравнительными показателями для структурирования информации о различиях между рассмотренными проектами. Сделан вывод о роли зданий, построенных в данном стиле, на архитектурный облик города.

Ключевые слова: ленинградский авангард, памятники архитектуры, А.С. Никольский

Введение

Эпоха авангарда в архитектуре Ленинграда берет свое начало в 1920-х годах. Проекты архитекторов в то время отражали измененный государственный строй. Зодчие экспериментировали, спорили о главенстве формы и назначения здания, отказывались от привычных стандартов классицизма в пользу простоты зарождавшегося стиля авангард.

Помимо творческих споров, перед архитекторами стояла задача о создании новых по назначению зданий. Например, были созданы жилые массивы для рабочих, фабрики-кухни, избы-читальни. Данные здания были созданы под поставленные Правительством Ленинграда задачи [1]. Даже привычные здания обретали новые формы и становились масштабнее, так, например, произошло с общественными банями.

Новшества в архитектуре города были вызваны не только сменой государственного строя, но и необходимостью полностью поменять положение рабочего населения, сделать их жизнь лучше. Новый архитектурный стиль, провозглашавший отсутствие внешнего декора здания и упрощение его геометрической формы, требовал малых денежных затрат и мог быстро получить большое распространение благодаря простоте строительства.

Для осуществления поставленной задачи улучшения жизни рабочего класса, помимо архитектурной идеи, требовались строительные материалы, бригады и место для строительства. В Ленинграде строительной площадкой авангарда в 1925 году стали рабочие окраины, преимущественно район Нарвской заставы. Здесь располагался Кировский завод, рабочие которого активно принимали участие в Октябрьской Революции. Отчасти, в качестве благодарности рабочим, именно в этом месте была начата стройка зданий нового типа.

Первые проекты

Одним из первых проектов в стиле авангард в Ленинграде стал жилмассив на Тракторной улице (рис. 1). Он был построен в 1925-1927 годах по проекту архитекторов А.С. Никольского, А.А. Гегелло, Г.А. Симонова [2]. Для создания этого проекта Г.А. Симонов был командирован в Германию, где в архитектуре главенствовал стиль «bauhaus».

На месте жилмассива ранее находились бараки [3]. Комнаты сдавались сразу для четырех семей, каждой семье по углу. Ближайшая баня для жителей этих бараков находилась в нескольких кварталах.

В новых домах были запроектированы квартиры от двух до четырех комнат. В каждой квартире было предусмотрено место под ванную. Хотя следует отметить, что ванны на тот момент в СССР не производили и они будут установлены в первом жилмассиве авангарда только после Великой Отечественной войны.

Квартиры были спроектированы с учетом инсоляции, ранее такого в проектах не учитывалось. Рядом с каждым подъездом была предусмотрена скамейка, причем она была вмонтирована прямо в стену здания. Образовавшиеся между домами дворы были предназначены для создания парков и зон для спортивных игр.

Рисунок 1 – Жилмассив на Тракторной улице, фото 1930 г. [4]

Отличительной особенностью жилмассива стала его архитектура. Придуманная А.С. Никольским полуарка, соединяющая трех– и пятиэтажные корпуса, стала лейтмотивом всего архитектурного ансамбля. Сочетание простых геометрических форм, таких как параллелепипед и треугольная призма, с грамотно подобранными фасадными цветами, создающих ощущение панорамных окон, делают этот проект одной из жемчужин ленинградского архитектурного авангарда.

Рядом с жилмассивом в те же самые годы, в 1925-1927 года, по проекту А.С. Никольского была построена школа имени 10-летия Октября (рис. 2). Она строилась как школа нового поколения: здесь были спроектированы лабораторные классы, библиотека, обсерватория и физкультурный зал.

В проекте школы так же, как и в проекте жилмассива, было использовано окрашивание простенков для создания эффекта панорамного остекления. Оформлением фасада этой школы занимался К.С. Малевич со своими учениками [5]. Помимо этого, кабинеты были запроектированы с южной и юго-западной сторон здания для практически постоянного естественного освещения учебных классов. Для попадания света с северной стороны, в стене между классом и коридором были сделаны окна под потолком. Такое решение было замечено автором в новой школе на пр. Космонавтов, 104.

Рисунок 2 – Школа имени 10-летия Октября, фото 2025 г. (Источник: Составлено автором)

Архитектурный облик школы представляет собой серп. Также здание имеет разноуровневую планировку, как и жилмассив на Тракторной улице. Стоит отметить, что во внешней отделке использовались декоративные элементы. Ими стали горельефы с изображением различных видов спорта.

Помимо школы и жилмассива на Тракторной улице, в период с 1925-1932 годы в районе Нарвской заставы и других районах города, таких как Василеостровский, Московский и Невский, были также построены жилмассивы, школы, стадионы, фабрики-кухни и дворцы культуры. Из-за нехватки новых строительных материалов большинство зданий были построены из старых кирпичей разобранных зданий, что уменьшало срок службы построенных.

Поздние проекты

По мере развития архитектурной школы авангарда, ей противопоставлялась школа неоклассицизма. Взамен простоты и лаконичности авангарда неоклассицизм предлагал монументальность и декор. Европейское происхождение авангарда также заставляло все чаще отказываться от него в проектах.

В 1932-1933 году по проекту ученика А.С. Никольского Н.Ф. Демкова [5] была построена школа (рис. 3). В архитектурной композиции школы были использованы цилиндрические и прямоугольные формы, которые собирались в единое целое с помощью разной этажности корпусов и их поворота относительно центра композиции. В цветовом решении фасада были применены ранее указанные принципы авангарда. Само здание в плане напоминает самолет. Однако легкости и воздушности, какие были, например, в жилмассиве на Тракторной, уже не прослеживается, даже несмотря на разную высоту корпусов. Здание как будто ниспадает от собственного центра.

Рисунок 3 – Школа по проекту арх. Н.Ф. Демкова, ныне – Колледж государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова [Составлено автором]

Одним из последних проектов в стиле авангард стал Жилой дом Свирьстроя (рис. 3), который был построен в 1933-1938 годах по проекту И.Г. Явейна.

Ступенчатость фасада, плоская эксплуатируемая кровля, шахматный порядок окон лестницы, заполнение простенков между окнами для создания иллюзии панорамного остекления, излом здания в плане позволяют отнести проект к авангардной архитектуре. Однако симметричность формы одного из двух корпусов здания, использование только одной геометрической формы для создания проекта, массивные декоративные элементы в виде обрамления окон и многоэтажность говорят о переходе проекта от авангардной к неоклассической архитектуре 1940-х.

Рисунок 4 – Жилой дом Свирьстроя, фото 1938 г. [4]

Сравнительная таблица

Для сравнения использованных архитектурных приемов и элементов композиции зданий ранней и поздней эпохи ленинградского авангарда, автором была составлена таблица 1.

Таблица 1 – Таблица сравнения архитектурных элементов

Сравнительный показатель	Проекты ранней эпохи авангарда.	Проекты поздней эпохи авангарда.
Архитектурная идея	Отражают воздушность, замысловатость и при этом прямолинейность эпохи, не оказывают давление на человека	Выражают монументальность, но эта монументальность может оказывать психологическое давление на человека
Количество этажей	Малоэтажные корпуса	Многоэтажные корпуса
Наличие декоративных элементов	Декоративных элементов мало, архитектурное украшение выражается в динамичности фасада и некоторых горельефах	Появляются декоративные элементы, такие как наличники у окон и карнизы по всей высоте здания
Особенности цветового решения фасада	Для оформления приглашались художники, в некоторых проектах использовались принципы супрематизма	Фасады оформлялись в одном ярком и запоминающимся цвете

Заключение

В статье были выявлены особенности проектов раннего и позднего периода архитектурного авангарда. Этот стиль позволил создать большое количество зданий, которые стали памятниками архитектуры и знаковыми местами города на Неве. Благодаря господствованию авангарда в архитектуре проекты зданий начали все больше обращаться к запросам того, кто будет этими зданиями пользоваться – рабочему человеку. Проекты, которые были созданы архитекторами-авангардистами оказали огромное влияние на строительную сферу и стали протипами первых панельных домов и многих социально-значимых объектов.

К сожалению, из-за использования некачественных строительных материалов и отсутствия должной реставрации в течение многих лет, здания, построенные в эпоху авангарда, сейчас находятся в аварийном состоянии. Выявление их архитектурной ценности и изучение их влияния на развитие архитектуры Санкт-Петербурга в целом поможет сохранить их.

Список использованных источников

1. Труды Государственного музея истории Санкт-Петербурга. Вып. 20. Исследования и материалы. – СПб.: ГМИ СПб. – 2010. – С. 82-87.: ил.

2. Нарвская застава / [отв. ред. Д. И. Чевычелов]. – Москва ; Ленинград : Государственное издательство художественной литературы – 1932. – С. 64-71.

3. Оль Г. А. Александр Никольский. – Л. Лениздат. – 1980. – 136 с.

4. Кириков Б. М. Архитектурные памятники Санкт-Петербурга: монография. СПб.: Коло – 2005. – 383 с.

5. Проект школы Московско-Нарвского района // ЦГАНТД СПб. Ф. Р-192 Оп. 31 Д. 744.

6. Козлов Д. В., Саблин И. Д. Архитектура XX века. Путеводитель по Санкт-Петербургу / Дмитрий Козлов, Иван Саблин. – СПб. : «Карта Петра», 2023. – 256 с. : ил.

УДК 725.54

Функционально-планировочная организация физкультурно-реабилитационного комплекса

Тайк А., студент*

* Ответственный за переписку: anastaik333@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация: В статье рассматриваются особенности функционально-планировочной организации физкультурно-реабилитационного комплекса как важного элемента современной городской инфраструктуры. Актуальность исследования обусловлена ростом потребности общества в объектах, направленных на восстановление физического здоровья населения и развитие доступной спортивной среды. В работе анализируются основные функциональные зоны комплекса, особенности их взаимосвязи и принципы организации потоков посетителей. Особое внимание уделяется вопросам формирования безбарьерной среды и созданию комфортных условий для различных категорий пользователей. Рассматриваются современные архитектурные подходы к проектированию подобных объектов, включая рациональное зонирование помещений, эргономическую организацию пространства и использование современных строительных решений. В результате исследования определены основные принципы планировочной структуры физкультурно-реабилитационных комплексов, позволяющие повысить эффективность их функционирования и создать благоприятную архитектурную среду.

Ключевые слова: физкультурно-реабилитационный комплекс, архитектура, функциональное зонирование, реабилитация, спортивные сооружения, безбарьерная среда

Научный руководитель – профессор, доктор архитектуры, советник РААСН Яковлев А. А.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Яковлеву Алексею Александровичу, профессору, доктору архитектуры, советнику РААСН за научное руководство и консультации при подготовке статьи.

Введение

В условиях современного развития городской среды возрастает потребность в создании архитектурных объектов, направленных на укрепление здоровья населения и формирование условий для активного образа жизни. Одним из важнейших типов таких объектов являются физкультурно-реабилитационные комплексы, которые играют значительную роль в системе общественной инфраструктуры. Они обеспечивают возможность проведения лечебно-оздоровительных мероприятий, спортивных занятий и восстановительных процедур, способствуя повышению уровня физической активности населения и улучшению качества жизни общества [1-6].

Физкультурно-реабилитационные комплексы представляют собой многофункциональные архитектурные объекты, объединяющие спортивные, медицинские и

рекреационные функции. Такое функциональное разнообразие требует комплексного подхода к формированию архитектурно-планировочной структуры здания. Рациональная организация внутренних пространств позволяет обеспечить эффективное использование помещений, оптимальную взаимосвязь функциональных зон, удобство перемещения посетителей и безопасность эксплуатации объекта, что является важным условием эффективного функционирования подобных учреждений [1, 7].

Особое значение в проектировании современных общественных зданий приобретает формирование доступной архитектурной среды. Физкультурно-реабилитационные комплексы должны быть адаптированы для различных категорий пользователей, включая людей с ограниченными возможностями здоровья. В этой связи в современной архитектурной практике широко применяются принципы универсального дизайна, направленные на создание инклюзивной среды и обеспечение комфортного и безопасного использования пространств всеми посетителями независимо от их физических возможностей [1, 8].

Целью данного исследования является анализ особенностей функционально-планировочной организации физкультурно-реабилитационного комплекса, а также выявление основных архитектурных принципов, определяющих эффективное формирование структуры подобных объектов в условиях современной городской среды.

Цель и задачи исследования

Целью настоящего исследования является выявление и теоретическое обоснование принципов функционально-планировочной организации физкультурно-реабилитационного комплекса как специализированного типа общественных зданий, ориентированных на восстановление здоровья и развитие физической активности населения. Достижение поставленной цели предполагает решение ряда взаимосвязанных исследовательских задач.

К числу основных задач исследования относятся анализ научных источников и архитектурно-проектной литературы, посвящённых проектированию спортивных и оздоровительных объектов, изучение нормативных требований, регулирующих формирование подобных сооружений, а также выявление ключевых функциональных зон физкультурно-реабилитационного комплекса и особенностей их пространственной взаимосвязи. Кроме того, в рамках исследования рассматриваются вопросы организации потоков посетителей и персонала внутри здания, а также принципы формирования безбарьерной архитектурной среды, обеспечивающей доступность объекта для различных категорий пользователей.

Гипотеза исследования заключается в предположении о том, что рациональная функционально-планировочная организация физкультурно-реабилитационного комплекса, основанная на принципах функционального зонирования, логической взаимосвязи помещений и эффективной организации пользовательских потоков, способствует повышению эффективности реабилитационных процессов, улучшению условий пребывания посетителей и повышению общей функциональной эффективности архитектурной среды комплекса.

Литературный обзор

Проблемы проектирования спортивных сооружений и общественных зданий занимают значительное место в современной архитектурной теории и практике. В трудах отечественных и зарубежных исследователей рассматриваются различные аспекты формирования пространственной структуры подобных объектов, включая вопросы функционального зонирования, взаимосвязи помещений и организации пользовательских потоков. В научной литературе отмечается, что эффективность архитектурной организации спортивно-оздоровительных объектов во многом определяется рациональным распределением

функциональных зон и логикой их пространственного взаимодействия, что обеспечивает удобство эксплуатации здания и повышает комфорт пребывания посетителей [4].

Исследователи также подчеркивают, что современный физкультурно-реабилитационный комплекс представляет собой многофункциональный архитектурный объект, объединяющий различные по назначению пространства. К их числу относятся спортивно-тренировочные залы, бассейны, помещения для занятий лечебной физкультурой, медицинские кабинеты, а также зоны отдыха и рекреации. Комплексное сочетание этих функциональных элементов формирует архитектурную среду, направленную на восстановление физического состояния человека, профилактику заболеваний и повышение уровня физической активности населения [5].

Важным направлением современных исследований является также проблема обеспечения доступности общественных зданий для маломобильных групп населения. В архитектурной практике широко применяются принципы универсального дизайна, предусматривающие формирование безбарьерной среды. Реализация таких решений достигается посредством использования пандусов, лифтов, расширенных проходов, адаптированных навигационных систем и других элементов, обеспечивающих свободное и безопасное перемещение пользователей внутри здания [3].

Таким образом, анализ научных источников позволяет выделить основные направления развития архитектуры физкультурно-реабилитационных комплексов и определить ключевые принципы их функционально-планировочной организации, включающие рациональное зонирование пространства, обеспечение доступности среды и создание комфортных условий для различных категорий пользователей.

Материалы и методы

В процессе исследования был использован комплекс научных методов, направленных на изучение особенностей архитектурно-планировочной организации физкультурно-реабилитационных комплексов. К числу основных методов исследования относятся анализ научных публикаций и архитектурно-теоретических источников, посвящённых проектированию спортивных и общественных зданий, а также изучение нормативных документов, регулирующих формирование спортивно-оздоровительных объектов [1, 4, 5].

В рамках исследования был проведён сравнительный анализ существующих архитектурных решений физкультурно-реабилитационных комплексов, что позволило выявить характерные особенности их функциональной структуры и пространственной организации. Особое внимание было уделено функционально-планировочному анализу зданий данного типа, включающему исследование взаимосвязей между основными функциональными зонами, особенностей организации пользовательских потоков и принципов распределения помещений различного назначения [1, 3, 7].

Методологическую основу исследования составили научные труды, посвящённые архитектуре общественных зданий и принципам их функционального зонирования, а также нормативные требования, регламентирующие проектирование спортивных сооружений и общественных объектов [1, 4, 5].

Результаты исследования

Проведённый анализ архитектурных решений современных физкультурно-реабилитационных комплексов показал, что их пространственно-планировочная структура формируется на основе системы взаимосвязанных функциональных зон, каждая из которых выполняет определённую роль в процессе оздоровления и реабилитации пользователей. Рациональное распределение таких зон позволяет обеспечить эффективность

функционирования комплекса, удобство эксплуатации помещений и комфортные условия для посетителей.

Ключевым элементом структуры комплекса является спортивно-тренировочная зона, включающая спортивные залы различного назначения, бассейны и помещения для занятий лечебной физкультурой. Данные пространства предназначены для проведения тренировочных занятий, восстановительных упражнений и профилактических мероприятий, направленных на укрепление физического состояния посетителей и поддержание их двигательной активности [4, 5, 6].

Важной частью комплекса является медицинско-реабилитационная зона, включающая кабинеты врачей, помещения физиотерапии и массажные кабинеты. Функциональное назначение этих помещений связано с медицинским сопровождением реабилитационного процесса, диагностикой состояния посетителей и проведением лечебно-восстановительных процедур.

Дополнительным элементом планировочной структуры выступает административно-служебная зона, включающая кабинеты персонала, помещения управления и технические службы здания, обеспечивающие организацию работы комплекса и поддержание его инженерно-технической инфраструктуры.

Наряду с этим значительную роль играет общественно-рекреационная зона, включающая холлы, пространства отдыха и зоны общения посетителей. Такие пространства способствуют формированию комфортной архитектурной среды, обеспечивают возможность кратковременного отдыха и создают благоприятные условия для социального взаимодействия пользователей комплекса.

Важным аспектом функционально-планировочной организации физкультурно-реабилитационного комплекса является грамотное распределение потоков пользователей. Потоки пациентов, спортсменов, посетителей и персонала должны быть организованы таким образом, чтобы минимизировать их пересечение, обеспечить удобную навигацию внутри здания и повысить эффективность эксплуатации комплекса [1, 3, 7].

Обсуждение результатов

Полученные результаты свидетельствуют о том, что эффективность функционирования физкультурно-реабилитационного комплекса во многом определяется рациональной функционально-планировочной организацией его внутреннего пространства. Основу такой организации составляет чёткое функциональное зонирование здания и логическая взаимосвязь помещений различного назначения, обеспечивающие последовательность реабилитационных и оздоровительных процессов, а также удобство использования комплекса для различных категорий посетителей. Особое значение при проектировании подобных объектов приобретает формирование безбарьерной архитектурной среды, обеспечивающей равный доступ ко всем функциональным зонам для людей с ограниченными возможностями здоровья. Реализация данных требований достигается посредством использования архитектурных решений, включающих устройство пандусов, лифтов, расширенных проходов, а также внедрение понятных навигационных систем, позволяющих обеспечить безопасное и свободное перемещение внутри здания [1, 7, 8].

Кроме того, важным фактором повышения эффективности функционирования физкультурно-реабилитационных комплексов является учет психологических и эргономических особенностей пользователей. Архитектурная среда таких объектов должна формировать комфортные условия пребывания, способствующие снижению эмоционального напряжения и созданию благоприятной атмосферы для восстановления здоровья. В этом контексте особое значение приобретают такие элементы архитектурной организации пространства, как использование естественного освещения, формирование удобной системы

навигации и создание комфортных общественных зон. Применение данных решений способствует улучшению эмоционального состояния посетителей, повышению уровня комфорта и, как следствие, увеличению эффективности реабилитационных процессов [1, 7, 8].

Заключение

Физкультурно-реабилитационные комплексы являются важным элементом городской инфраструктуры, обеспечивающим условия для восстановления здоровья и развития физической активности населения. Исследование показало, что эффективное функционирование таких объектов зависит от рациональной функционально-планировочной организации, включающей чёткое зонирование помещений, удобную организацию потоков пользователей и создание доступной безбарьерной среды. Реализация этих принципов способствует формированию комфортной и безопасной архитектурной среды для различных категорий посетителей.

Список использованных источников

1. Гельфонд, А. Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Архитектура» направления подготовки «Архитектура» / А. Л. Гельфонд. – Москва : Архитектура-С, 2007. – 276 с. : ил. – (Специальность «Архитектура»). – ISBN 978-5-9647-0099-9. – URL: *https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003423078/* – Текст : электронный.

2. Градостроительство и планировка населенных мест : учебник для студентов вузов / А. В. Севостьянов, Н. Г. Конокотин, Л. А. Кранц [и др.]. – Москва : КолосС, 2012. – 398 с. – URL: *https://books.totalarch.com/urban_planning_of_populated_areas* – Текст : электронный.

3. Иконников, А. В. Пространство и форма в архитектуре и градостроительстве / А. В. Иконников ; Российская академия архитектуры и строительных наук, Научно-исследовательский институт теории архитектуры и градостроительства. – Москва : КомКнига, 2006. – 352 с. – ISBN 5-484-00424-1. –URL: *https://tehne.com/library/ikonnikov-v-prostranstvo-i-forma-v-arhitekture-i-gradostroitelstve-moskva-2006* – Текст : электронный.

4. Каратаев, О. Р. Спортивные сооружения : учебное пособие / О. Р. Каратаев, Е. С. Каратаева, А. С. Кузнецов. – Москва : Физическая культура, 2011. – 336 с. – ISBN 978-5-9746-0157-6. – URL : *https://e.lanbook.com/book/51539* – Текст : электронный.

5. Кистяковский, А. Ю. Проектирование спортивных сооружений : учебное пособие для вузов / А. Ю. Кистяковский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1980. – 328 с. : ил. – URL: *https://dwg.ru/lib/1663* – Текст : электронный.

6. Физкультурно -спортивные сооружения / под общ. ред. Л. В. Аристовой. – Москва СпортАкадемПресс, 1999. – 536 с. : ил. – URL: *https://dwg.ru/dnl/3592* – Текст : электронный.

7. Neufert, E. Neufert's Architects' Data / E. Neufert, P. Neufert. – 4th ed. – Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2012. – 608 p. – ISBN 978-1-4051-9253-8. – URL: *https://books.google.ru/books?id=6N68sMtqXSUC&redir_esc=y&*

8. Steinfeld, E. Universal Design: Creating Inclusive Environments / E. Steinfeld, J. Maisel. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2012. – 408 p. – ISBN 978-0-470-39913-2. – URL: *https://www.wiley.com/en-us/Universal+Design%3A+Creating+Inclusive+Environments-p-9780470399132*

УДК 69.059:72.025

Проблемы сохранения и реставрации памятников деревянного зодчества Новосибирска

*Тарасова А.В. *, студент; Тен М.Г., ст. преподаватель кафедры ИКГ*

* Ответственный за переписку: электронный ananasik.00111@gmail.com
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, г. Новосибирск

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы сохранения и реставрации памятников деревянного зодчества на примере исторической застройки «тихого центра» Новосибирска. В ходе визуального осмотра, проведённого зимой 2026 года на улицах Каинской, Коммунистической, Октябрьской, Чаплыгина и Максима Горького, выявлены основные дефекты: биологическое поражение древесины, утрата декоративной резьбы, нарушения конструктивной целостности. На основе интервью с заместителем начальника Государственной инспекции по охране объектов культурного наследия Новосибирской области проанализированы причины неудовлетворительного состояния объектов: недостаточная периодичность плановых проверок (раз в пять лет), отсутствие экономических стимулов у собственников, сложности с согласованием работ в многоквартирных домах. Предлагаются меры по совершенствованию системы мониторинга: ежегодная фотофиксация с привлечением волонтёров, отчётность собственников через цифровое приложение, использование краудфандинга и привлечение частных инвесторов.

Ключевые слова: историческая застройка, сохранения, памятники архитектуры, реставрация, Новосибирск.

Научный руководитель: Тен М.Г. – ст. преподаватель кафедры ИКГ

Введение

Важный элемент культурного наследия Новосибирска – исторические деревянные здания зодчества в тихом центре города. Их сохранение – большая проблема, так как требует глубоких знаний и специальных навыков. Цель данной статьи – выявить основные проблемы сохранения деревянной исторической застройки Новосибирска на основе натурного обследования и интервью с профильных специалистов, а также предложить комплекс мер по совершенствованию системы мониторинга и реставрации с учётом климатических особенностей региона. В статье представлены результаты визуального осмотра, анализ причин неудовлетворительного состояния объектов и практические рекомендации по их сохранению.

Результаты исследования и анализ проблем сохранения деревянного зодчества

Деревянное зодчество в России имеет древние корни, уходящие в незапамятные времена, когда основными строительными материалами были глина и древесина. Русские строители строили свои дома без применения гвоздей, используя уникальные технологии рубки – «в чашу», «в лапу», «в ласточкин хвост». Древесина как строительный материал обладает двумя основными недостатками – недолговечностью и горючестью. Как свидетельствуют исторические источники, жилые дома на Руси редко переживали возраст 120 лет,

неотапливаемые храмы – максимум 350 лет, и то только при условии, что сруб за это время перебирался. Многие объекты теряли первоначальный вид после перестроек и различных дополнений. Поэтому исследователи при реставрации обращаются к описаниям памятников в письменных источниках, летописях и сохранившимся изображениям[1].

Для Новосибирска эта проблема стоит особенно остро, поскольку большинство деревянных зданий зодчества начала XX века уже приближаются к предельному сроку службы. Отсутствие своевременной консервации и переборки срубов ускоряет разрушение. Именно поэтому фиксация текущего состояния (фото, видео, фотограмметрия) имеет критическое значение – через десятилетие многие объекты могут быть утрачены безвозвратно. Деревянные постройки начала двадцатого века – уникальная основа исторической застройки Новосибирска. Мы провели визуальный осмотр этих строений в «тихом центре» города, зимой 2026 года, в ходе которого обнаружили, что вопреки охранному статусу, значительная часть домов находится в неудовлетворительном состоянии. Маршрут обследования включал улицы Каинскую, Коммунистическую, Октябрьскую, Чаплыгина и Максима Горького. Выбор данных улиц обусловлен высокой концентрацией объектов исторической застройки начала XX века.

В ходе осмотра было выявлено, что значительная часть домов имеет комбинированную конструкцию: первый этаж каменный, второй – деревянный. Как показал анализ исторических источников, данная особенность связана с последствиями крупного пожара 1909 года, когда огонь уничтожил 22 квартала, сгорели 794 деревянных дома [2]. Как отмечают специалисты, реставрация принципиально отличается от обычного ремонта. Системное исследование и восстановление памятников деревянного зодчества в России началось в 1960–1970-х годах, когда разрабатывались методики укрепления древесины и обсуждалась допустимая степень замены утраченных деталей. По мнению реставраторов, большинство специалистов сходятся в том, что необходимо сохранять памятник максимально цельным, в том материале, который соответствует времени его создания [1].

Существуют различные школы консервации дерева: пропитка составами, предотвращение пересыхания, частичная замена венцов. Иногда достаточно заменить верхние и нижние венцы, однако найти брёвна необходимой толщины сегодня сложно. В других случаях требуется ювелирная работа, как, например, при реставрации памятников Кижского погоста [1]. Применительно к Новосибирску эти принципы означают, что любые вмешательства в историческую застройку должны быть минимальными и обратимыми, а при замене утраченных элементов декора необходимо опираться на документальную фиксацию (фото, обмеры, фотограмметрию). Биологическое поражение древесины в деревянной части строений (гниение, поражение грибком) вызывает особую тревогу, представлено на рис.1. Удручающе выглядят элементы декоративной резьбы на наличниках, карнизах, элементах декора колонн и стен. Это связано с отсутствием своевременной реставрации, а применение неправильных технологий неподготовленными специалистами усугубляет ситуацию. Наряду с разрушающимися объектами встречаются образцы, находящиеся в удовлетворительном состоянии и сохранившие уникальный декор. Дело в том, существует государственная система по охране памятников, регулируется федеральным законодательством (73-ФЗ). Государственная инспекция по охране объектов культурного наследия Новосибирской области осуществляет государственную охрану исторической застройки. Согласно инструкции проводятся плановые проверки с периодичностью раз в пять лет.

Рисунок 1 – представлен внешний вид одного из обследованных домов по ул. Чаплыгина, 65. Фото автора.

Чтобы выяснить, почему часть зданий выглядит отреставрированными, а некоторые – плачевно, мы взяли интервью в Государственной инспекции по охране объектов культурного наследия Новосибирской области. Представитель заместитель начальника инспекции ответил, что в ряде случаев срок выполнения предписания о проверке ещё не истёк, но имеются и другие, «глубинные» причины. Прежде всего, это ответственность и добросовестность граждан – арендаторов исторических домов и собственников. Они зачастую не спешат выполнять охранные обязательства, если за этим не следует немедленного наказания. Кроме того, реставрация объекта культурного наследия требует значительных средств, которыми располагают далеко не все владельцы. Отдельную сложность представляет наличие нескольких собственников в многоквартирных домах – договориться о проведении реставрационных работ между множеством владельцев крайне сложно, что приводит к ускоренному разрушению таких объектов. Таким образом, проблематика сохранения деревянного зодчества упирается прежде всего в ответственность и добропорядочность граждан, а также в их финансовые возможности. Полагаем, что срок проверки – раз в пять лет не позволяет своевременно фиксировать и предотвращать необратимые разрушительные процессы, скорость которых значительно превышает периодичность контрольных мероприятий.

Несмотря на описанные сложности, существуют механизмы государственной поддержки. В частности, действует федеральная программа «Культура РФ», в рамках которой можно рассчитывать на выделение бюджетных средств на реставрацию. Кроме того, Правительством РФ в декабре 2025 года утверждена программа, рассчитанная до 2030 года, которая предполагает приведение в удовлетворительное состояние двух тысяч памятников по всей стране. Практика постепенно нарабатывается, и такие механизмы должны помочь в сохранении деревянного наследия города.

Главный недостаток действующей системы – слишком большой разрыв между плановыми проверками. За пять лет деревянный дом, особенно без своевременной консервации, может перейти из категории «требующий ремонта» в категорию «аварийный» с необратимой утратой декора. Решением могло бы стать привлечение волонтёров к ежегодному мониторингу состояния объектов. Волонтёрами могут выступать студенты строительных специальностей НГАСУ «Сибстрин», местные жители, неравнодушные к истории города, активисты общественных организаций. Волонтёры могли бы ежегодно проводить визуальный осмотр закреплённых за ними объектов, осуществлять фотофиксацию состояния фасадов и декоративных элементов. Это позволит сократить срок выявления проблем с пяти лет до одного года и создать ежегодную базу фотофиксации для отслеживания динамики разрушений. Помимо фотофиксации, волонтёры под руководством специалистов могли бы выполнять простейшие противоаварийные работы: укрепление фасадов, временный ремонт кровли, чтобы замедлить разрушение до прибытия реставраторов.

Предлагаем ввести для собственников обязанность ежегодного предоставления отчета с актуальными фотографиями фасадов и декоративных элементов, кратким описанием проведённых работ и информацией о произошедших утратах. Отчёт может подаваться в электронном виде через специальное приложение, что не создаст излишней бюрократической нагрузки, но будет дисциплинировать собственника. Необходимо привлекать частных инвесторов и спонсоров из числа коммерческих компаний. Инвесторам можно предложить размещение информации о компании на информационных табличках у отреставрированного объекта, упоминание в цифровых приложениях и на сайтах, посвящённых исторической застройке, создание специальной «доски почёта инвесторов» в мобильном приложении или на городском портале, публичную благодарность в СМИ и на мероприятиях.

Для небольших объектов или конкретных работ эффективным инструментом может стать краудфандинг – «это коллективное сотрудничество людей, которые добровольно объединяют свои деньги или другие ресурсы вместе, как правило, через Интернет, чтобы поддержать усилия других людей или организаций. – народный сбор средств через специализированные платформы» [3]. Подобный опыт уже есть в России: например, в селе Аромашево Вологодской области силами местных жителей, волонтёров и краудфандинга был восстановлен деревянный храм 1767 года.

Студенты строительных специальностей могут создавать 3D-визуализации отреставрированных объектов, которые используются в краудфандинговых кампаниях для наглядности – это и учебная задача, и реальная помощь. Все предложенные меры могут быть объединены в рамках единой цифровой платформы – мобильного приложения и сайта, посвящённых деревянному зодчеству Новосибирска. На этой платформе волонтёры смогут загружать фото домов и вести историю наблюдений, собственники – подавать ежегодные отчёты и получать напоминания о сроках, инвесторы – видеть «доску почёта» и информацию о доступных объектах, жители – сообщать о проблемах, жертвовать деньги и узнавать историю домов, студенты – смогут пополнять цифровой архив декора, а инспекция – получать оперативные данные о состоянии объектов. Отдельная важная функция – создание базы данных элементов декора: наличников, карнизов, резьбы. Пока уникальные узоры не исчезли окончательно, их необходимо фиксировать с помощью фотограмметрии. Фотограмметрия – это область науки, которая занимается получением точных измерений из фотографических и цифровых снимков, что позволит сохранить информацию для будущих реставраций и для изучения [4].

Видеоматериалы, фиксирующие состояние деревянной застройки (например, видеообзор на платформе RuTube [5]), позволяют наглядно зафиксировать актуальное состояние объектов на конкретную дату. Такая видеофиксация может служить дополнительным источником информации для мониторинга динамики изменений и утрат.

Заключение

Проведённое обследование деревянной застройки «тихого центра» Новосибирска (улицы Каинская, Коммунистическая, Октябрьская, Чаплыгина, Максима Горького) и интервью с заместителем начальника Государственной инспекции по охране объектов культурного наследия Новосибирской области позволяют сделать следующие выводы.

В ходе визуального осмотра выявлено, что значительная часть деревянных домов начала XX века находится в неудовлетворительном состоянии. Основные дефекты – биологическое поражение древесины (гниение, грибок) и массовая утрата элементов декоративной резьбы. Установлено, что главными причинами сложившейся ситуации являются: недостаточная периодичность плановых проверок (раз в пять лет), высокая стоимость реставрационных работ, отсутствие экономических стимулов у собственников, сложности с согласованием в многоквартирных домах, а также суровые климатические условия Сибири, требующие адаптации традиционных методов реставрации.

Для решения обозначенных проблем предлагается комплекс мер, которые могут быть объединены в рамках единой цифровой платформы – мобильного приложения и сайта, посвящённых деревянному зодчеству Новосибирска. На этой платформе волонтёры смогут загружать фото домов и вести историю наблюдений, собственники – подавать ежегодные отчёты и получать напоминания о сроках, инвесторы – видеть «доску почёта» и информацию о доступных объектах, жители – сообщать о проблемах, жертвовать деньги и узнавать историю домов, а инспекция – получать оперативные данные о состоянии объектов. Отдельная важная функция – создание базы данных элементов декора: наличников, карнизов, резьбы с использованием фотограмметрии для последующего воссоздания утраченных фрагментов.

Только комплексный подход, сочетающий общественные инициативы, экономические стимулы, современные цифровые инструменты мониторинга и учёт климатических особенностей региона, способен сохранить уникальное деревянное зодчество Новосибирска для будущих поколений.

Список использованных источников

1. Неудобное наследие: почему деревянное зодчество Русского Севера на грани исчезновения [Электронный ресурс] // Русское географическое общество : [сайт]. – 22.10.2020. – URL: *https://rgo.ru/activity/redaction/articles/neudobnoe-nasledie-pochemu-derevyannoe-zodchestvo-russkogo-severa-na-grani-ischeznoveniya/* (дата обращения: 05.04.2026).

2.Котович Л.В. Под стук колес Новосибирского метро: истории, рассказанные моей внучке Сонечке. – Новосибирск : Изд-во НГПУ, 2022. – 104 с. – URL: *https://bsk.nios.ru/sites/bsk.nios.ru/files/books/kotovichvstavka.pdf* (дата обращения : 06.04.2026).

3.Краудфдинг // Википедия: свободная энциклопедия.-URL: *https://ru.wikipedia.org/wiki/Краудфдинг* (дата обращения : 06.04.2026) – Текст : электронный.

4. Что такое фотограмметрия? // Архитектурная фотограмметрия.– 2021. – URL: *https://photogrammetria.ru/440-chto-takoe-fotogrammetrija.html* (дата обращения : 06.04.2026) – Текст : электронный.

5. Как там было в Новониколаевске (видеозапись) // RuTube: видеохостинг.– URL *https://rutube.ru/plst/1465059/* (дата обращения 06.04.2026)

УДК 711.4:725.4

Адаптивное использование нефтехранилищ: методы трансформации промышленного наследия в общественные пространства

*Татаринова Е.С. *, студент; Федулов Д.М., старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: liza.luceum.tat@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы и перспективы ревитализации территорий бывших нефтеперерабатывающих заводов и нефтехранилищ в условиях современной урбанизации. Актуальность исследования обусловлена расширением границ городов и включением промышленных зон в городскую ткань. В статье анализируются специфические архитектурно-планировочные особенности нефтехранилищ, выявляет ключевые риски, связанные с экологической безопасностью, и классифицируются методы адаптивного использования данных объектов. На основе анализа зарубежного и отечественного опыта предлагаются стратегии трансформации индустриальных резервуаров в культурно-досуговые и рекреационные центры. Делается вывод о том, что грамотная ревитализация нефтехранилищ способствует устойчивому развитию города, сохранению исторической памяти и повышению качества городской среды.

Ключевые слова: градостроительство, адаптивное использование, промышленное наследие, нефтехранилища, ревитализация, общественные пространства.

Научный руководитель – старший преподаватель корпоративной кафедры Министерства строительства Нижегородской области и Министерства градостроительной деятельности и развития агломераций Нижегородской области Федулов Денис Михайлович.

Введение

Современный этап развития городов характеризуется реконструкцией бывших промышленных пространств. Производства, расположенные ранее на окраинах города, оказываются в центре застройки, создавая конфликты между промышленной функцией и жилой средой.

Особую категорию в структуре промышленного наследия занимают объекты нефтехранения и нефтепереработки. Они обладают уникальной объемно-пространственной организацией, монументальностью форм и специфической эстетикой, однако их ревитализация сопряжена с рядом сложных технических и экологических задач.

Традиционный снос таких объектов ведет к утрате исторической идентичности места и требует значительных ресурсов. В связи с этим метод адаптивного использования становится приоритетным направлением в современном градостроительстве.

Целью данной статьи является анализ методов трансформации нефтехранилищ в общественные пространства и выявление градостроительных принципов, обеспечивающих безопасность и функциональную эффективность таких проектов.

Специфика объекта исследования: нефтехранилища как элемент промышленного наследия

Нефтехранилища представляют собой комплекс инженерных сооружений, включающий резервуары (вертикальные стальные, железобетонные), системы трубопроводов, насосные станции и вспомогательные здания. С точки зрения архитектуры и градостроительства, эти объекты обладают рядом отличительных черт:

– масштаб и доминантность. Резервуары часто имеют значительную высоту и диаметр, формируя визуальные доминанты на плоском ландшафте;

– замкнутость контура. Территории нефтебаз исторически изолированы ограждениями и зонами безопасности, что создает барьеры для городских пешеходных потоков;

– уникальная конструкция. Цилиндрическая форма резервуаров предлагает гибкие возможности для внутренней планировки при реконструкции;

– экологические риски. Почвы и грунтовые воды на таких территориях часто загрязнены нефтепродуктами, что требует предварительной ремедиации.

Сохранение таких объектов позволяет сохранить «индустриальную память» места, превращая негативное наследие в креативное и культурное пространство.

Методология адаптивного использования

Адаптивное использование нефтехранилищ не имеет четкого шаблона. Выбор оптимального варианта трансформации зависит от множества факторов – от конструктивной безопасности до социальной востребованности, что согласуется с подходами многокритериального анализа решений [1]. Можно выделить четыре основных метода трансформации:

1) Метод консервации и музеификации. Такой подход предлагает сохранение объектов в неизменном виде с целью демонстрации исторического наследия. Резервуары могут быть использованы как экспозиционные площадки, арт-объекты или элементы ландшафтного дизайна. Пример: Использование резервуаров как каркаса для вертикального озеленения или световых инсталляций. Создание узнаваемого образа района, сохранение исторической достоверности.

2) Метод изменения функций территории. Наиболее распространенный метод, подразумевающий изменение функционала здания при сохранении несущего каркаса. Внутри резервуаров могут размещаться: культурные центры (театры, концертные залы) благодаря хорошей акустике цилиндрических объемов, спортивные комплексы (скалодромы, бассейны), торгово-развлекательные пространства (рестораны, магазины) [2].

3) Метод интеграции в новую застройку. Старые нефтехранилища становятся частью новых архитектурных комплексов. Они могут служить атриумами, холлами или уникальными офисными пространствами внутри новых зданий. Градостроительным эффектом является – связь истории и современности, повышение коммерческой привлекательности новой недвижимости за счет уникальности локации.

4) Ландшафтно-рекреационная трансформация Территория нефтебазы превращается в общественный парк, где резервуары выступают как малые архитектурные формы или павильоны. Трубопроводы могут быть превращены в пешеходные дорожки или элементы пергол. Например, парк на месте промышленной зоны, где техника становится частью игровых площадок.

Экологические и технические критериибезопасности

Ключевым отличием ревитализации нефтехранилищ от других промышленных объектов (например, текстильных фабрик) является высокий уровень экологической опасности. Перед

началом любых архитектурных работ необходимо проведение комплекса мероприятий для очистки почв.

1) Очистка резервуаров. Полная утилизация остатков нефтепродуктов, шлифовка и обработка внутренних поверхностей;

2) Рекультивация почв. Замена или очистка загрязненного грунта в зоне строительства общественных пространств;

3) Конструктивная безопасность. Оценка коррозионного износа металла. Часто требуется усиление несущих конструкций или частичная замена элементов;

Игнорирование этих этапов может привести к долгосрочным негативным последствиям для здоровья посетителей и устойчивости зданий.

Социально-экономический эффект ревитализации

Трансформация нефтехранилищ в общественные пространства решает несколько градостроительных задач одновременно:

1) Ликвидация депрессивных «серых» зон. Заброшенные промышленные территории часто становятся очагами криминала. Их освоение повышает безопасность района [3];

2) Создание точек притяжения. Уникальная архитектура бывших нефтебаз привлекает туристов и жителей других районов, стимулируя развитие локального бизнеса (кафе, сувениры, сервис);

3) Разгрузка центра города. Создание культурных кластеров на периферии позволяет распределить потоки посетителей и снизить нагрузку на исторический центр.

Примеры реализации и лучшие практики

Мировой опыт демонстрирует успешные кейсы адаптации подобных объектов. Например, исследования постиндустриальной регенерации в Шанхае показывают, что устойчивая ревитализация возможна только при одновременном учёте физического, экономического, социального и культурного аспектов, собранных в единую модель развития территории [4]. В контексте адаптивного использования нефтехранилищ данная методология предполагает не только техническую реабилитацию конструкций, но и разработку экономически жизнеспособных функциональных сценариев, вовлечение локального сообщества в процесс со-проектирования, а также сохранение индустриальной эстетики резервуаров. Такой комплексный подход позволяет трансформировать изолированную промышленную зону в органичный общественный центр, способствующий повышению качества жизни в районе и формированию новой культурной идентичности территории.

Яркими иллюстрациями данной методологии служат два китайских проекта:

1) Tank Shanghai (Шанхай) – комплекс из пяти бывших резервуаров для авиационного топлива, преобразованных бюро OPEN Architecture в многофункциональный арт-кластер на набережной Вест-Банд. Проект сохранил индустриальную идентичность объектов, адаптировав их под выставочные залы, концертные площадки, ресторан и общественное пространство, при этом интегрировав территорию в городскую ткань через ландшафтную концепцию «Super Surface»

2) Cotton Park (Чанчжоу) – ревитализация четырёх нефтехранилищ, реализованная студией AIM Architecture. Архитекторы сделали акцент на сохранении массивных стен резервуаров и использовании естественного верхнего освещения, создав внутри камерные пространства для культурных событий и гастрономии. Проект демонстрирует, как техническая реабилитация конструкций может сочетаться с формированием новой социальной функции и укреплением локальной идентичности

В России данный направление находится в стадии становления. Однако, как отмечают исследователи, эффективное управление ревитализацией промышленных территорий требует комплексного подхода, включая интеграцию объекта в существующую улично-дорожную сеть и транспортную инфраструктуру [5].

Заключение

Адаптивное использование нефтехранилищ является сложным, но перспективным направлением современного градостроительства. Оно позволяет не только решить проблему заброшенных промышленных территорий, но и обогатить городскую среду уникальными архитектурными объектами и новыми общественными пространствами.

Успешная трансформация возможна при соблюдении трех условий:

1) Проведение тщательной экологической экспертизы и ремедиации;

2) Разработка гибкого функционального сценария, востребованного местным сообществом;

3) Интеграция объекта в существующую улично-дорожную сеть и транспортную инфраструктуру.

Ревитализация нефтехранилищ – это шаг от индустриального прошлого к устойчивому экологичному будущему.

Список использованных источников

1. Bottero M., D'Alpaos C., Oppio A. Ranking of Adaptive Reuse Strategies for Abandoned Industrial Heritage in Vulnerable Contexts: A Multiple Criteria Decision Aiding Approach // Sustainability. – 2019. – Vol. 11. – № 3. – Art. 785. URL: *https://doi.org/10.3390/su11030785* (дата обращения: 24.03.2026).

2. Анализ накопленного опыта по реконструкции промышленных территорий на примере городов Германии / М. П. Гришина, А. Е. Толмачев, А. М. Сираева, Н. Г. Орлова // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2021. – № 2(56). – С. 94-104. – DOI 10.52409/20731523_2021_2_94.

3. Палий К. Р., Палий Р. Р. Ревитализация индустриального наследия как фактор повышения качества городской среды Санкт-Петербурга // Управленческое консультирование. – 2023. – № 8. – С. 138–146.– URL: *https://elibrary.ru/uwkwpn* (дата обращения: 24.03.2026).

4. Sun M., Chen C. Renovation of industrial heritage sites and sustainable urban regeneration in post-industrial Shanghai // Journal of Urban Affairs. – 2021. – Vol. 45. – № 4. – P. 729–752. URL: *https://doi.org/10.1080/07352166.2021.1881404* (дата обращения: 24.03.2026).

5. Лопаткин Д. С., Шушунова Т. Н., Вакуленко В. Ф., Лашманкина К. Ю. Управление развитием городской среды на основе ревитализации промышленных территорий // Транспортное дело России. – 2022. – № 4. – С. 80–82. – URL: *https://elibrary.ru/vbpvox* (дата обращения: 24.03.2026).

УДК 721.011:69.032.22:620.92

Высотные энергоэффективные здания: аспекты проектирования

*Тимина М.М. *, студент; Агеева Е.Ю., док. филос. наук, проф. каф арх., доцент, советник РААСН*

* Ответственный за переписку: maria.timina2017@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В данной статье рассматриваются ключевые аспекты проектирования энергоэффективных высотных зданий. Анализируются современные подходы к снижению энергопотребления, включая архитектурно-планировочные решения, применение высокотехнологичных ограждающих конструкций и интеллектуальных инженерных систем. Приводятся примеры реализации концепции «зеленого» строительства в мировой практике и актуальные разработки.

Ключевые слова: энергоэффективность, высотное строительство, рекуперация, интеллектуальные системы, возобновляемая энергия, «умный» фасад.

Научный руководитель – профессор кафедры архитектуры, доктор философских наук, доцент, советник Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН) Агеева Елена Юрьевна.

Введение

В эпоху глобальных климатических вызовов и урбанизации высотные здания становятся преобладающей формой городской застройки, обеспечивая эффективное использование ограниченных земельных ресурсов. По данным ООН, к 2050 году более 68% мирового населения будет проживать в городах, что потребует строительства миллионов квадратных метров высотных объектов.

Однако небоскребы традиционно являются крупными потребителями энергии. По оценкам экспертов, на отопление, вентиляцию и освещение высотных зданий приходится до 30-40% эксплуатационных затрат.

Поэтому одним из ключевых требований к таким зданиям сегодня становится энергоэффективность – способность минимизировать потребление энергии при сохранении комфортных условий для пользователей, что обусловлено глобальными экологическими проблемами (рост углеродного следа) и экономической целесообразностью.

Архитектурные особенности таких объектов ориентированы на оптимизацию инсоляции и аэродинамики, конструктивные – на легкие высокопрочные материалы с повышенной теплоизоляцией, а технологические – на системы «умного» управления и возобновляемые источники энергии.

Цель данной работы – изучить и проанализировать современные технологии, позволяющие снизить энергоемкость высотных зданий.

Современные высотные здания – это не просто объекты, достигающие значительной высоты, они представляют собой комплексное решение, объединяющее инновационные архитектурные, конструктивные и технологические подходы к проектированию, строительству и эксплуатации.

Архитектурные решения как основа энергосбережения. Энергоэффективность здания закладывается еще на стадии эскизного проектирования. Форма здания, его ориентация по сторонам света и фасадные решения играют критическую роль. Классическим примером пересмотра подхода к высотному строительству стал небоскреб «Коммерцбанк-Тауэр» во Франкфурте-на-Майне (арх. Норман Фостер, 1997 г.). Авторы проекта отказались от сплошного кондиционирования в пользу естественной вентиляции. Здание спроектировано с атриумами и зимними садами, которые выступают в роли «легких» башни, а двуслойные фасады позволяют проветривать помещения под действием ветра и гравитации, минимизируя затраты энергии [1]. Само здание и его план можно посмотреть на рис.1.

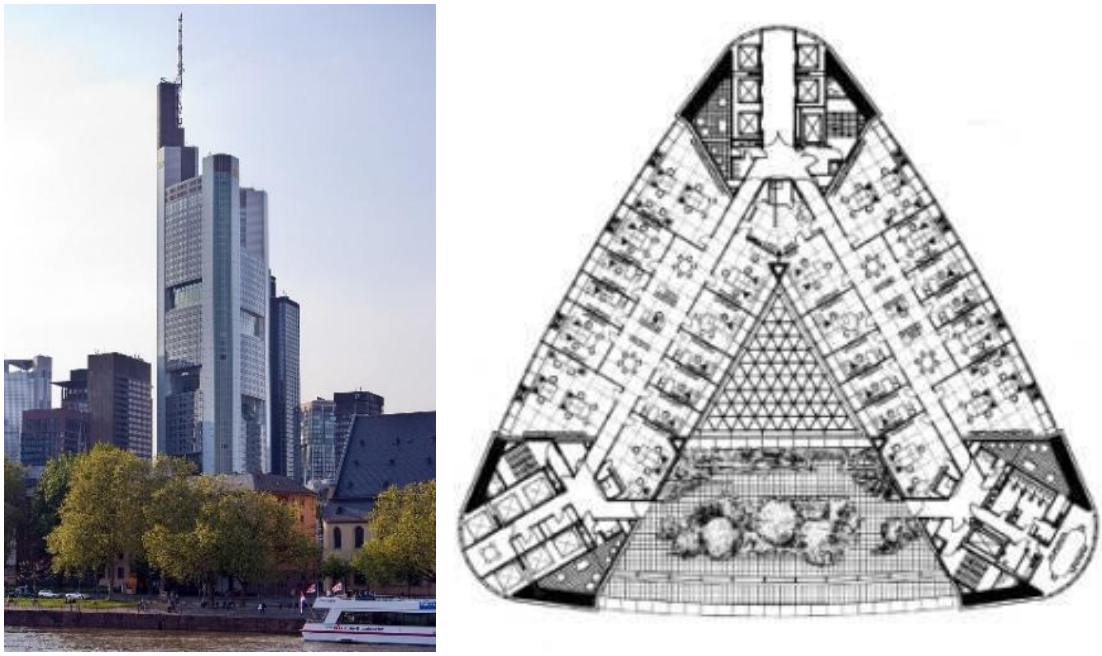


Рисунок 1– Здание «Коммерцбанк-Тауэр» в форме треугольника с внутренним атриумом [2]

Дальше – больше. Сегодня архитекторы пошли еще дальше и начали встраивать солнечные батареи прямо в ограждающие конструкции. Это называется интеграцией фотоэлектрики в фасады. Один из первых и самых громких примеров – башня CIS Tower в Манчестере (2005 г.), представлено на рис. 2. Так, сервисная часть здания была покрыта более чем 7000 солнечных панелей, что превратило небоскреб в крупнейший вертикальный солнечный генератор Европы. А чтобы совсем уж не зависеть от сети, на крыше поставили ветряки – они закрывают около 10% потребностей здания [3]. Но китайцы в Циндао в 2025 году пошли дальше: построили башню с прозрачными солнечными панелями вместо обычного остекления, представлено на рис. 3. Они покрывают 25% ежедневных потребностей в энергии, а система хранения на отработанных аккумуляторах электромобилей делает здание практически нулевым по углеродному следу [4].

Рисунок 2 – Слева – Здание «CIS Tower» [3]; справа – Башня в Циндао [4]

Высотное здание – это вертикальный город, требующий наличие «умных» технологий и сложных инженерных решений. И главная задача здесь – не дать энергопотреблению выйти из-под контроля.

Одно из самых эффективных решений – рекуперация тепла. В высотках огромный воздухообмен, и греть приточный воздух «с нуля» – непозволительная роскошь. Роторные и пластинчатые рекуператоры перехватывают тепло из вытяжки и возвращают его обратно в систему. Эффект – сокращение затрат на 60–75%. Это не просто теория: в магистерской диссертации выпускника СПбПУ И.А. Овчинникова разобран реальный кейс офисного здания в Петербурге. Там внедрение таких систем вывело объект на класс А++ и дало экономию более 2,5 млн рублей в год [5].

Также снизить нагрузку на сети позволяет интеллектуальное управление освещением. Сочетание светодиодных светильников с датчиками движения и освещенности, регулирующими яркость в зависимости от наличия естественного света, дает экономию до 20–25% электроэнергии.

Но самый, пожалуй, недооцененный резерв – это тепловые пункты. Регулировка подачи тепла является слабым местом многих зданий. Именно поэтому открытие лаборатории гидравлических режимов индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) в ННГАСУ в 2025 году является важным шагом. Как отметил председатель комитета по ЖКХ Законодательного собрания Нижегородской области Владимир Беспалов, эта лаборатория позволит студентам моделировать аварийные ситуации и изучать оборудование, которое может снижение уровня энергопотребления и расходы на отопление до 20%.

Новейшие научные исследования демонстрируют переход к динамическим (адаптивным) фасадным системам. Работа корейского ученого Хо-Суна Чоя (Гонконгский Университет), опубликованная в журнале Applied Sciences в феврале 2026 года, предлагает подход, суть которого заключается в программировании фасадных элементов на автоматическую регулировку угла наклона в зависимости от сезонных изменений высоты и азимута солнца. Это позволяет максимизировать выработку электроэнергии фотогальваническими элементами, расположенными на фасаде.

Более того, исследование предлагает нетрадиционную «мостовую» конфигурацию жилых комплексов, при которой здания ориентированы не строго на юг, а с отклонением к юго-востоку и юго-западу. Модели показали, что такая трехмерная организация пространства в сочетании с адаптивными фасадами обеспечивает более высокий уровень выработки возобновляемой энергии по сравнению с традиционной линейной застройкой [6].

Современная тенденция – не просто снижать вред, но и создавать здоровую среду. Концепция «вертикального урбанизма» предполагает интеграцию природы в тело здания. Ярчайшим примером является строящаяся в Сиднее гибридная деревянная башня высотой 183 метра (проект SHoP Architects и BVN), представлена на рис. 4. Это будет самое высокое в мире многофункциональное здание с использованием массива древесины. Бетонное ядро и стальной экзоскелет обеспечивают устойчивость, а деревянные конструкции снижают углеродный след. Здание включает террасные сады, вертикальные озелененные поверхности и большие окна для максимального использования естественного света. На экзоскелете монтируются вертикальные фотоэлектрические панели, что позволит зданию полностью работать на возобновляемой энергии [7].

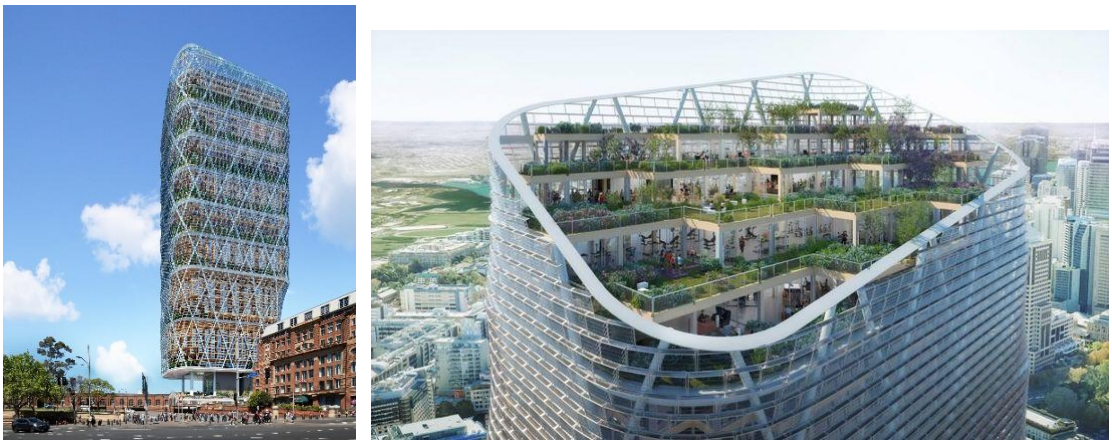


Рисунок 4 –Гибридная башня в Сиднее [7]

Зеленые насаждения на фасадах и кровлях выполняют не только эстетическую функцию: они обеспечивают естественное затенение, снижают риск перегрева и, как следствие, потребность в кондиционировании, а также способствуют очистке воздуха [7].

Внедрение энергоэффективных технологий требует значительных первоначальных инвестиций. Однако анализ жизненного цикла здания доказывает их целесообразность. Экономия на эксплуатационных расходах позволяет окупить затраты на «умные» фасады и инженерные системы за 5–10 лет.

Заключение

Подытожим все вышесказанное. Технологическая революция в высотном строительстве уже случилась. Мы видим объекты, которые не просто экономят энергию, а сами её производят. Прозрачные панели в Циндао, умные фасады в Тайбэе, аккумуляторы «второй жизни» – это не прототипы, это уже существующие технологии. Указанные решения подтверждают техническую готовность отрасли к тиражированию концепции «net-zero» (нулевой уровень выбросов).

Основной проблемой оказывается не наличие технологий, а их включение в ткань существующего города. Корейский проект с «мостовыми» высотками как раз про это. Традиционные методы квартальной застройки не в полной мере учитывают потенциал фасадов как источников энергии. Появляется необходимость пересмотра градостроительных подходов.

Грамотный инженер сегодня – это человек, который умеет экономить миллионы еще на стадии проектирования и наладки.

Что касается России, высотные здания развивается преимущественно в столичных регионах и крупных городских агломерациях – Москве, Санкт-Петербурге, а также в Нижнем Новгороде. Именно здесь формируется запрос на энергоэффективные технологии, и именно здесь должна разворачиваться работа по адаптации зарубежного опыта к российским условиям.

Лаборатории ННГАСУ, ориентированные на изучение ИТП и лучистых систем отопления, – это первый, но важный шаг к формированию школы энергоэффективного проектирования, способной отвечать на вызовы времени. Через 10–15 лет энергоэффективность станет не преимуществом, а обязательным стандартом, и от того, насколько быстро отрасль адаптируется к этому стандарту, зависит ее глобальная конкурентоспособность.

Список использованных источников

1. Обзор зарубежных энергоэффективных зданий // Журнал «Сантехника, Отопление, Кондиционирование». – URL: *https://www.c-o-k.ru/review/samye-izvestnye-v-mire-energoeffektivnye-zdaniya* (Дата обращения: 13.03.2026)

2. Шерстобитов, А. В. Экологический анализ Коммерческого банка во Франкфурте [Электронный ресурс] : реферат / А. В. Шерстобитов ; рук. П. М. Жук ; Государственный университет по землеустройству, Кафедра строительства. – Москва, 2015. – 8 с. – URL: *https://studfile.net/preview/3578078/* (Дата обращения: 13.03.2026)

3. CIS Tower [Электронный ресурс] // Wikipedia: The Free Encyclopedia. – URL: *https://en.wikipedia.org/wiki/CIS_Tower* (Дата обращения: 13.03.2026)

4. China: Solar curtains, retired EV batteries power world’s first zero-carbon tower // АЗЕРТАДЖ. – 26.08.2025. – URL: *https://azertag.az/en/xeber/china_solar_curtains_retired_ev_batteries_power_worlds_first_zero_carbon_tower-3715227* (Дата обращения: 13.03.2026) – Текст : электронный.

5. Овчинников И.А. Энергоэффективные технологии в высотном строительстве на примере офисного здания: выпускная квалификационная работа магистра: направление 08.04.01 «Строительство» / И.А. Овчинников; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-строительный институт. – Санкт-Петербург, 2025.– URL: *https://elib.spbstu.ru/dl/3/2025/vr/vr25-3704.pdf* (Дата обращения: 13.03.2026)

6. Choi H.-S. Sustainable Urban Planning for High-Rise Residential Complexes Using an Adaptive Facade System // Applied Sciences. – 2026. – Vol. 16, No. 3. – P. 1574. – URL: *https://www.mdpi.com/2076-3417/16/3/1574* (Дата обращения: 13.03.2026) – Текст : электронный.

7. Мечта экопоселений в центре города: как Сидней построит самую экологичную высотку на планете // MySeldon. – 05.01.2026. – URL: *https://myseldon.com/ru/news/index/340143573* (Дата обращения: 13.03.2026) – Текст : электронный.

УДК 725.56

Современные тенденции проектирования геронтологических центров

Ткачева Е.В., магистрант

* Ответственный за переписку: st25.ev.tkacheva@nsuada.ru
Новосибирский государственный университет архитектурны, дизайна и искусств имени А. Д. Крячкова, Новосибирск

Аннотация. В данной статье анализируются существующие концепции проектирования геронтологических центров. Актуальность исследования обусловлена демографическими изменениями в обществе, которые требуют пересмотра установленных требований для проектирования геронтологических центров в России. Целью исследования является выявление типологических особенностей современных геронтологических центров. Объектом исследования в данной статье выступают геронтологические центры, предметом исследования – концепции проектирования современных геронтологических центров. В качестве основных методов исследования выделены анализ нормативных документов, анализ концепций проектирования геронтологических центров и сравнительный анализ объектов–аналогов. Результатом исследования является сформулированный ряд принципов проектирования современных геронтологических центров. Практическая значимость исследования заключается в предложении по дополнению существующих нормативных документов для проектирования объектов для пожилых людей и инвалидов, а также формирование основы для дальнейшего развития новых тенденций проектирования геронтологических центров в России.

Ключевые слова: геронтологические центры, концепции проектирования геронтологических центров, принципы проектирования геронтологических центров, современные тенденции проектирования геронтологических центров.

Введение

В современном мире происходят изменения в демографической структуре общества. В последние годы наблюдается значительный рост числа пожилых людей по всему миру. Согласно данным Министерства здравоохранения Российской Федерации доля россиян старше 60 лет к 2030 году превысит 25%. На начало 2026 года доля пожилых людей уже составляет 23,2%, что подтверждает необходимость в разработке современных специализированных учреждений, способных предоставить комплексную помощь и поддержку старшему поколению.

Проблема исследования заключается в применении в отечественной практике устаревших тенденций проектирования геронтологических центров, которые не в полном объёме отвечают требованиям современного общества.

Цель исследования – выявить типологические особенности современных геронтологических центров. Для достижения поставленной цели выделены следующие задачи:

– проанализировать современные концепции проектирования геронтологических центров;

– провести сравнительный анализ зарубежных и отечественных геронтологических центров;

– выявить типологические особенности современных геронтологических центров.

Ожидаемые результаты – выявление типологических особенностей геронтологических центров; разработка рекомендаций для проектирования геронтологических центров.

Теоретическая значимость исследования заключается в предложении по дополнению нормативных документов, таких как СП 145.13330.2020 «Дома-интернаты. Правила проектирования» [1] и СП 146.13330.2012 «Геронтологические центры, дома сестринского ухода, хосписы. Правила проектирования» [2], а также в формулировке принципов проектирования современных геронтологических центров.

Практическая значимость – формирование новых тенденций проектирования геронтологических центров в России.

Согласно СП 146.13330.2012 [2], геронтологический центр (ГРЦ) – социально-медицинское учреждение, предназначенное для постоянного, временного (сроком до шести месяцев) или пятидневного в неделю проживания мужчин старше 65 лет и женщин старше 60 лет, и инвалидов, частично или полностью утративших способность к самообслуживанию и нуждающихся в постоянном постороннем уходе, обеспечивающее условия жизнедеятельности, соответствующие их возрасту и состоянию здоровья, проведения мероприятий медицинского, психологического, социального характера (п. 3.1 в ред. Изменения N 2, утв. Приказом Минстроя России от 23.12.2020 N 833/пр).

Материалы и методы

Исследование основано на изучении нормативных документов и научной литературы, а также на сравнительном анализе зарубежного и отечественного опыта проектирования геронтологических центров. В результате работы выявлены и сформулированы принципы проектирования современных геронтологических центров, которые формируют методологическую основу для дальнейшего развития тенденций проектирования геронтологических центров.

Результаты и обсуждение

В период 1996 – 2004 годы в России разрабатывалась программа «Старшее поколение», в рамках которой появились первые разговоры об учреждениях нового типа для пожилых людей и инвалидов [3]. Однако концепции проектирования геронтологических центров до сих пор носят традиционный характер с жёсткой иерархической структурой, чётким разделение блоков по уровню самостоятельности с ограниченностью рекреационных и общих пространств.

СП 146.13330.2012 [2] определяет нормы для территории проектирования геронтологического центра, такие как максимальная приближённость к местам проживания потенциальных пациентов, размер земельного участка, площадь озеленения, а также необходимость предусмотрения мест отдыха. Однако нет чётких требований для функционально-планировочных решений, что влияет на общий комфорт жителей геронтологических центров, так как до сегодняшнего дня вопросы социальной интеграции и бытовой адаптации пожилых людей и инвалидов остаются малоизученными [4,5].

Схема взаимосвязей групп помещений геронтологического центра представлена на рисунке 1.

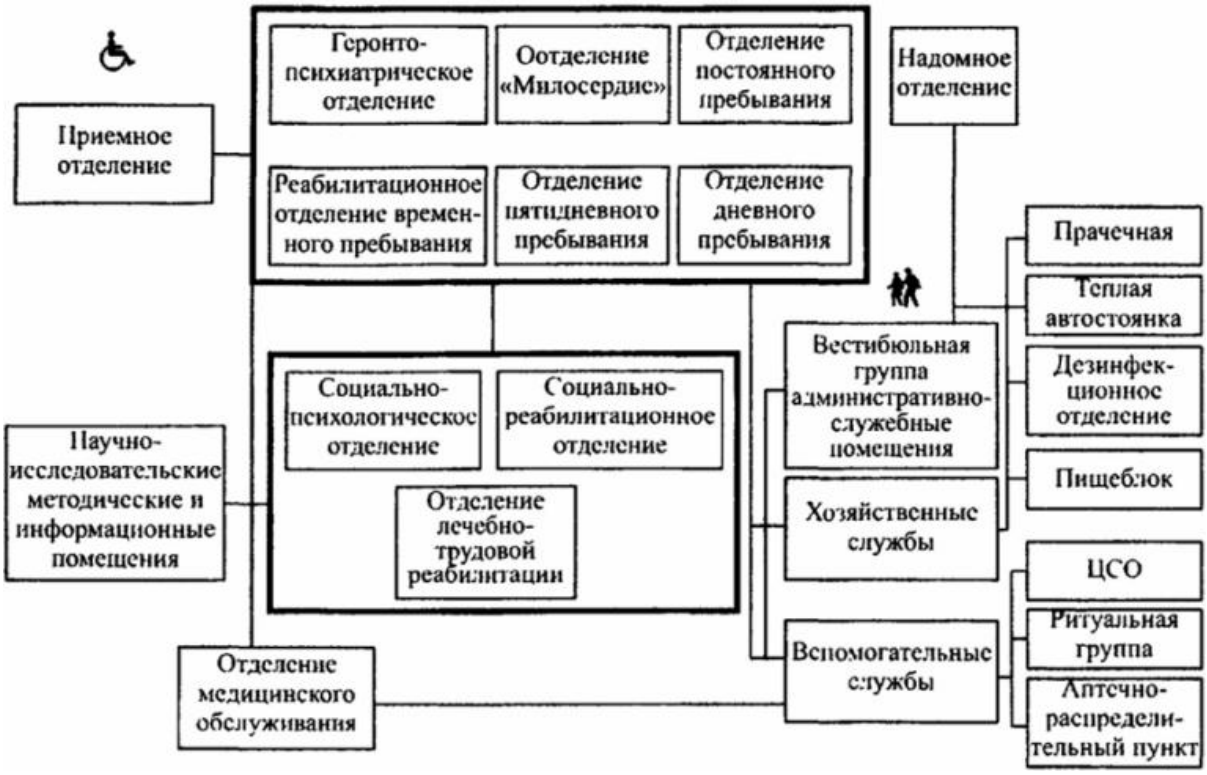


Рисунок 1 – Функциональные связи групп помещений геронтологического центра [2]

Схема комплексно охватывает ключевые аспекты медицинского, социального и психологического обслуживания пожилых людей; даёт возможность адаптации условий под разные категории пожилых людей и инвалидов с учётом их физического и психического состояния.. Однако не предусматривает зоны для социальной активности и досуга внутри геронтологического центра, что препятствуют социальной интеграции пожилых людей.

Исследователи нашей страны, а также датский антрополог Макс Педерсен провели исследования, которые показали, что наиболее удобными и предпочтительными типам жилья для пожилых людей являются индивидуальные и блокированные жилые дома [6,7]. 43% опрошенных в России выразили желание проживать вблизи со своими близкими. В соответствии с этим Шавалиева А.А. и Копсова Т.П. выделили для себя основные принципы организации жилой среды для пожилых людей, такие как универсальность – пространство отвечающее потребностям граждан разных категорий; структурность или чёткое зонирование пространства – организация пространства и взаимосвязь различных функциональных зон; динамичность – пространство способно меняться под нужды потребителя, эргономичность – формирование среды в зависимости от физических и психологических особенностей потребителя; ассоциативность – визуальное понимание функции пространства и разработали модель совместно-раздельного проживания [6] (представлено на рисунке 2).

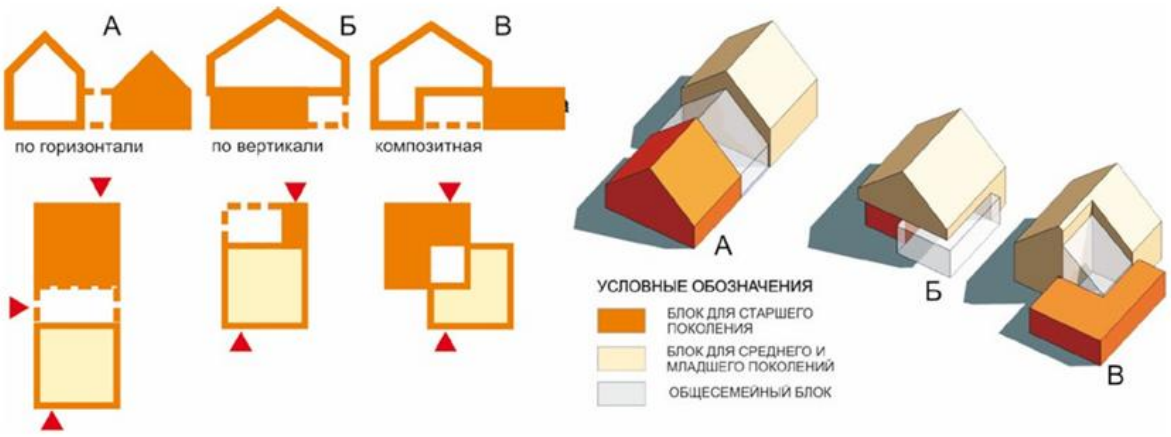


Рисунок 2 – Приёмы блокировки жилых ячеек и зонирования по блокам в условиях совместно-раздельного проживания нескольких поколений [6]

Исследование [7] показало, что 98% пожилых людей Дании предпочитает проживать в общинах совместного проживания, так называемых коммунах. Примером реализации такой идеи является проект Кирсти Сивена и Аско Такалы жилой комплекс «Котисатама» (представлено на рисунке 3), в котором прослеживается приемы блокировки жилых ячеек, представленные на рисунке 2. Жилой комплекс представляет собой жилищное сообщество, основанное на бытовой взаимопомощи членов сообщества и совместное использование части имущества и т.п. [8].

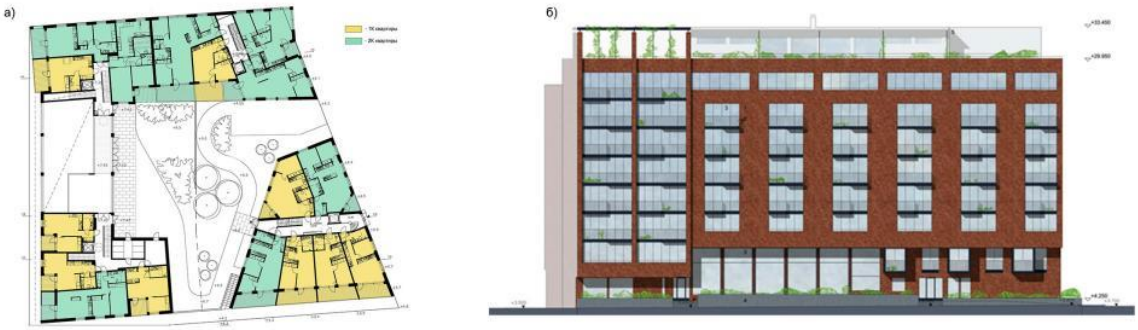


Рисунок 3 – Жилой комплекс «Котисатама»: а) план 1 этажа комплекса; б) внешний вид комплекса [9]

Одним из наиболее известным и удачным примером реализации адаптивной модели проектирования является деревня «Хогевейк» в Голландии (The Hogeweyk Dementia Village, представлено на рисунке 4). Принцип организации этого места основан на том, чтобы жители центра, могли чувствовать себя полноценными и жить так, как это делают здоровые люди, при этом находясь под круглосуточным наблюдением. Учитывая, что многие жители потеряли память ещё в далёком прошлом, интерьеры деревни оформлены в стиле 70-х годов, что создаёт атмосферу уюта и комфорта. Данная концепция поддерживает уникальные потребности пожилого человека, страдающего деменцией, его образ жизни и личные предпочтения. Из данного примера можно сформулировать принцип «нормализации» архитектурной среды – формирование привычной и домашней обстановки.

Авторы проекта перешли от вертикального строительства к горизонтальному строительству, более удобному для пожилых людей (представлено на рисунке 4 – а).

Рисунок 4 – Деревня «Хогевейк» в Голландии: а) «Концепция горизонтального строительства»; б) План; в) Модель деревни «Хогевейк» [10]

Отечественный опыт проектирования изначально мало ассоциировался с комфортными условиями. Как правило, в геронтологических центрах не хватало ресурсов для обеспечения достойного уровня жизни, поэтому многие учреждения не могли предложить необходимые условия для комфортного проживания. В последнее время ситуация начала меняться, и социальное обслуживание пожилых людей стало одним из основных направлений финансирования государства, в результате чего начали проводиться конкурсные программы проектирования геронтологических центров, где можно увидеть современные объекты (представлено на рисунке 5), которые учитывают как нормативные требования и схему связи функциональных групп, так и современные принципы проектирования.

Авторы проекта представили трёхэтажный геронтологический центр, ориентированный на горизонтальное строительство, что предпочтительно для людей пожилого возраста с учётом их физических возможностей. Функциональная программа делится на пять основных блоков: номера для независимого проживания; номера для ассистированного проживания; номера для квалифицированного сестринского ухода; номера для гериатрического ухода и реабилитации; сопутствующая инфраструктура. Типовой блок может существовать как отдельное самостоятельное здание на 40 мест или же блоки могут объединяться в более крупную структуру вмещающую от 80 до 160 мест (взято со страницы проекта: *дом для пожилых людей – Архитектурное бюро DK*).

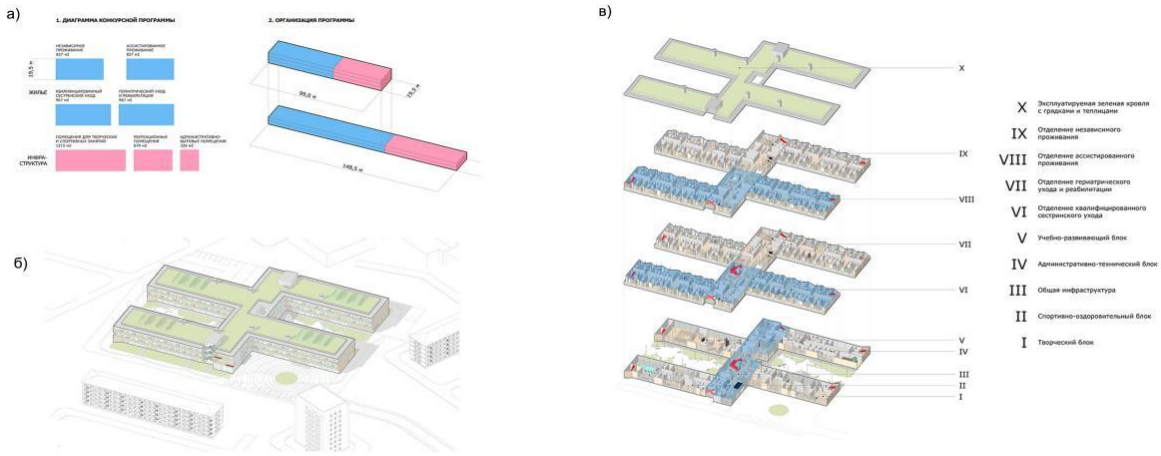


Рисунок 5 – Конкурсный проект геронтологического центра: а) Анализ; б) Модель проекта; в) Функциональная схема [11]

Заключение

В ходе исследования мы проанализировали нормативные документы, научную литературу и концепции проектирования современных геронтологических центров, провели сравнительный анализ геронтологических центров и выявили принципы их проектирования:

универсальность, структурность и динамичность архитектурной среды, эргономичность и ассоциативность, «нормализация» архитектурной среды.

На примерах мы увидели, что применение модульной системы и «горизонтальное строительство» с интуитивно понятной организацией пространства являются наиболее предпочтительными для проектирования учреждений для пожилых людей и инвалидов. Дополнительно можно отметить, что каждый рассмотренный пример стремится уделить внимание обеспечению мобильности проживающих и созданию безбарьерного пространства.

Полученные результаты исследования задают основу для разработки новых тенденций проектирования геронтологических центров в России.

Список использованных источников

1. СП 145.13330.2020 «Дома-интернаты. Правила проектирования»

2. СП 146.13330.2012 «Геронтологические центры, дома сестринского ухода, хосписы. Правила проектирования»

3. Смирнов Г. С. Федеральная программа «Старшее поколение» как показатель эффективности программно-целевого планирования в сфере социальной защиты населения России в конце 1990-х – начале 2000-х гг // Вестник Томского государственного университета. История. – 2016. – №.1(39). – С. 37–45. *https://journals.tsu.ru/uploads/import/1372/files/1(39)_037.pdf*

4. Галкин К. А. Барьеры и неравенства для пожилых людей в городской среде в период пандемии COVID-19 // Россия реформирующаяся – 2021 – №19. – С. 65–86. *https://www.isras.ru/files/File/ezhegodnik/2021/Galkin_ezhegodnik_2021.pdf*

5. Короткова С. Г., Денисова Я.А. Методические основы формирования архитектурных пространств для проживания людей старческого возраста // Известия КГАСУ 2022 №4(62). – С.177-189 *https://izvestija.kgasu.ru/files/4_2022/177_189_Korotkova_Denisova.pdf*

6. Шавалиева, А. А., Копсова Т. П. Организация жилого пространства для пожилых людей при совместно-раздельном проживании сложных семей // Жилищное строительство. – 2013. – N 4.– С. 12–16. *http://rifsm.ru/u/fl/itm5785.pdf*

7. Max Pedersen Senior Co-Housing Communities in Denmark // Journal of Housing for the Elderly. – 2015. – №.29(1– 2). – С. 126 – 145. *https://doi.org/10.1080/02763893.2015.989770*

8. Андросов А. И., Копьева А. В., Масловская О. В. Анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования жилья для людей пожилого возраста // Новые идеи нового века: материалы международная научная конференция ФАД ТОГУ. – Т.2. 2017. – С.12–16. *https://elibrary.ru/yknioz*

9. Archi.ru. Коммуна XXI века. – URL: *https://archi.ru/world/71595/kommuna-xxi-veka* (Дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

10. Hogeweyk Dementia Village. – URL: *https://hogeweyk.dementiavillage.com* (Дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

11. DAINOV DK. Проект № 85. – URL: *https://dainov-dk.ru/ru/projects/85* (Дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

УДК 711

Генеральные планы 1781 года для новых уездных городов Нижегородской губернии

Тухватулина С.Г., студент *

* Ответственный за переписку: Sabina0474@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию регулярных планов 1781 года для новых уездных городов Нижегородской губернии. В работе рассматриваются особенности их градостроительной структуры, включая общую форму планов, принципы организации улично-квартальной сети, геометрию кварталов, а также размещение главных и второстепенных площадей. Изучаются планы Ардатова, Горбатова, Княгинина, Лукоянова, Перевоза, Починок, Семёнова и Сергача. Сравнительный анализ представлен в форме таблицы и композиционных схем генеральных планов городов. Особое внимание уделяется выявлению общих закономерностей и различий в планировочных решениях, обусловленных природными и функциональными факторами. В результате исследования определяется степень типизации градостроительных приёмов и их адаптации к локальным условиям, что позволяет глубже понять особенности реализации государственной градостроительной политики конца XVIII века.

Ключевые слова: губернская реформа 1775 года, регулярное градостроительство, уездные города, Нижегородская губерния, генеральные планы 1781 года, планировочная структура города, городские площади.

Научный руководитель – профессор кафедры архитектурного проектирования ННГАСУ, доктор архитектуры, доцент Лисицына Александра Владиславовна.

Вторая половина XVIII века стала важным этапом в развитии русского градостроительства. В результате административной реформы Екатерины II, закреплённой «Учреждением для управления губерний Российской империи» 1775 года, была сформирована новая система губернских и уездных городов, для которых разрабатывались регулярные генеральные планы [1]. Эти планы отражали стремление к упорядочению городской среды, внедрению принципов рациональности, симметрии и функционального зонирования [2].

На территории Нижегородского наместничества, учрежденного в 1779 году и позднее преобразованного в губернию, появилось девять новых уездных городов – Ардатов, Горбатов, Княгинин, Лукоянов, Макарьев, Перевоз, Починки, Семёнов, Сергач. За исключением Макарьева, созданного из слобод Макарьевского Троицкого Желтоводского монастыря, основу «вновь учрежденных» городов составляли села, относившиеся к государственной коллегии экономии. В соответствии с принципами российской градостроительной политики конца XVIII века их планировочную структуру и весь архитектурный облик предстояло сформировать заново.

Для выявления основных характеристик планировочной структуры новых уездных городов Нижегородской губернии проведён сравнительный анализ их первых генеральных планов, разработанных в 1781 году Комиссией о каменном строении Санкт-Петербурга и Москвы. Как известно, в Комиссии, которую в 1774-1796 годах возглавлял архитектор и градостроитель Иван Михайлович Лем, было выполнено в общей сложности более трехсот

генеральных планов для провинциальных городов России. В таблице 1 представлены сравнительные данные по восьми изучаемым городам.

Таблица 1 – Сравнительный анализ генеральных планов 1781 года для новых уездных городов Нижегородской губернии

Название города	Общая форма плана	Преобладающая форма кварталов	Расположение главной площади и ее форма	Наличие малых площадей
Перевоз	Компактный прямоугольник с одной выгнутой стороной	Прямоугольные, квадратные и трапециевидные	Расположена на краю плана, на берегу реки, прямоугольная	Отсутствуют
Сергач	Прямоугольник с одной скругленной стороной	Прямоугольные	Расположена на краю плана, на берегу реки, квадратная	Одна квадратная, в виде «кармана»
Горбатов	Прямоугольник с одной скругленной стороной	Прямоугольные, пятиугольные (рядом с малыми площадями)	Расположена на краю плана, у кромки крутого склона, прямоугольная	Две квадратные, развернуты по диагонали к кварталам
Починки	Прямоугольная трапеция с одной вогнутой стороной	Прямоугольные, пятиугольные (рядом с малыми площадями)	Расположена на краю плана, на берегу реки, прямоугольная	Две квадратные, развернуты по диагонали к кварталам
Ардатов	Многоугольник, симметричен относительно одной оси	Трапециевидные, близкие к прямоугольным	Расположена на краю плана, форма неопределенная (нет границ)	Одна квадратная, развернута по диагонали к кварталам
Княгинин	Пятиугольник, симметричен относительно одной оси	Трапециевидные	Расположена на краю плана, форма неопределенная (нет границ)	Отсутствуют
Лукоянов	Прямоугольник с одной скругленной стороной	Прямоугольные, трапециевидные, в виде параллелограмма	Расположена в центре города, прямоугольная	Отсутствуют
Семенов	Квадрат	В виде прямоугольной трапеции, треугольника и прямоугольника со скошенным углом	Расположена в центре города, квадратная	Четыре квадратные, развернуты по диагонали к кварталам

По данным из таблицы 1 ясно, что форма всех городских планов подчинена геометрической упорядоченности. Преобладают прямоугольные и многоугольные структуры, что соответствует принципам регулярного градостроительства XVIII века. Для формирования планов используются следующие принципы: прямоугольная сетка кварталов, веерная сетка кварталов, прямоугольная сетка кварталов с двумя диагоналями. Отдельные отклонения от строгой геометрии связаны с влиянием природных условий (рельеф, русла рек).

Рассмотрим особенности планировочных решений на примере отдельных городов Нижегородской губернии.

Планы Перевоза и Сергача, представленные на рис. 1, демонстрируют ориентированность этих городов на речной ландшафт: в обоих случаях главная площадь расположена вблизи реки. При этом их объединяет использование прямоугольной сетки кварталов как основной принцип планировки, а геометрия главных площадей сохраняет

регулярный характер – прямоугольную или близкую к квадрату форму, что отражает стремление к упорядоченной пространственной структуре [3].

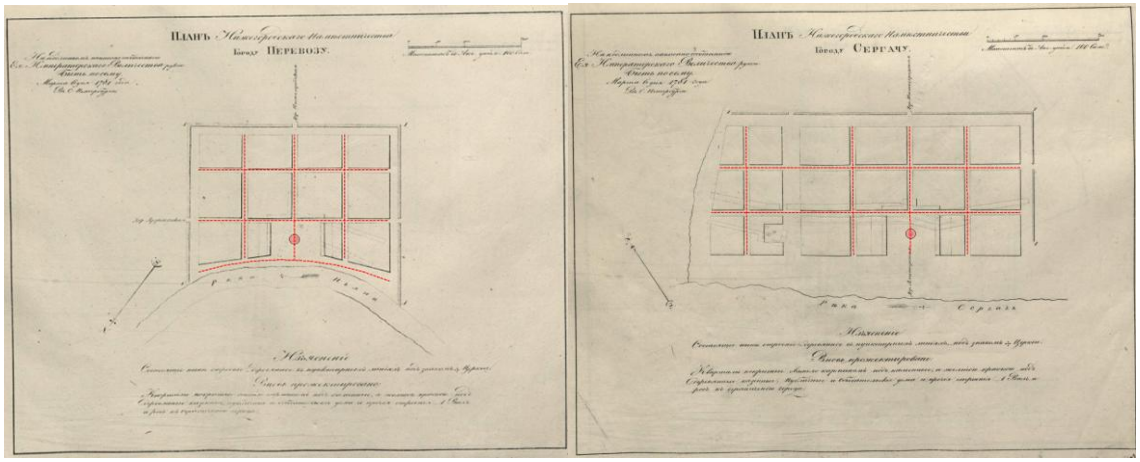


Рисунок 1 – Генеральные планы городов Перевоз и Сергач, 1781 год

Планы Горбатова и Починок, представленные на рис. 2, также базируются на прямоугольной сетке кварталов, однако здесь прослеживается усложнение композиции. Количество кварталов увеличивается, появляются пары малых площадей. Кварталы вдоль главной поперечной оси городского плана имеют меньшую ширину, чем остальные кварталы в боковых частях плана [4]. В обоих городах учтена топография местности: в Горбатове выпуклая южная граница плана повторяет форму кромки крутого откоса поймы реки Оки; в Починках городская территория заключена в форму прямоугольной трапеции; ее западная сторона имеет ломаный контур, подчиненный кромке берега реки Рудни [5]. Развитие системы общественных пространств и формирование нескольких планировочных узлов отражает, вероятно, большую значимость обоих городов в системе уездных центров губернии. При этом размеры кварталов здесь мельче, чем в Перевозе и Сергаче.

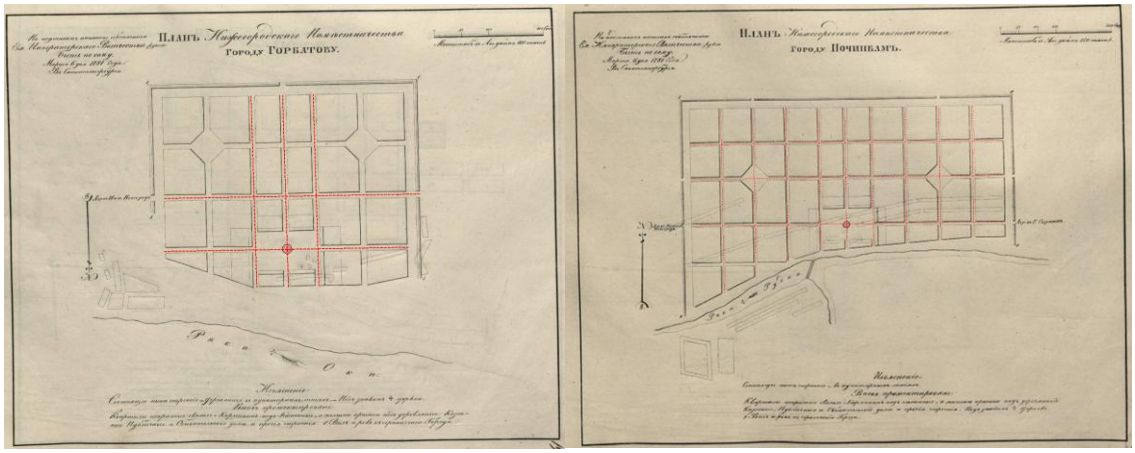


Рисунок 2 – Генеральные планы городов Горбатов и Починки, 1781 год

Планы Ардатова и Княгинина, представленные на рис. 3, объединяет применение веерной сетки кварталов, что придаёт их планам более динамичный и радиально организованный характер. Подобные решения рассматриваются исследователями как вариации регулярной системы, адаптированные к природным условиям и топографии местности [6]. В Ардатове это русло реки Леметь, параллельно берегу которой ориентирован северный ряд кварталов, в Княгинине – изгиб реки Имзы, возле которого размещена главная

площадь. Оба плана сформированы тремя улицами радиального направления и тремя пересекающими их перпендикулярными улицами.

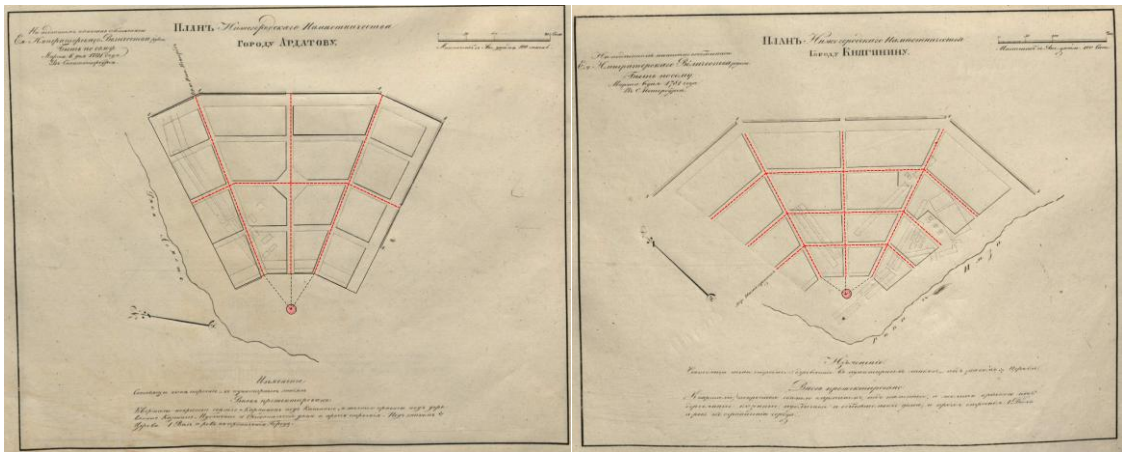


Рисунок 3 – Генеральные планы городов Ардатов и Княгинин, 1781 год

Особый интерес представляет сопоставление планов для Лукоянова и Семёнова. Несмотря на различия в структуре планов (прямоугольная сетка с изогнутой улицей в Лукоянове и система с диагоналями в Семёнове), оба города объединяет центральное положение главной площади. Формирование центра как композиционного ядра является одним из ключевых принципов русского градостроительства XVIII века [3]. Главной особенностью плана Лукоянова являлась дугообразная продольная улица, имевшая значительную ширину; вероятно, таким образом составитель плана намеревался учесть большой перепад рельефа в этом месте [5]. В основе плана Семёнова – правильная центрально-симметричная схема: квадрат, разбитый взаимно перпендикулярными улицами. Углы квадрата связывали две диагональные улицы. На их пересечении, в геометрическом центре плана, размещалась главная площадь квадратной формы. Четыре малые площади фиксировали пересечения диагональных и ортогональных улиц.

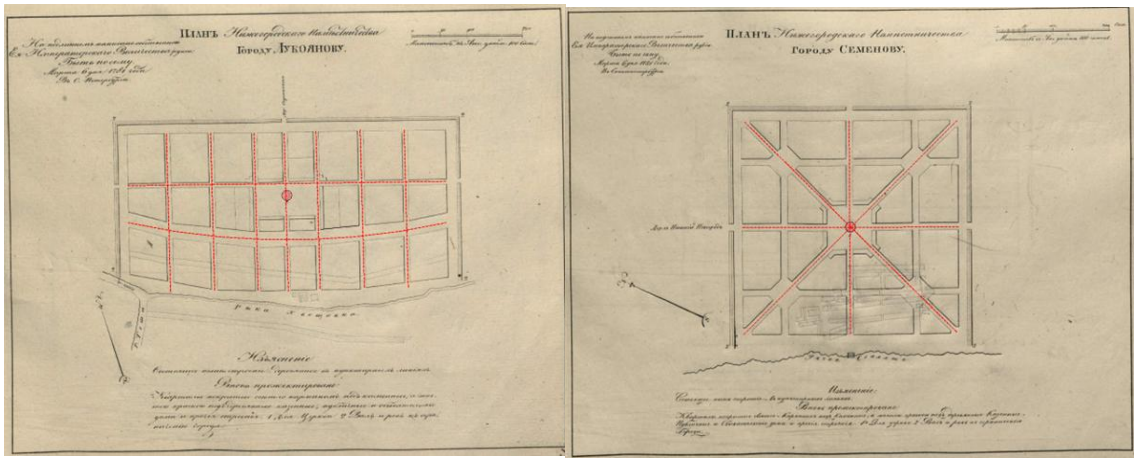


Рисунок 4 – Генеральные планы городов Лукоянов и Семенов, 1781 год

Подводя итоги, необходимо сделать вывод, что форма кварталов в большинстве городов представлена прямоугольниками и трапециями; это соответствует принципам рационального использования территории. В отдельных случаях встречаются более сложные геометрические формы, обусловленные адаптацией к рельефу и существующей застройке [3].

Особое значение для каждого города имеет размещение главной площади. В двух городах она располагается в геометрическом центре, формируя композиционное ядро, тогда как в других шести городах – смещена к периферии, в сторону реки. Это объясняется экономическими факторами, связанными с торговлей и транспортными путями [2].

Наличие малых площадей также варьируется. В некоторых городах они отсутствуют, в других имеют чёткую геометрическую форму и дополняют обширную главную площадь [6].

Таким образом, сопоставление графических материалов и аналитических данных позволяет выявить в первых проектных планах новых уездных городов Нижегородской губернии как общие принципы регулярного градостроительства, так и особенности их реализации в конкретных условиях [3]. Уличная сеть в большинстве случаев прямоугольная, хотя иногда встречаются веерные и диагональные элементы. Формы планов и кварталов получились разными – тут многое зависело от природных условий и того, как планировалось использовать территорию. Интересно, что и главная площадь не привязана к какому-то строгому шаблону: её расположение менялось в зависимости от особенностей конкретного города [2].

Таким образом, планы изучаемых уездных городов – это не просто типовые решения, а их гибкая подстройка под местные условия. И в этом, кстати, хорошо видно, как на практике реализовывалась государственная градостроительная политика конца XVIII века [2].

Список использованных источников

1. Полное собрание законов Российской Империи (собрание первое). Книга чертежей и рисунков (планы городов). – Санкт-Петербург: типография II отделения собственной Е. И. В. канцелярии, 1830. – IV с., 416 л.

2. Золотарёва, М. В. Управление городским строительством во второй половине XVIII века / М.В. Золотарёва // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2017. – Т. 7. – № 3. – С. 121–131.

3. Мазаев, Г. В. Символическое градостроительство России XVIII – начала XIX века / Г.В. Мазаев // Academia. Архитектура и строительство. – 2022. – № 2. – С. 39–46.

4. Иллюстрированный каталог объектов культурного наследия (памятников истории и культуры), расположенных на территории Павловского района Нижегородской области / отв. ред. А.В. Лисицына. – Нижний Новгород : Кварц, 2015. – 560 с.

5. Лукояновский район. Починковский район. Иллюстрированный каталог объектов культурного наследия (памятников истории и культуры), расположенных на территории Лукояновского и Починковского районов Нижегородской области / отв. ред. А.В. Лисицына. – Нижний Новгород : Кварц, 2025. – 368 с.

6. Колясников, В. А. Принципы проектирования общественных пространств в генеральных планах городов России / В. А. Колясников, М. В. Мацкова // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2014. – № 3. – С. 18-22.

УДК 72.000

Компромисс традиций и современности в архитектуре православного храма

Хвисевич С.С., студент

* Ответственный за переписку: svkh07@yandex.ru
Московский Архитектурный Институт (Государственная академия)

Аннотация. Образ современного православного храма – один из самых часто обсуждаемых вопросов в нынешней архитектуре. Какой он должен быть? Как найти компромисс между традициями и современностью в архитектуре православного храма? Проблематика исследования сфокусирована вокруг прерванного естественного развития православной архитектуры и нынешнего осовременивания церковного зодчества в условиях глобализации и нарастающей интернациональности. В результате политических и идеологических причин в XX веке было уничтожено множество храмов и монастырей и, соответственно, на десятки лет было остановлено храмостроительство, что привело к двойственному положению храмовой архитектуры сегодня на территории отечества. В связи с этим основной целью исследования является выявление основных направлений в современном храмостроительстве с учетом обращения к историческим образцам. В заключении приведены два подхода к архитектуре XXI века: прямая историзация архитектуры с принципами визуального заимствования и модернизация традиций с учетом тенденций развития светской архитектуры как новый взгляд на храмовую архитектуру.

Ключевые слова: Екатерининский собор в Царском селе, К.А. Тон, храм Сергия Радонежского на Ходынском поле, кафедральный собор святой Троицы в Париже, православная архитектура, традиция и современность.

Научный руководитель – преподаватель кафедры «Архитектура жилых зданий» МАРХИ, член Союза московских архитекторов Пилипенко Виолетта Игоревна.

Автор выражает благодарность заместителю директора центра проектного управления МАРХИ Двойневой Елене Павловне за помощь в научных изысканиях и научному руководителю преподавателю кафедры «Архитектура жилых зданий» МАРХИ, члену Союза московских архитекторов Пилипенко Виолетте Игоревне.

Развитие храмового зодчества – актуальная тема XXI века. Подход к решению данного вопроса является предметом дискуссий многих архитекторов, искусствоведов, исследователей и представителей духовенства [1-3]. В Русской Православной Церкви тему традиций и новаций обсуждают: архиепископ Марк Головков, главный архитектор Финансово-хозяйственного управления Московского Патриархата, протоиерей Андрей Юревич, куратор программы «200 храмов» Владимир Ресин. Часто эту проблему в своих исследованиях затрагивают историки архитектуры и искусствоведы: Д.О. Швидковский, Г.В. Есаулов, А.С. Щенков, И.Л. Бусева-Давыдова, Е.И. Кириченко, Т.А. Славина. Многие современные архитектурные бюро, такие как Speech, ABOVE, M.A.M., Прохрам, Архитектурная мастерская Мамошина (даже не всегда специализирующиеся на храмовой архитектуре) интересуются темой культовых сооружений и выполняют заказы по проектированию храмовой архитектуры для РПЦ. Развитие храмового зодчества на территории России обсуждается среди молодёжи:

в Московском Архитектурном Институте в 2016 году создана кафедра Храмового Зодчества, подготавливающая молодых специалистов по специальности Архитектура.

Оценивая опыт современного проектирования в крупных городах России, некоторые исследователи полагают, что не все современные проекты могут хорошо сочетать требования канонов и, в то же время, новые тенденции в архитектуре. В современной архитектурной практике можно выявить два кардинально противоположных подхода: канонический и нетрадиционный. К первому можно отнести проект храма в честь Преображения Господня в посёлке «Мира деревня» от мастерской Прохрам, который удачно сочетает в себе традиции и современность, ко второму – проект храма от бюро ABOVE, в котором, через переосмысление образа русской церкви получается не однозначный образ. Данное исследование направлено на поиск наиболее значимых аспектов, необходимых для того, чтобы современные религиозные постройки не утратили ключевые смысловые и структурные элементы традиционной православной церкви. Для этого в работе используется метод натурного исследования, с последующим анализом структуры и формы объектов. Проводится сравнительное сопоставление объектов, выбранных автором как наиболее ярких и наглядных образов-примеров каноничной и современной модели Русской православной церкви.

Для начала рассмотрим проект К.А. Тона, построенный на Царскосельской Соборной площади (спроектированной архитектором В.И. Гесте) в 1835-1840 годах. Проект выбран для анализа, так как построен в «ногу со временем». Он отвечал идеологической направленности общества XIX века и при этом архитектор пытался сохранить традиционный внешний вид. Собор является ярким примером храма, в модели которой соблюдены основные элементы: пятиглавие, апсида, закомара, конха и тд. Выполнен он в русско-византийском стиле. Первые упоминания о том, какой должен быть православный храм, находятся в Откровении Иоанна Богослова. Апостол пишет, что увидел храм, у которого длина была равна высоте и ширине [4]. Эти пропорции мы наблюдаем в Екатерининском соборе, одном из ярких примеров канонической православной архитектуры. Церковь имеет классические части – апсиду, притвор, но хотелось бы рассмотреть именно внешний облик здания.

Собор имеет акцентные килевидные закомары с рельефами, на углах – восьмигранные столбы, а также традиционные полуциркульные окна, оформленные наличниками. Арочные вход с перспективным порталом, архитектурные пояса, лопатки, барельефы на пряслах, фронтон, паперть создают узнаваемый, и что особенно важно, привычный и принимаемый облик людьми. Собор пятиглавый, луковичные купола перекрывают цилиндрические световые барабаны с длинными окнами и аркатурными поясами.

Стоит заметить, что собор является градостроительным центром композиции. Жизнь в царском селе сочетала в себе черты тихого и уездного городка и, тем временем, всё изящество петербургской столицы. Собор занимал особое место, являясь крупнейшим храмом города.

Каждый фасад параллелен каждой стороне Соборной площади, а она, тем временем, является композиционным ядром центра г. Пушкина. На площади разработали сад и дорожки-аллеи, в плане образующие греческий крест по продольной и поперечной оси, которые вели ко входам в собор. Перспективным центром их пересечения является главный купол. Важно, что проект также современен, как и светская архитектура того времени.

Теперь хотелось бы рассмотреть храмы нашего столетия со стороны пропорционального соотношения объёмов модели, модернизации храмовой архитектуры и взаимодействия с окружающей средой, которые мы наблюдаем у Екатерининского собора [5-7]. Два нашумевших реализованных проекта, имеющих, как и сторонников, так и противников.

Перейдём к храмам XXI века и сравним их между собой и с проектом К.А. Тона. Церковь Сергия Радонежского на Ходынском поле, построенная в 2015-2017 годах в традициях новгородских храмов XI-XII вв, является достойным примером модернизации исторических элементов в церковном зодчестве.

На вопрос, есть ли среди современных проектов храмов «жемчужины», главный архитектор Финансово-хозяйственного управления Московского Патриархата протоиерей Андрей Юревич отвечал: «Можете съездить на Ходынское поле и посмотреть, какой там вырос храм. ... На мой взгляд, очень интересный храм!» [8].

Модель по строению соответствует собору в Царском селе. Церковь осовременивается с помощью дополнительных элементов – колокольни; плотным членением фасадов (частый ритм расположения окон); прямоугольные арки, расположенные по различным параметрам, нестандартные для новгородских храмов; необычным расположением врезанных в основной объём барабанов. Церковь выполнена в виде монолитного куба, без традиционных элементов по типу закомар и архитектурных поясов. Купола шлемовидной формы расставлены по разным сторонам света. В отличии от Екатерининского собора нет принципа «стремление ввысь», объем более горизонтальный.

При создании проекта изначально учитывали окружающую среду, поскольку было важно вписать храм в современную городскую среду, в которой он расположен. Архиепископ Марк Головков сказал: «Воссоздать в прежнем виде – это была одна из идей. Однако победила другая. Потому что храм должен вписываться в архитектуру.»

В начале прошлого века в ближайшем окружении были здания отчасти деревянные, отчасти каменные, но невысокие. А сейчас на Ходынке стоят громадины домов, на фоне которых церковь, возведенная по изначальному проекту, потерялась бы.

Все эти параметры были успешно учтены и реализованы с сохранением «базы» и культуры храмового строительства. Арки, хотя и имеют нетрадиционный вид, но они присутствуют в модели как архетипичный образ (как и окна с характерной для храмов формой). По словам куратора программы «200 храмов» Владимира Ресина: «новый храм, с одной стороны, сочетает в себе традиции древнерусского зодчества, с другой – отвечает современному стилю окружающих его построек…».

Необходимо отметить, что этот храм является одной из малочисленных жемчужин-проектов, в которых архитектор умело соединяет традицию и современность.

Другая сторона модернизации и современного подхода в проектировании – Кафедральный собор Святой Троицы в Париже, построенный в 2014–2016 годах [9, 10]. Общественностью он оценивается неоднозначно. Объём храма очень схож с Храмом Сергия Радонежского, поэтому собор был выбран для сравнения, чтобы показать, как два похожих объёма работают, имея кардинально различный подход [11, 12].

Обращая внимание на архитектурные элементы, можно заметить арочный вход, одну апсиду и малое количество прямоугольных окон. Основной объём – куб и призмы с линейным рисунком, которые напоминают по масштабу больше формы офисного здания. Также можно проследить, что на завершении этих призм присутствует попытка отсылки к закомарам.

В храме Святой Троицы в Париже появляется новый материал – фасады облицованы бургундским известняком. Как известно, многие древние церкви были выполнены из известняка, но в современном храме новая интерпретация масштаба, фактуры и цвета, что упрощает образ здания.

Интернациональность сооружения выражается через абсолютную анонимность архитектуры. Она не выражает идентичность жителей Париже, не отражает историю города. Одна деталь только демонстрирует, что это православный храм – кресты на куполах. Если представить на месте крестов символ месяца, получится самая настоящая современная мечеть.

В Российской прессе написано так: «Церковь во имя Святой Троицы и Русский православный духовный центр в Париже гармонично вписались в общее архитектурное настроение столицы» [13].

От каноничного построения храма осталась лишь вертикальная последовательность элементов. Нет привычных конх, аркад, арочных окон. Верхняя часть необычно соотносится с нижней, барабаны приплющены, луковичные купола сильно увеличены, что создаёт эффект

мечети. Безусловно, большую роль сыграли требования властей к внешнему виду церкви и иные особенности строительства заграницей, под которые пришлось подстраивать проект, но в данной работе рассматривается именно облик собора со стороны православной архитектуры.

Оба храма осовременены, но по-разному. В одном чётко наблюдается намеренная модернизация архитектуры, вдумчивая интерпретация через исследование и осмысление прошлого. В другом, к сожалению, только глухие современный формы и интернациональная архитектура. Возвращаясь к проекту К.А. Тона, можно понять, как мастер церковного зодчества умело, сохраняя традиции, остается современным своему времени. Он смог даже предвидеть будущее. Православная архитектура времен К.А. Тона была неотъемлемой частью культуры, сейчас же она возрождается с той точки XX века, в которой произошёл разрыв естественного развития храмоздания.

Таким образом, очень важно помнить, что главной чертой должен оставаться историзм. Православная архитектура подражает практически всему, что подходит образу здания и его сакральному смыслу. Церковная архитектура, как обычная светская, модернизируется. Мы можем привносить что-то новое, современное, внедрять новые облики, изменять модель, главное постоянно сверяясь с традициями, с тем, что многим столетиями хранили наши предки, передавая из поколения в поколение. Принципиально традиционная архитектура православного храма не склонна прощать ни вольный артистизм, ни идеальные построения, она требует неукоснительного следования канонам и правилам.

Список использованных источников

1. Швидковский, Д.О. Русская церковная архитектура накануне революции / Д.О. Швидковский. – М.: Архитектура-С, 2018. – 408 с.

2. Волкова А. А., Енютина М. К. Проблема стиля в современной храмовой архитектуре России // Наука молодых – будущее России : сб. науч. ст. 4-й Междунар. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых (Курск, 13-14 дек. 2017 г.). Курск : Юго-Зап. гос. ун-т, 2017. – Т. 4. – С. 96-98.

3. Алонов Ю., Осипова З. Православная архитектура. Традиции и современность. Личная практика проектирования и строительства // Архитектурный вестник. – 2005. – № 1 (82). – С. 10-17.

4. [Откровение Иоанна Богослова, гл. 21, ст. 16]

5. Екатерининский собор // *Citywalls.ru* : [сайт]. – 2011 – 2023. – URL: *https://www.citywalls.ru/house18223.html?ysclid=mnxmkikyvz175071396* – Текст : электронный

6. Антонов, В. В. Екатерининский собор в Царском Селе / В. В. Антонов. – Текст : электронный // Энциклопедия Санкт-Петербурга : [сайт]. – URL: *https://encspb.ru/object/2855704265?lc=ru*

7. Борисова Е. А. Архитектор Константин Тон и судьба одного из его творений: собор Святой Великомученицы Екатерины в Царском Селе // Архитектурное наследство. – 2014. – Вып. 60. – С. 87-96. – URL: https://clck.su/zwFdk

8. Варова Е., Юревич А. (протоиерей). Что такое храм XXI века : [интервью с главным архитектором ФХУ Московского Патриархата] // Православие.Ru. 2017. 3 мая. URL: *https://pravoslavie.ru/103161.html*

9. Фролова Н. Белое золото над Сеной : [о Российском духовно-культурном центре в Париже, арх. Ж.-М. Вильмотт] // *Archi.ru*. 2016. 1 нояб. URL: *https://archi.ru/world/71110/beloe-zoloto-nad-senoi*

10. Кафедральный собор Святой Троицы : [Париж] // *FrenchParis.ru*. – 2020. – 24.10 – URL: https://clck.su/ofjJM

11. Храм Сергия Радонежского на Ходынском поле. – Текст : электронный // Рувики : [сайт]. – 2012. – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Храм_Сергия_Радонежского_на_Ходынском_поле

12. Церковь Сергия Радонежского на Ходынском поле (новая) : учетная карточка / сост. А. М. Чеботарь // Храмы России : [сайт]. – 2016–2025. – URL: *http://temples.ru/card.php?ID=24068*

13. «Центр, который стал своим для парижан». По следам визита Владимира Путина в Православный духовно-культурный центр в Париже : [веб-сайт]. – Париж : Свято-Троицкий кафедральный собор Корсунской епархии, 03.06.2017. – URL: *https://cathedrale-sainte-trinite.fr/ru/2017/06/737/*

УДК 69.001.5

Современная городская велоинфраструктура

*Швецов Д.П. *, студент; Агеева Е.Ю., д-р филос. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: lfybkf135@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме адаптации городской среды к стремительному росту числа велосипедистов и пользователей средств индивидуальной мобильности (СИМ). Автор анализирует причины возникновения конфликтов между участниками дорожного движения и обосновывает необходимость формирования специализированной велоинфраструктуры как обязательного элемента современного города. В работе проведено исследование ключевых планировочных решений: обособленных велодорожек, уличных парковок, специализированных помещений в жилых домах и наклонных рамп в подземных переходах. В ходе анализа выявлены технико-экономические преимущества и недостатки каждой технологии, включая вопросы стоимости, безопасности и пространственных ограничений. Особое внимание уделено инклюзивности и комфорту различных групп населения. На основе проведенного исследования сделаны выводы о том, что интеграция данных элементов позволяет минимизировать риски травматизма и создать справедливые условия для всех жителей. Результаты работы могут быть использованы специалистами в области урбанистики и городского благоустройства для проектирования качественной и безопасной городской среды.

Ключевые слова: велоинфраструктура, средства индивидуальной мобильности (СИМ), городская среда, планировочные решения, безопасность дорожного движения, урбанистика, велодорожки, велопарковки, благоустройство города, транспортная доступность.

Научный руководитель – заместитель заведующего кафедрой архитектуры по учебной работе, профессор кафедры архитектуры, д-р филос. наук, доцент, советник Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН) Агеева Елена Юрьевна..

В последние годы в нашей стране наметился значительный рост числа людей, использующих для передвижения по городу велосипеды и прочие средства индивидуальной мобильности (далее СИМ), например, электросамокаты. Многие города оказались не готовы к данному явлению. Вдруг выяснилось, что большинство городских пространств просто не рассчитаны на такое количество велосипедов и СИМ. Это быстро привело к большому число конфликтных ситуаций между пешеходами, автомобилистами и людьми использующими для передвижения по городу велосипеды и СИМ. Таким образом возникла потребность в велоинфраструктуре, представляющей собой отдельный элемент современного городского пространства. Рядом урбанистов были предложены различные планировочные решения по внедрению новых элементов велоинфраструктуры в современные города.

Цель исследования – провести анализ лучших планировочных решений, создающих комфортную городскую среду для велосипедистов. Задачи исследования:

– изучить современные элементы городской велоинфраструктуры, используемые при благоустройстве;

– провести их анализ, выявив преимущества и недостатки;

– сделать выводы о лучших планировочных решениях, позволяющих создать комфорт для велосепедистов.

Велодорожки – это конструктивно отделённый от проезжей части и тротуара элемент дороги (либо отдельная дорога), предназначенный для движения велосипедистов и лиц, использующих средства индивидуальной мобильности. Данная технология имеет ряд ключевых достоинств и недостатков:

– удобство для пользователей. Обособленная сеть городских велодорожек позволит им быстрее перемещаться по городу, избегая скопления автомобилей и пешеходов;

– безопасность. Перевод велосипедистов и лиц, использующих СИМ, на отдельные дороги снижает риск возникновения конфликтных ситуаций между ними, пешеходами и автомобилистами, так как они практически не пересекаются с другой инфраструктурой;

– высокая стоимость. Важно понимать, что велодорожки будут приносить пользу только в случае создания полноценной сети, покрывающей весь город, что в свою очередь потребует от местных властей и застройщиков значительных денежных вложений [1].

– высока потребность в пространстве. Данная проблема в основном затрагивает уже существующее городские улицы, особенно узкие проезды и проходы в историческом центре. Ведь для строительства там велодорожек потребуется выделить под них землю, которая чаще всего уже занята другими элементами городской среды.

Уличные велопарковки – это специальные малые архитектурные формы, позволяющие людям безопасно оставить свой велосипед или СИМ. Создание данных объектов не имеет весомых недостатков, однако при этом имеет ряд важных плюсов:

– комфорт для жителей. В отсутствие парковки велосипедисты и пользователи СИМ вынуждены оставлять свои средства передвижения где попало, тем самым создавая проблемы остальным горожанам. Обособленные места решают данную проблему. [2];

– низкая стоимость работ по их обустройству. В масштабах городского бюджета стоимость установки велопарковки относительно мала, следовательно это создаёт возможность повсеместного и массового внедрения велопарковок;

Однако нужно заметить, что в вопросе установки велопарковки большое значение имеет её место расположения. Обустраивать их необходимо рядом с точками притяжения жителей, будь то городские площади, административные учреждения или местные магазины. Установленные на большом удалении велопарковки не будут пользоваться большим спросом, а следовательно будут работать неэффективно.

Велопарковки на первом этаже новых жилых домов – это отдельные помещения, предназначенные для временного хранения велосипедов местных жителей. Такая велопарковка обеспечивает безопасность велосипедов от кражи и повреждений, а также удобство для жильцов, которые могут оставить свой велосипед перед тем, как подняться в свою квартиру. Таким образом, главное достоинство данного решения – это удобство, исключающее трудности с и велосипедов на нужный этаж и их хранением в собственно квартире [3]. Недостатком является необходимость дополнительно выделения на первом этаже отдельного помещения, что влечёт увеличение расходов застройщиком.

Установка плавных наклонных рамп на спусках в подземные переходы. Данное решение не имеет видимых недостатков, однако имеет целый ряд преимуществ:

– безопасность. Часто спуск и подъём с велосипедом или СИМ по ступеням подземного перехода повышает риск падения с последующем получением травм. Установка плавных рамп исключает данные риски;

– комфорт использования велосипедов и СИМ для всех групп жителей. Кроме серьёзных рисков для здоровья спуск велосипеда или СИМ по ступеням требует от человека высокого уровня физической подготовки. Плавные рампы снижают объём необходимых для спуска физических усилий, что серьёзно облегчает пользование переходами для детей и пожилых людей [4];

– малая стоимость. В масштабах стоимости подземного перехода цена плавных рамп незначительна, относительно общей суммы [5].

В результате проведенного исследования становится очевидным, что формирование разветвленной и качественной велосипедной инфраструктуры является не факультативным, а стратегически необходимым условием развития современного мегаполиса. Развитая городская сеть велодорожек, повсеместная установка уличных парковочных конструкций, а также проектирование специализированных зон для хранения велотранспорта на первых этажах жилых комплексов и модернизация подземных переходов с помощью плавных рамп – все это элементы, определяющие уровень комфорта и доступности городской среды.

Интеграция подобных решений в городскую ткань позволяет достичь синергетического эффекта. С одной стороны, это существенно повышает уровень дорожной безопасности за счет четкого разделения транспортных потоков. С другой – создает инклюзивное пространство, удобное не только для велосипедистов и пользователей средств индивидуальной мобильности (СИМ), но и для маломобильных групп граждан, родителей с колясками и пожилых людей. Таким образом, развитие велоинфраструктуры напрямую способствует реализации концепции «права на город» для всех категорий жителей.

Несмотря на то, что такие меры, как организация уличных велопарковок и обустройство пологих спусков в существующих переходах, являются наиболее доступными с точки зрения реализации и бюджетных затрат, они закладывают фундамент для изменения транспортных привычек населения. Более сложные и капиталоемкие решения – например, выделение отдельных площадей внутри зданий под «велогаражи» или создание обособленных веломагистралей – требуют значительных экономических вложений и пересмотра нормативов градостроительного проектирования.

Тем не менее, игнорирование этих вызовов ведет к сохранению транспортного неравенства. В долгосрочной перспективе именно комплексный подход к созданию справедливых условий для передвижения станет залогом формирования экологически устойчивого, безопасного и социально ориентированного города, способного эффективно отвечать на запросы современного общества.

Список использованных источников

1. Гейл Я. Города для людей // М.: Альпина Паблишер. – 2012. – С. 276.

2. Вучик В. Р. Транспорт в городах, удобных для жизни // М.: Территория будущего. – 2011. – С. 576.

3. Спек Д. Город для пешехода // М.: Искусство – XXI век. – 2015. – С. 352.

4. Брантлетт К., Брантлетт М. Проектирование велосипедного города: голландский опыт преобразования городского пространства // Вашингтон: Island Press. – 2018. – С. 256.

5. Колвилл-Андерсен М. Дизайн города будущего: Копенгагенский подход // М.: Альпина Паблишер. – 2020. – С. 294.

УДК [725.8:338.48]:504(64)

Симбиоз традиций и экологии: проектирование устойчивого туристического комплекса в Марокко

Эль Мезуари И., магистрант

* Ответственный за переписку: issamelmezouari11@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена проектированию устойчивого туристического комплекса в Марокко на основе принципа «симбиоза традиций и экологии». Показано, что локальные архитектурные типологии (риад, дар, ксар/касба), традиционные материалы (утрамбованная земля, камень, известковые штукатурки, дерево) и ремесленные практики могут одновременно повышать энергоэффективность и усиливать культурную идентичность территории. Методология включает анализ критериев устойчивого туризма (GSTC), климато-ориентированное проектирование и сценарное моделирование работы комплекса в условиях водного стресса и жаркого климата. Предложены кластерная пространственная организация с дворами-микроклиматическими ядрами и теневыми галереями, инженерно-экологические решения (солнечная энергетика, солнечные коллекторы, повторное использование «серых» вод, засухоустойчивый ландшафт) и модель управления с участием местных сообществ и сохранением нематериального культурного наследия. Сделан вывод, что устойчивость туристических объектов в Марокко объединяет экологическую эффективность, социальную справедливость и культурную аутентичность.

Ключевые слова: Устойчивый туризм, Марокко, Биоклиматическая архитектура, Риад, Ксар/касба, Утрамбованная земля, Еодосбережение, Локальные материалы, GSTC, Культурное наследие.

Научный руководитель – профессор кафедры архитектуры ННГАСУ, Худин Алексей Александрович, профессор, доктор архитектуры, доцент.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю Худину Алексею Александровичу, профессору, доктору архитектуры, доценту, за научное руководство, ценные консультации и помощь в подготовке статьи.

Введение

Марокко остаётся одной из наиболее конкурентоспособных туристических дестинаций Северной Африки и одновременно реализует стратегию развития туризма и инфраструктуры с ориентирами роста к 2030 году. Однако устойчивость дестинаций осложняется климатической неоднородностью страны и нарастающим водным стрессом, усиливаемым изменением климата и ростом спроса со стороны городов, сельского хозяйства и сферы услуг. В международной практике устойчивый туризм понимается как деятельность, учитывающая экономические, социальные и экологические последствия для гостей, индустрии, окружающей среды и принимающих сообществ. Поэтому туристический комплекс нового поколения должен решать задачи размещения и сервиса вместе с вопросами ресурсной эффективности, культурной интеграции и справедливого распределения выгод. Цель исследования –

сформировать принципы и проектную концепцию устойчивого туристического комплекса в Марокко, объединяющего традиционные архитектурные практики и современные экологические технологии, а также определить пространственные, инженерно-экологические и социально-экономические решения для жаркого климата и водного дефицита. [1-3]

Теоретическая основа: устойчивый туризм и архитектурная традиция Марокко

Теоретическая основа исследования опирается на стандарты GSTC, задающие требования по устойчивому управлению, социально-экономическим выгодам для местных жителей, сохранению культурного наследия и экологическим воздействиям. В архитектурном проектировании это означает, что экологичность включает не только технологии, но и культурный контекст, занятость местного населения, локальные цепочки поставок, контроль туристической нагрузки и прозрачную операционную модель. Формообразование комплекса определяется и климатом: Марокко представляет «мозаику климатов», а для внутренних и предсахарских зон характерны жаркое лето, резкие суточные перепады температур и дефицит осадков, что усиливает требования к водосбережению и пассивному охлаждению. Традиционные типологии дар/риад с внутренним двором обеспечивают приватность, естественную вентиляцию и более комфортный микроклимат; исследования риадов Феса подчёркивают роль двора, массивных конструкций и локальных материалов в поддержании теплового комфорта при меньших энергозатратах. Потенциал устойчивости также демонстрируют ксары и касбы юга Марокко, возводимые из утрамбованной земли, которая сочетает ресурсную эффективность, теплотехнические преимущества и долговечность при грамотной эксплуатации и защите от влаги. [1,2,4,5]

Методология исследования и проектирования носит междисциплинарный характер и объединяет архитектурно-градостроительные и экологические принципы. Она включает нормативно-критериальный анализ (сопоставление решений с блоками стандартов GSTC: управление, общество, культура, экология), климато-ориентированное проектирование с выбором пассивных стратегий (ориентация, затенение, тепловая инерция, естественная вентиляция), материально-технологический анализ локальных материалов (земля, камень, известь, древесина) по углеродному следу, ремонтопригодности и культурной аутентичности, а также сценарный подход к водным ресурсам, направленный на снижение потребления и повышение эффективности водопользования в условиях водного стресса. [1,2,4,6]

Концепция устойчивого туристического комплекса

Концепция комплекса предполагает низко-среднеэтажную кластерную застройку, адаптированную к рельефу и минимизирующую земляные работы. Композиция строится вокруг дворов-микроклиматических ядер, связанных теневыми переходами и узкими пешеходными улицами по аналогии с традиционными мединами, что уменьшает перегрев, повышает комфорт перемещений и формирует выраженное чувство места. Логика решения – не «отель-коробка», а «поселение-сад», интегрированное в ландшафт. Функциональная программа включает входную зону и общественный центр (ресепшн, инфо-центр, магазин локальных изделий), блок размещения (номера/лоджи/виллы), организованный кластерами по 6–12 единиц вокруг полудворов, гастрономический блок (ресторан локальной кухни и демонстрационная кухня с мастер-классами), зону ремёсел и культурных практик (мастерские зеллидж/таделакт/дерево и малый выставочный зал), SPA-блок на основе традиции хаммама с водосберегающими технологиями, скрытую сервисно-инженерную зону с раздельной логистикой и природные маршруты – пешеходные и веломаршруты, смотровые площадки и тихие зоны. [4,6,7]

Таблица 1 – Принцип «традиционный элемент – экологическая функция»

Наименование	Столбец 4, ед. изм.
Традиционный элемент	Экологическая функция (эффект)
Внутренний двор (риад-типология)	Естественная вентиляция, дневной свет без перегрева, формирование локального микроклимата
Массивные стены из земли/камня	Высокая тепловая инерция, снижение пиковых температур, уменьшение потребности в кондиционировании
Теневые галереи, аркады, перголы	Снижение инсоляции и перегрева наружных переходов, повышение комфорта пешеходной среды
Малые наружные проёмы + экраны/решётки	Контроль солнечной радиации при сохранении проветривания и приватности
Локальные материалы и ремесло	Сокращение транспортного (углеродного) следа, поддержка местной экономики, усиление культурной идентичности

Инженерно-экологические решения

Энергетическая концепция комплекса формируется по иерархическому принципу «сначала пассивные меры – затем высокоэффективное оборудование – затем генерация ВИЭ». Для климатически напряжённых районов Марокко это означает, что потребность в охлаждении должна снижаться прежде всего за счёт компактной формы, дворов как микроклиматических ядер, развитого затенения и теплоёмких ограждающих конструкций. Затем предусматриваются солнечные фотоэлектрические панели для части нагрузки общественных зон, солнечные коллекторы для подготовки горячей воды, прежде всего для хаммама и SPA, а также энергоэффективное освещение и «умные» режимы эксплуатации – датчики присутствия, сценарии вечернего света и оптимизация графиков работы оборудования – для снижения суммарного энергопотребления без потери качества сервиса. [1,7,8]

Водный блок рассматривается как ключевой элемент устойчивости, поскольку для Марокко водный дефицит носит системный характер. Проектные меры включают сбор дождевой воды при наличии условий для технических нужд и полива, повторное использование «серых» вод от душевых и раковин после очистки для полива и смыва, капельное орошение и засухоустойчивые посадки, сантехнику с низким расходом, постоянный контроль утечек и учёт потребления по функциональным зонам, а также локальную биологическую доочистку – например, малые искусственные/конструируемые водно-растительные системы – при наличии площадей и корректной эксплуатации. [9]

Материально-конструктивная стратегия комплекса основана на принципе «низкоуглеродной традиции»: утрамбованная земля и другие земляные технологии при грамотной деталировке узлов, защите от влаги и регулярном обслуживании обеспечивают низкую энергоёмкость производства, высокую теплоёмкость ограждений и локальность сырьевой базы, что снижает логистический и углеродный след строительства. Для общественных зданий целесообразны комбинированные решения, соединяющие камень и/или землю как несущие и ограждающие конструкции с деревом или сталью для локальных пролётов и пространственных элементов, а также известковые штукатурки и ремонтопригодные покрытия, отвечающие требованиям долговечности и культурной аутентичности. [4][6]

Социальная устойчивость и модель управления

Социальная устойчивость комплекса обеспечивается вовлечением местных сообществ: приоритетным наймом и обучением местных жителей, поддержкой ремесленных кооперативов через мастерские и магазин изделий, а также культурной интерпретацией без «фольклоризации» традиций. Управление туристической нагрузкой предусматривает сезонное лимитирование вместимости и «тихие режимы», а стандарты эксплуатации – раздельный сбор отходов, отказ от одноразового пластика и обучение персонала. Мониторинг эффективности должен вестись по KPI: расход воды на человеко-ночь, доля повторного использования воды, доля местных закупок, доля ВИЭ и удовлетворённость местных партнёров. [10]

Заключение

Проведённый анализ теоретических оснований, климатических факторов и проектных стратегий позволяет обобщить полученные результаты и сформулировать ключевые выводы, отражающие взаимосвязь архитектурных решений, ресурсной эффективности и социально-культурной интеграции устойчивого туристического комплекса в марокканском контексте.

1. Устойчивый туристический комплекс в Марокко должен проектироваться на пересечении критериев устойчивого туризма (GSTC) и биоклиматической архитектуры, где традиционные типологии – двор, компактность, тень, массивные стены – выступают как эффективные пассивные механизмы.
2. В условиях водного стресса водосбережение и повторное использование воды становятся проектным приоритетом, сопоставимым по значимости с энергетикой.
3. «Симбиоз традиций и экологии» реализуется не через стилизацию, а через функциональную интеграцию: традиционные формы дают климатическую эффективность и идентичность, а современные системы обеспечивают контроль ресурсов и качество сервиса.
4. Социальная устойчивость требует включения местных ремёсел, занятости и справедливого распределения выгод, иначе экологические решения не обеспечат долгосрочной жизнеспособности проекта.

Список использованных источников

1. Global Sustainable Tourism Council (GSTC). GSTC Standards / Criteria – URL: *https://www.gstc.org/gstc-criteria/* (дата обращения: 03.04.2026). – Текст : электронный.
2. World Bank. Climate Change Knowledge Portal: Morocco (Country Overview / climate data). – URL: *https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/morocco* (дата обращения: 02.04.2026). – Текст : электронный.
3. Reuters (2024). Morocco to double airport capacity by 2030 (статистика / контекст туристического роста). – URL: *https://www.reuters.com/world/africa/morocco-double-airport-capacity-by-2030-2024-12-16/* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.
4. Gil-Piqueras T., Rodríguez-Navarro P. Tradition and sustainability in vernacular architecture of Southeast Morocco //Sustainability. – 2021. – Vol. 13. – №. 2. – P. 684. – URL: *https://www.mdpi.com/2071-1050/13/2/684* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.
5. Encyclopédie de l'Environnement (2025). Morocco, a mosaic of climates. – URL: *https://www.encyclopedie-environnement.org/en/climate/climate-morocco/* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.
6. Baglioni E. Sustainable vernacular architecture: the case of the Drâa Valley Ksur (Morocco) //Proceedings: Sustainable Architecture and Urban Development. – 2010. – P. 12-14. – URL: https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC22713.pdf (дата обращения: 06.04.2026). – Текст : электронный.

7. El Harrouni R. et al. Bioclimatic Assessment and Thermal Comfort of Traditional Riads in Fez Medina //Results in Engineering. – 2025. – № 108889. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123025000221 (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

8. Global Sustainable Tourism Council (GSTC) (2019). GSTC Destination Standard (Destination Criteria v2.0). – URL: *https://www.gstc.org/gstc-criteria/gstc-destination-criteria/* (дата обращения: 03.04.2026). – Текст : электронный.

9. Taheripour, F., Tyner, W. E., Haqiqi, I., Sajedinia, E. (2020). Water Scarcity in Morocco: Analysis of Key Water Challenges. World Bank, Washington, DC. – URL: https://documents1.worldbank.org/curated/en/642681580459307822/pdf/Water-Scarcity-in-Morocco-Analysis-of-Key-Water-Challenges.pdf (дата обращения: 03.04.2026). – Текст : электронный.

10. UN Tourism (UNWTO). Sustainable Development – Sustainable Tourism (definition). – URL: *https://www.untourism.int/sustainable-development* (дата обращения: 02.04.2026). – Текст : электронный.

УДК [727.7:711.4.01](210.5)

Проницаемость иконических прибрежных культурных центров: согласование «Эффекта Бильбао» с городской связанностью

Эль Харруби А., магистрант

Ответственный за переписку: aminaelkharroubi1@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье исследуется трансформация иконической архитектуры в прибрежных зонах от изолированных объектов к пористым общественным платформам. В рамках парадигмы «Бильбао 2.0» анализируется конфликт между стремлением к монументальности и необходимостью обеспечения доступа к воде . Показано, что «Проницаемость» (Permeability) выступает инструментом сохранения «эффекта Бильбао», превращая здание в общественный интерфейс . Методология включает анализ концепций «пространственной пористости» и сравнительный анализ объектов (Оперный театр в Осло, Центр Ботин), демонстрирующих стратегии топографической непрерывности и «городской левитации» . Сделан вывод, что современная икона достигает успеха через социальную эффективность и создание зон свободного доступа.

Ключевые слова: Эффект Бильбао, Проницаемость, Пространственная пористость, Иконическая архитектура, Публичный интерфейс, Прибрежные территории, Визуальный якорь, Зона свободного доступа.

Научный руководитель – профессор кафедры архитектуры ННГАСУ, Худин Алексей Александрович, профессор, доктор архитектуры, доцент.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю Худину Алексею Александровичу, профессору, доктору архитектуры, доценту, за научное руководство, ценные консультации и помощь в подготовке статьи.

Введение

Современный градостроительный ландшафт прибрежных городов во многом определяется стремлением к созданию уникальных архитектурных символов, способных радикально изменить международный статус территории. Феномен, получивший название «Эффект Бильбао» (The Bilbao Effect), постулирует, что высокопрофильное культурное здание может выступать катализатором масштабного экономического и социального возрождения города . Однако Лесли Склайр в рамках своего исследования «The Icon Project» (Проект Икона) указывает, что подобные объекты часто функционируют как закрытые анклавы глобального капитала, игнорирующие локальный контекст [1, 2].

В ответ на эту критику возникла модель «Бильбао 2.0», приоритизирующая социальную эффективность здания. В этой системе координат иконический объект должен выступать как «Визуальный якорь» (Visual Anchor)[1] – структура, обеспечивающая навигацию в когнитивной карте города . Центральный вопрос исследования заключается в том, как механизмы

«пространственной эффективности» (spatial performance) позволяют скульптурному объекту функционировать не как барьер, а как эффективный городской коннектор?

Теоретическая база: эволюция иконической парадигмы

Эволюция иконической архитектуры в последние десятилетия демонстрирует движение от чисто эстетического доминирования к акценту на социальной эффективности здания. Чарльз Дженкс в своих работах определил раннюю модель этого феномена через понятие «загадочного означающего» (enigmatic signifier), когда успех объекта измерялся его способностью порождать множество интерпретаций и привлекать глобальное внимание за счет своей необычной формы. В этой итерации здание функционировало как герметичный сосуд для культуры, отделенный от повседневной жизни города [1].

Критическую оценку такой изоляции дал социолог Лесли Склер, утверждая, что подобные архитектурные объекты часто служат лишь инструментом транснационального брендинга, создавая пространства, отчужденные от нужд локального сообщества. Склер подчеркивает, что для преодоления этого разрыва здание должно обладать развитым «Общественный интерфейс» (Public Interface), обеспечивающим взаимодействие между внутренними процессами института и внешней городской средой . Чарльз Дженкс предложил рассматривать это через теорию «двойного кодирования» (Dual Coding), где здание одновременно является и элитарным произведением искусства, и доступным городским ориентиром [1 ,2].

Современная парадигма, часто именуемая «Бильбао 2.0», ставит во главу угла такие характеристики, как «Пространственная пористость» (Spatial Porosity)[3] и «Проницаемость « (Permeability)[4]. Концепция пористости восходит к работам Вальтера Беньямина, который описывал городскую среду как пространство, где границы между частным и общественным размыты, позволяя социальным практикам «просачиваться» сквозь архитектурную ткань. Архитектор Стивен Холл развил эти идеи, представив пористость как феноменологический инструмент, позволяющий зданию интегрировать свет, воздух и пешеходное движение, превращая монолитный объем в сложную систему пустот и связей [3, 4].

В градостроительном планировании Ян Бентли определяет проницаемость как ключевое качество среды, предоставляющее человеку максимальный выбор маршрутов. Бентли акцентирует внимание на том, что физический доступ должен обязательно сопровождаться визуальной прозрачностью: если пешеход не видит путь к воде, пространство остается для него закрытым . Ричард Сеннет поддерживает этот тезис, аргументируя, что «Открытый город» (The Open City) невозможен без архитектуры, которая создает мягкие границы и поощряет непредсказуемость социальных контактов [5, 6].

Сравнительный анализ механизмов прибрежной проницаемости

Для понимания практической реализации теоретических моделей проницаемости необходимо рассмотреть два знаковых прибрежных проекта, которые решают проблему интеграции через радикально разные пространственные приемы.

1. Оперный театр в Осло (бюро Snøhetta) 2007: «Топографическая непрерывность» (Topographic Continuity)

Проект бюро Snøhetta радикально переосмысляет доступ к культурному объекту через создание механизма «Публичный ковер» (The Public Carpet). Наклонные плоскости крыши спускаются непосредственно к воде, позволяя любому прохожему подняться на вершину здания без необходимости приобретать билет . Данное решение превращает оболочку здания в круглосуточно доступную городскую площадь, устраняя барьер «храма культуры» и делая архитектуру частью ландшафта . Таким образом, стратегия Snøhetta на практике реализует

принцип максимальной физической проницаемости, предложенный в концепции «отзывчивой среды» (Responsive Environments) [7].

2. Центр Ботин в Сантандере (архитектор Ренцо Пиано) 2017: «Городская левитация» (Urban Levitation)

В проекте Центра Ботин проблема физического барьера решена через стратегию «Городская левитация» (Urban Levitation) объема над уровнем земли. Ренцо Пиано использовал принцип вертикального разделения функций для сохранения визуальной оси города . Основные галерейные объемы подняты на стальных опорах (пилотисах), что оставляет уровень земли свободным для пешеходов. Для реализации этого решения существующая автомагистраль была перенаправлена в 200-метровый подземный тоннель, что позволило садам Переда беспрепятственно «протечь» под зданием к набережной . Визуальная проницаемость здесь дополнительно усиливается за счет светоотражающей облицовки из керамических дисков, которые минимизируют массу здания и сохраняют сквозные перспективы на горизонт [8].

Дискуссия: Икона как общественная платформа

Синтез иконической формы и проницаемости требует создания «Публичный интерфейс» (Public Interface)[5] – зоны физического и социального контакта здания с городом. Как утверждает Ставрос Ставридес, только когда этот интерфейс функционирует как «common space» (общее пространство), архитектура перестает быть инструментом исключения и становится подлинным гражданским достоянием . Важнейшим элементом здесь выступает «Зона свободного доступа» (Ticket-Free Zone)[6], которая позволяет человеку находиться внутри или на поверхности иконического объекта без обязательства потребления коммерческих услуг [4, 9].

Проницаемость необходима для предотвращения фрагментации прибрежной зоны. Софи Вольфрум подчеркивает, что «пористый город» – это среда, поощряющая пешеходную активность и поддерживающая сложность социальных связей . Ценность пористости в данном контексте проявляется в трех измерениях: экологическом (естественная вентиляция), социальном (смягчение порогов между социальными группами) и градостроительном (обеспечение множественности маршрутов) [4, 10].

Однако, как отмечают Э. Пафка и К. Доуви, проницаемость не является абстрактной величиной; она требует прецизионного проектирования пешеходных связей и учета «эффекта узкого горлышка». Если визуальная связь с водой обеспечена, но физический путь прерван барьерами, иконическое здание теряет свою градостроительную легитимность. Создание пористой среды требует симметричного проектирования интерьера и экстерьера, где внутренние фойе и внешние площади образуют единый пространственный континуум. Тем не менее, существующий разрыв в методах измерения визуальной проницаемости указывает на необходимость дальнейших количественных исследований влияния «прозрачных» первых этажей на долгосрочную жизнеспособность прибрежных зон [11].

Заключение

Проведенное исследование подтверждает, что успех современной иконической архитектуры в прибрежных зонах зависит от перехода к социально-ориентированной модели «Бильбао 2.0». Использование таких механизмов, как топографическая непрерывность (Осло) и городская левитация (Сантандер), позволяет иконическим объектам функционировать как эффективные городские коннекторы .

Работа доказывает, что «Permeability» (Проницаемость) должна проектироваться как комплексная система физического доступа и визуальной прозрачности, обеспечивающая

когнитивный комфорт жителей . При этом создание «свободного доступа» (Ticket-Free Zone Зон) является обязательным условием социальной легитимности проекта и его превращения в «Общее пространство» (Common Space) .

Отвечая на поставленный в начале статьи вопрос, можно утверждать, что скульптурный объем становится коннектором при условии реализации стратегий топографической непрерывности или урбанистической левитации. Проницаемость, как физическая, так и визуальная, является тем инструментом, который позволяет «Эффекту Бильбао» эволюционировать в устойчивую модель городского развития.

Современная икона – это не просто скульптурный объем, а «пористая платформа», которая через механизмы проницаемости возвращает городскому сообществу право на доступ к морскому фронту.

Примечания

1. Визуальный якорь (Visual Anchor) – архитектурное сооружение или элемент, служащий доминантным ориентиром в городской среде и помогающий жителям структурировать ментальные образы пространства.
2. Общественный интерфейс (Public Interface) – зона активного взаимодействия между внутренним пространством здания и внешней городской территорией, включающая входные группы, общедоступные фойе и прилегающие площади.
3. Пространственная пористость (Spatial Porosity) – архитектурное качество, характеризующееся наличием пустот, сквозных проходов и зон неопределенного назначения, способствующих свободному перемещению людей и социальных процессов сквозь структуру здания.
4. Проницаемость (Permeability) – характеристика планировочной структуры, определяющая степень легкости перемещения пешеходов через здание или квартал, а также визуальную доступность ключевых аттракторов (например, набережной).
5. Публичный интерфейс (Public Interface) – зона физического контакта между частным пространством здания и общественным пространством улицы, определяющая качество взаимодействия архитектуры с социумом.
6. Зона свободного доступа (Ticket-Free Zone) – часть крупного культурного объекта (холлы, кровли, террасы), открытая для публичного посещения без необходимости приобретения билета, выполняющая роль социального катализатора.

Список использованных источников

1. Jencks, C. The New Paradigm in Architecture: The Language of Post-Modernism. – New Haven ; London : Yale University Press, 2002. – 279 p./ The Iconic Building, 2005.
2. Sklair, L. The Icon Project: Architecture, Cities, and Capitalist Globalization. – Oxford : Oxford University Press, 2017. – 352 p.
3. Benjamin, W., Lacis, A. Naples // One-Way Street and Other Writings / trans. E. Jephcott, K. Shorter. – London : NLB, 1979. – P. 163–173.
4. Holl, S. Parallax. – New York : Princeton Architectural Press, 2000. – 352 p.
5. Bentley, I., Alcock, A., Murrain, P. [et al.] Responsive Environments: A Manual for Designers. – London : Architectural Press, 1985. – 160 p.
6. Sennett, R. Building and Dwelling: Ethics for the City. – New York : Farrar, Straus and Giroux, 2018. – 368 p.
7. Snøhetta. Oslo Opera House: Architecture and Landscape. – Oslo : Press Publishing, 2008.– URL: *https://www.snohetta.com/projects/oslo-opera-house*
8. Piano, R. Centro Botín: The Manifesto of Urban Levitation. – : RPBW Publications, 2017. – URL: *https://www.fondazionerenzopiano.org/en/project/centro-botin/*

9. Stavrides, S. Common Space: The City as Commons. – London : Zed Books, 2016. – 224 p.

10. Wolfrum, S. (ed.). Porous City: From Metaphor to Urban Agenda. – Basel : Birkhäuser, 2018. – 304 p.

11. Pafka, E., Dovey, K. Permeability and interface catchment: measuring and mapping walkable access // Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability. – 2017. – Vol. 10, № 2. – P. 150–162.

УДК 72.036

Символизм архитектурной формы культурных центров в пустынных регионах

Эль Яамани А., магистрант

* Ответственный за переписку: elyamaniahlam99@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Данная исследовательская работа посвящена анализу символики, заложенной в архитектурных формах современных культурных центров, расположенных в пустынных регионах. Особое внимание уделяется роли архитектуры в формировании культурной идентичности и сохранении нематериального культурного наследия. В работе рассматриваются три архитектурных проекта: Лувр Абу-Даби, Центр для посетителей Desert X в Аль-Уле и Центр мировой культуры имени короля Абдулазиза (Итра). Анализ показывает, что архитектурные формы этих проектов вдохновлены природными элементами пустынной среды, такими как оазисы, скальные образования и естественный рельеф. Использование этих символических форм способствует созданию связи между современной архитектурой и культурной памятью региона. Следовательно, культурные центры становятся не просто местами для проведения мероприятий, а архитектурными символами, способствующими сохранению и возрождению нематериального культурного наследия.

Ключевые слова: Архитектура, Культурные центры, Архитектурная форма, Культурная идентичность, Нематериальное культурное наследие.

Научный руководитель – доцент кафедры архитектуры ННГАСУ, Жданов Егор Сергеевич, кандидат архитектуры

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность Научный руководитель – доцент кафедры архитектуры ННГАСУ, Жданов Егор Сергеевич, кандидат архитектуры , за научное руководство, ценные консультации и помощь в подготовке статьи.

Введение

Нематериальное культурное наследие является структурным элементом формирования культурной идентичности общества. Оно включает в себя социальные практики, художественные выражения и модели знаний, накопленные на протяжении истории, в том числе навыки и ремесла. Эти модели знаний передаются из поколения в поколение посредством различных социальных взаимодействий. В отличие от материального наследия, нематериальное наследие не столько связано с конкретными объектами, сколько рассматривается как коллективный опыт и общая культурная память [1].

Этот тип наследия становится все более уязвимым для упадка и исчезновения, особенно в свете современных социальных и экономических изменений. Урбанизация, миграция и культурная глобализация ослабляют механизмы передачи традиционных знаний. В результате местные культурные практики постепенно теряют свое присутствие в повседневной жизни [2].

Эта проблема особенно очевидна в пустынных регионах, где культурные традиции зарождаются в природной среде, в пустынном образе жизни и в среде местного населения. В этом контексте архитектура играет решающую роль в поддержке культурной идентичности и

сохранении нематериального наследия. Культурные центры, таким образом, могут стать подходящим инструментом для достижения этой цели [1].

Этот подход расширяет роль современных культурных центров, превращая их из простых пространств для выставок и мероприятий в архитектурные символы, выражающие культурные ценности сообщества. Цель состоит в переосмыслении природного ландшафта, традиционных форм и культурных символов региона. [2]

Данное исследование направлено на анализ символики архитектурной формы современных культурных центров в пустынных регионах и демонстрацию их роли в продвижении культурной идентичности и сохранении нематериального наследия на основе изучения трех международных архитектурных моделей.

Архитектурная форма как носитель культурной символики

Традиционная архитектура – это не просто функциональная система, а модель культурной коммуникации. Это означает, что она способна передавать символические значения, укорененные в природном и историческом контексте конкретного региона. В пустынных регионах, например, архитектура черпает свои формы из природных элементов, таких как песчаные дюны, скальные образования и оазисы, а также из традиционных средств защиты от солнца и жары. Эти элементы служат источником визуального вдохновения, связывая современную архитектуру с природной средой и способствуя сохранению культурной памяти сообщества и преемственности его материальных и культурных структур [2].

Современные культурные центры используют эту символику для интерпретации природных и культурных элементов, тем самым трансформируясь из своей повседневной функциональной роли в функцию сохранения наследия. Благодаря этой функции архитектура укрепляет новую культурную идентичность региона. На этой основе архитектурная форма позволяет непрерывно интегрировать культурное наследие и современные технологии, создавая пространство, укорененное в прошлом, но расширяющееся для удовлетворения потребностей настоящего.

Анализ архитектурных примеров

Для анализа роли архитектурной формы в выражении культурной символики были рассмотрены три современных культурных центра, расположенных в пустынных регионах Ближнего Востока.

Музей Louvre Abu Dhabi (ОАЭ)

Рисунок 1 – Музей Louvre Abu Dhabi, ОАЭ [4]

Лувр Абу-Даби, расположенный на острове Саадият, был спроектирован французским архитектором Жаном Нувелем и открыт в 2017 году. Его архитектурная форма вдохновлена образом традиционного арабского города и оазиса. Центральным элементом этого проекта является массивный купол диаметром около 180 метров, состоящий из множества металлических слоев, создающих сложный геометрический узор. В нем также предусмотрена специальная конструкция для защиты от солнечного света, призванная создать эффект «дождя света», напоминающий солнечный свет, пробивающийся сквозь пальмы в оазисе. Это взаимодействие символики здания и природы придает музею двойственный характер, превращая его в культурный оазис и место встречи различных цивилизаций и их исторических истоков [3].

Центер мировых культур имени короля Абдулазиза (Ithra), Саудовская Аравия

Рисунок 2 –Центр мировых культур имени короля Абдулазиза (Ithra) [3]

Спроектированный архитектурным бюро Snøhetta в Дахране в 2018 году, Центр мировой культуры имени короля Абдулазиза является одним из крупнейших культурных центров на Ближнем Востоке. Его архитектурный дизайн выполнен в виде массивных блоков, напоминающих скальные образования, отсылающих к геологическим особенностям пустынного региона. Металлический фасад придает зданию солидность и интеграцию с окружающей средой, отражая характерные черты древней арабской культуры. Эта модель, вдохновленная и возрожденная, символизирует культурный рост и трансформацию, демонстрируя способность природы служить современным знаниям в культурных и исторических целях и воплощая в себе непреходящие и самобытные символы культуры [4].

Desert X AlUla Visitor Centre, Саудовская Аравия:

Рисунок 3 – Desert X AlUla Visitor Centre [5]

Расположенный в долине Аль-Ула, центр основан на принципе минимального вмешательства в природу. Здание повторяет природные контуры, визуально интегрируясь с характерным пустынным ландшафтом Аль-Улы. В проекте использованы натуральные материалы и цвета, чтобы минимизировать контраст между зданием и окружающей средой, стремясь создать гармонию между первозданной природой и архитектурно созданным пространством как процесс взаимной культурной и экологической преемственности. Этот проект привел к переосмыслению взаимосвязи между современным искусством, природой и культурной историей, воссоединив эти три элемента без разрыва между ними и тем самым способствуя непрерывному культурному диалогу [5].

Заключение

Архитектурная форма культурных центров в пустынных регионах играет решающую роль в выражении культурной идентичности и сохранении её нематериальных составляющих. Важно отметить, что эти проекты переосмысливают элементы пустынного ландшафта, где купол символизирует оазис, структура центра воплощает скальные образования, а характерный природный пейзаж пустыни отражен в фасаде центра DesertX. Здесь природный ландшафт интегрирован в процесс культурного производства, формирования идентичности и подлинных геометрических форм. Архитектурная форма стала эффективным средством связи прошлого с настоящим, превращая культурные центры в архитектурные символы, функционирующие как механизмы сохранения и возрождения культурного наследия.

Список использованных источников

1. Blake, J. Museums and safeguarding intangible cultural heritage: facilitating participation and strengthening their function in society / J. Blake // *International Journal of Intangible Heritage*. – 2018. – URL: *https://www.ijih.org/volumes/article/701* (Дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

2. Smith, L. Uses of Heritage / L. Smith. – London : Routledge, 2006. – 351 p. – P. 120–145. – DOI: 10.4324/9780203602263.

3. *The Louvre Abu Dhabi* / Musée du Louvre. – URL: *https://www.louvre.fr/en/the-louvre-in-france-and-around-the-world/the-louvre-abu-dhabi* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

4. SSK. Центр мировой культуры короля Абдул Азиза (iThra) в Дахране: архитектурный проект / SSK // *ССК «ФАСАДНЫЕ СИСТЕМЫ»*. – 2022. – № 1 (55). – С. 35–39. – URL: *https://ssk-inform.ru/doc/ssk/38/35.pdf* (Дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

5. Desert X AlUla Visitor Centre / KWY.studio // *ArchDaily*. – URL: *https://www.archdaily.com/1015083/desert-x-alula-2024-visitor-centre-kwtudio* (Дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

УДК 711.4.01

Проблема интеграции современной застройки в аутентичную архитектуру исторического центра города (на примере Нижнего Новгорода)

*Якушев Д.П. *, студент*

* Ответственный за переписку: электронный@адрес.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Данная статья посвящена проблемам интеграции современной застройки в аутентичную архитектуру исторического центра города на примере Нижнего Новгорода. Рассматриваются исторические и ландшафтные предпосылки формирования городской среды, её конфликт с современной архитектурой и пути преодоления данного противоречия.

Ключевые слова: культурное наследие, современная застройка, архитектурная среда, исторический центр, культурное наследие.

Научный руководитель – заведующий кафедры культурологии, канд. пед. наук, Кондрашкина Антонина Александровна

Проблема сохранения целостности исторической городской среды становится особенно актуальной в условиях активного строительства. Исторический центр любого крупного города представляет собой сложившийся архитектурно-пространственный комплекс, несущий черты разных эпох. Однако современные здания, возводимые в охранных зонах, зачастую вступают в конфликт с аутентичной застройкой, нарушая её масштаб, ритм и визуальное восприятие. В российской практике этот конфликт особенно заметен в городах с богатым историко-культурным наследием. Одним из таких показательных примеров выступает Нижний Новгород, где сохранилась уникальная панорама исторического центра, а современное строительство ведётся в непосредственной близости от кремля, старых улиц и ансамблей набережных. В данной статье рассматриваются основные проблемы интеграции новой архитектуры в сложившуюся среду исторического ядра Нижнего Новгород.

Изначально Нижний Новгород – «Город-воин», заложенный как сторожевой пост на стратегически важном месте слияния Оки и Волги. Расположение города на Дятловых горах позволило во многом сохранить его облик за счет «поляризованных ландшафтов», где город и природа рассматриваются как равноценные «полюсы» окружающей среды, взаимозависимые элементы парагенетического природно-антропогенного ландшафтного комплекса, связанные в систему территориальным распределением функций и маятниковыми миграциями людей. Места, неблагоприятные для урбанизации, имеют рекреационное значение: они пригодны для отдыха и туризма, для экстенсивной умеренной эксплуатации естественно возобновляемых природных ресурсов, а также играют роль буферов, предотвращающих экологически нежелательные соседства, например, с промышленными производствами [1, 109 с.]. Такие территориальные условия, непригодные для массовой застройки, во многом позволили сохранить архитектуру в исторической части Нижнего Новгорода.

В зависимости от роли в композиционном каркасе города застройку улиц можно разделить на формирующую панораму и силуэт и участвующую в создании отдельных фрагментов исторической среды рядовую ткань. Ключевой каркас исторической среды

Нижнего Новгорода определятся пятью улицами: Большая Покровская, Большая Печерская, Рождественская, Ильинская, Белинского и прилегающие к ним менее крупные улицы. Именно они представляют собой комплекс архитектурно-градостроительного наследия [1, 107 с.].

Нарушения в архитектурном облике центральной части города начались в 1960-1970-е годы, по причине постановления 1955 года, из-за которого в Нижнем Новгороде, как и других городах, началась «борьба с излишествами» в архитектуре [2]. Данное постановление привело к переходу от дореволюционных форм к откровенному минимализму. Жесткий геометризм типовой архитектуры контрастировал с историческим наследием древнего Нижнего Новгорода. Подобное представление о современности в начале 1970-х годов стало вызывать естественный протест не только профессионалов, но и простых жителей. Пришло понимание, что новая застройка становится диссонирующей по отношению к историческому и природному окружению, обедняющей духовную жизнь граждан, их эстетическое восприятие, нивелирующей «дух места» [3, 100 с.]. Примером такой застройки выступают многоэтажные здания на набережной Федоровского, конфликтующие с историческими зданиями по масштабу и этажности.

Конфликт между новым строительством и исторической средой проявляется, прежде всего, в нарушении масштабной иерархии. Новые здания нередко приобретают доминирующую высоту и объём, что разрушает сложившиеся панорамы и силуэт. В Нижнем Новгороде эта тенденция усилилась с середины 1990-х годов, когда первоначально аккуратное контекстное строительство сменилось коммерческим освоением территории [4]. Особенно показателен снос дома купца Цылбова – памятника стиля «нижегородский модерн» начала XX века, который не спасли ни охранный статус, ни вмешательство общественности [4]. Благо, данное здание было восстановлено благодаря возмущению общественности и заведению уголовного дела на застройщика, но подобные примеры встречаются и в других городах. В Томске, обладающем уникальными массивами деревянной застройки, подавляющая часть новых объектов (около 89%) признана «дисгармоничной» [5, 69 с.].

Основной проблемой становится не только высота, но и размещение: новые постройки занимают места бывших хозяйственных дворов, нарушают красные линии и отступы, тем самым ломая привычную планировочную структуру кварталов. Кроме того, массовое применение кирпича, панелей и остекления среди деревянной исторической застройки создаёт резкий материальный и пластический разрыв. Функциональный конфликт выражается в появлении крупных торговых и офисных центров, которые требуют обширных парковок и подъездных путей, что ведёт к сносу соседних исторических зданий и ухудшению транспортной ситуации в центре.

В связи с этим возникает необходимость выработки чётких критериев гармоничной интеграции новых объектов в аутентичную среду. Опираясь на сложившиеся методы, можно выделить несколько подходов. Среди них – метод скрытой реконструкции, который используется при необходимости обновления исторического участка городской застройки или его приспособления с элементами модернизации и оптимален для замкнутых внутриквартальных пространств.

Метод стилевой имитации основан на подражании композиционным приёмам исторической архитектуры, однако его неудачное применение порождает диссонансные объекты: например, торговый центр «Big City» в Томске, являющийся ярким представителем такого направления в архитектуре, как капиталистический романтизм [6, 48 с.].

Принцип контраста, напротив, сознательно противопоставляет новый объект знакомой и привычной окружающей архитектурной среде через инновационные материалы, необычную форму или цветовое решение [6, 49с.]. Однако, выбор того или иного приёма недостаточен. Необходима системная средовая адаптация, включающая несколько уровней:

1) типологический – здание становится частью существующего типологического ряда,

2) стилистический – основанный на стилизации и подчинении,

3) композиционный – использование ритмических и метрических членений, масштабности, симметрии,

4) художественно-эстетический – модернизация традиционных деталей,

5) колористический – согласование цвета и фактуры,

6) образно-символический, направленный на сохранение «памяти места» [6, 50 с.].

Однако подобные решения могут столкнуться с вопросом рентабельности зданий, вписанных в исторический архитектурный ансамбль. Сохранение исторической этажности и габаритов приводит к ограниченной площади, что не позволяет создать достаточное для окупаемости количество жилых или коммерческих помещений, делая вложения для застройщика малопривлекательными.

Тем не менее, существуют пути разрешения этого противоречия. Во-первых, такие здания могут использовать традиционную для исторических городов форму функционирования, подразумевающую коммерческие помещения на первом этаже и жилые – на последующих. Такая модель обеспечивает постоянный уличный трафик и сохраняет жизненность квартала. Во-вторых, возможно создание исторических кварталов премиум-класса, подразумевающих повышенную стоимость квадратного метра за счёт уникальной локации, атмосферы и ограниченного предложения. Высокая маржинальность таких проектов способна компенсировать меньшие объёмы строительства. Первым шагом в данном направлении можно считать ЖК «СТАТУС», строящийся на исторической Черниговской улице. Хотя данный комплекс и нельзя назвать примером полноценно аутентичным, но в нем видятся путь к контекстуальной застройке в исторической части города.

Таким образом, проблема интеграции современной застройки в историческую городскую среду носит комплексный характер. С одной стороны, стихийное коммерческое освоение исторических центров ведёт к утрате масштабной иерархии, нарушению планировочной структуры, материальному и функциональному диссонансу. С другой же, подобные постройки крайне затратные и трудоемкие. Ключевым условием сохранения аутентичности архитектуры остаётся объединение усилий архитекторов, инвесторов, органов власти и общественности при безусловном приоритете сохранения целостности исторической среды над краткосрочными коммерческими выгодами. Только такой баланс позволяет сохранить идентичность городов, их туристическую привлекательность и духовную ценность для будущих поколений.

Список использованных источников

1. Волкова, Е. М. Исторические особенности формирования архитектурного облика старинных улиц Нижнего Новгорода / Е. М. Волкова. – Текст : электронный // Приволжский научный журнал. – 2019. – № 2(50). – с. 106-112. – URL: *https://clck.su/xXZfE* (дата обращения: 07.04.2026)

2. ОБ УСТРАНЕНИИ ИЗЛИШЕСТВ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ // Библиотека нормативно-правовых актов СССР : [сайт]. – URL: *https://clck.su/xjwTO* (дата обращения: 30.03.26)

3. Орельская, О. В. Историзм в архитектуре Нижнего Новгорода XX века / О. В. Орельская. – Текст : электронный // Вестник КГУ. – 2006. – №10. – URL: *https://clck.su/fZRwk* (дата обращения: 30.03.2026).

4. Ватулина, О. В. К проблеме реконструкции сложившейся городской среды. – Текст : электронный // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2008. – №1. – URL: *https://clck.su/TgaYs* (дата обращения: 29.03.2026).

5. Романова, Л. С., Литвинова, О. Г. Современная застройка в исторических центрах городов. Исследования. Проблемы. Перспективы. – Текст : электронный // Вестник ТГАСУ. – 2009. – №2. – URL: *https://clck.su/RVseH* (дата обращения:09.04.2026).

6. Мальцева, И. Н., Каганович, Н. Н., Макан, В. Ю., Пучков М. В. Основные методы интеграции объектов современного строительства в историческую городскую среду. – Текст : электронный // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2024. – №4 (63). – с. 47-54. – URL: *https://clck.su/wrdSn* (дата обращения: 08.04.2026).

Дизайн архитектурной среды и ландшафтная архитектура

УДК 72.012

Дизайн городской среды космического экопоселения

*Банникова К.Н. *, студент*

* Ответственный за переписку: kseniyakseniya1717@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В настоящее время наука в области освоения космоса развивается настолько стремительно, что первые поселения на Луне, Марсе, других планетах и их спутниках могут появиться уже в этом столетии. Такие поселения, так же, как и любой населенный пункт на Земле, вне зависимости от количества жителей, будут обладать окружающей построенные сооружения космической городской средой. Городская среда космического поселения должна быть экологичной, защищенной от суровых внешних условий космоса и именно поэтому она будет обладать по-своему особенной и уникальной эстетикой. Дизайн такой среды будет основан на функциональной составляющей проекта поселения и его экологичности и безопасности для будущих жителей.

Ключевые слова: дизайн, городская среда, космическое поселение, экопоселение, дизайн архитектурной среды, благоустройство.

Научный руководитель – профессор, доктор философских наук, профессор, академик Международной академии инвестиций и экономики строительства Норенков Сергей Владимирович.

Введение

Городская среда – совокупность условий, созданных человеком и природой в границах конкретного населенного пункта. Городская среда формирует отношение человека к городу и должна обеспечивать физически и психологически комфортное пребывание и проживание в нем. Цель дизайна городской среды (архитектурной среды) – создание комфортного для человека городского пространства, окружающего здания и сооружения [1]. Жилая и рабочая среды города или поселения с присутствием в них как общих, так и приватных зон, должны соответствовать потребностям их жителей [2]. Данные принципы распространяются и на космические города и поселения, однако при этом важно учесть суровые условия космоса (отсутствие атмосферы, гравитации, повышенный радиационный фон и т.д.), непригодного для пребывания в нем человека без специального оборудования – космических кораблей, скафандров, специальных сооружений для пребывания на конкретном объекте(Луне, Марсе, в открытом космосе и пр.).

Принципы дизайна городской среды космического экопоселения

Экологичность космического поселения обусловлена следующими факторами:

– защищенность всего пространства экопоселения от негативного воздействия космической среды(радиации, температурных перепадов, отсутствия атмосферы и пр.);

– использование альтернативных источников энергии и местных материалов(например реголита);

– частичная или полная переработка отходов любого вида для вторичного использования для различных нужд поселения или его жителей;

– частичная или полная автономность при строительстве и дальнейшем функционировании и т.д.

Дизайн городской среды такого поселения прежде всего должен быть обоснован функционально, а эстетический облик будет складываться за счет используемых при строительстве поселения конструкций, технологий и необходимого инженерного оборудования, которые могут быть встроены в средовое благоустройство для оптимизации процессов, экономии пространства и снижения финансовых затрат. Средовой подход в этом плане актуален как никогда, т.к. от учета суровых условий окружающей среды любого космического объекта напрямую зависит возможность строительства на нем поселения и дальнейшего пребывания человека в нем. Архитекторы и дизайнеры из разных стран уже предлагают концепции таких космических поселений, в которых используют самые разные материалы – дизайнеры Варит Заки и Амир Амзар для строительства города на Марсе предложили использовать в качестве строительного материала бамбук, функциональная обоснованность которого заключается в выдерживании сурового климата Марса, резких температурных перепадов и высокой скорости роста бамбука (рис. 1) [3].

Рисунок 1 – Martian SOL-Seed of Life. Авторы: Варит Заки и Амир Амзар (Warith Zaki and Amir Amzar) [3]

Сооружения обтекаемой или сферической формы по типу геодезических куполов Р.Б.Фуллера являются оптимальными для строительстве на Марсе как жилых, так и рабочих и складских сооружений. Преимущества таких конструкций заключаются в их модульности, быстрой возводимости, устойчивости и эргономичной форме. Также возможно применение технологии 3Д-печати с использованием марсианского льда или композитных материалов, созданных на основе реголита[4]. Космическое экопоселение, вне зависимости от своего расположения на Луне, Марсе или любой другой планете или ее спутнике, композиционно будет является акцентным как по форме, так и колористически по отношению к безжизненной пустынной окружающей среде. Среда каждой планеты обладает своей особенной, уникальной колористикой. Марс, например, обладает красноватым грунтом из-за высокого содержания железа в его составе, а также песочно-желтым небом с голубыми закатами. Рельеф этой планеты обладает как горной местностью, так и равнинной. Гравитация Марса слабее, чем у Земли, и составляет 3,71м/с², средняя скорость ветра составляет 30 м/с, суточные колебания температуры могут достигать 31-89 °С с сохранением средней температуры в -63 °С [4]. По данным марсохода Curiosity, уровень радиации на Марсе превышает земной в 72 раза по причине отсутствия у планеты магнитного поля, по этой же причине на Марсе практически

отсутствуект и атмосфера. Марс в настоящее время является самой изученной планетой из-за своего сходства с Землей и одним из самых популярных кандидатов для освоения и колонизации и активно изучается учеными из разных стран. На данный момент на Марсе находятся более 15 искусственных объектов, изучающих планету, включая как стационарные станции, так и марсоходы. Благодаря информации, собранной марсоходами и орбитальными аппаратами, удалось обнаружить следы присутствия воды, что означает, что в далеком прошлом Марс мог быть вполне пригодным для жизни. Подтверждения этого на данный момент, однако можно предположить, что среда Марса раньше была гораздо более разнообразной (рис. 2)[5, 6].

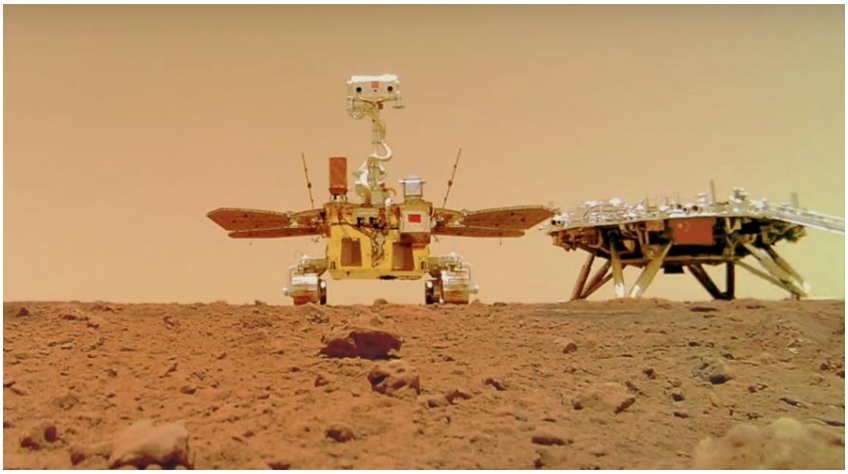


Рисунок 2 – Марсоход «Чжужун« и его посадочная платформа на равнине Утопия [5]

Средовые особенности подобного типа также следует учитывать при проектировании космического поселения, так как это поспособствует созданию более выразительного архитектурного облика экопоселения.

Ландшафтное благоустройство также может присутствовать в космическом экопоселении, но исключительно в его внутреннем пространстве, предназначенном для пребывания человека и защищенного от внешних условий. Оно может быть представлено в виде растений, выращиваемых для дальнейшего употребления в пищу и высаженных в виде садов из деревьев и рядов грядок. Внешняя среда Марса токсична, характерна резкими температурными перепадами и пылевыми бурями и непригодна для пребывания, не говоря уже о выращивании растений. Ландшафтный дизайн внешней среды Марса возможен, если каждому растению обеспечить защиту от внешних условий, но в таком случае это будет экономически нецелесообразно и потребует излишнего расхода ценной энергии.

Заключение

Городская среда космического экопоселения будет обладать теми же чертами, что и любой населенный пункт на Земле. Отличие заключается в том, что:

– такую городскую среду необходимо дополнительно накрыть одной или несколькими оболочками, защищающими проживающих в экопоселении людей от опасных для жизни суровых условий космоса;

– дизайн городской среды в этом случае будет напрямую основываться на функциональной составляющей проекта;

– архитектурный облик самого поселения вполне будет обладать чертами стиля хай-тек за счет выведения на первый план используемых конструкций и инженерного оборудования.

Космический город хоть и будет похож на Земной, но будет отличаться тотальным преобладанием технической эстетики. Возможно, в будущем мы сможем наблюдать своеобразное возрождение стиля хай-тек, который как никакой другой стиль подходит для космического строительства[7]. Самым ярким примером здания в этом стиле на Земле на данный момент является Центр Ж.Помпиду в Париже, авторы проекта – архитекторы Р.Роджерс и Р.Пиано[8].

Список использованных источников

1. Городская среда обитания. – Текст : электронный // Википедия : [сайт] – URL: *https://ru.wikipedia.org/wiki/Городская_среда_обитания?ysclid=mnqbz63yit834027227* (дата обращения: 08.04.2026).

2. Смолова, Л. В. Психология взаимодействия с окружающей средой / Л. В. Смолова // Экология человека. – 2007. – № 6. – С. 31.

3. Сочалин. О. Топ-10 проектов космической архитектуры будущего / О. Сочалин. – Текст : электронный // Архитайм.ру : [сайт]. – URL: *https://www.architime.ru/specarch/top_10_cosmos/future.htm?ysclid=mikru4s3yu185901466* (дата обращения: 20.04.2026).

4. Винтураль, Д. А. Сооружения на Марсе / Д. А. Винтураль // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики. В 3-х томах, Красноярск, 13–17 апреля 2020 года / Под общей редакцией Ю.Ю. Логинова. Том 1. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», 2020. – С. 275-276.

5. Список искусственных объектов на Марсе. – Текст : электронный // Википедия : [сайт] – URL: *https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_искусственных_объектов_на_Марсе* (дата обращения: 09.04.2026).

6. Марс. – Текст : электронный // Википедия : [сайт] – URL: *https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%80%D1%81* (дата обращения: 08.04.2026).

7. Хай-тек (стиль). – Текст : электронный // Википедия : [сайт] – URL: *https://ru.wikipedia.org/wiki/Хай-тек_(стиль)?ysclid=mnrhna3cet840393307* (дата обращения: 09.04.2026).

8. Забалуева Н. А., Беседина И. В. Особенность архитектурного решения центра Жоржа Помпиду в Париже // Инженерно строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ». – 2019. – № 1 (27). – С. 76–82.

УДК 712.4:711.641

Контейнерное озеленение фасадов – анализ европейского опыта

Братанова Л.В., студент; Киреева Т.В., канд.филос.н., доцент, профессор каф. ЛА ННГАСУ*

* Ответственный за переписку: BrLu519@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме нехватки зелёных пространств в современных городах и рассматривает контейнерное озеленение фасадов как перспективное решение для интеграции природы в урбанистическую среду. Особое внимание уделено европейской практике контейнерного озеленения: описаны ключевые принципы технологии (автономность элементов, модульные системы креплений, воздушные зазоры, системы автополива), а также обязательные условия её внедрения (расчёт несущей способности стен, обеспечение ветроустойчивости и гидроизоляции). На примерах реализованных проектов демонстрируются архитектурно-эстетические и экологические преимущества метода. Отдельно рассматривается опыт применения технологии в России (на примере Нижнего Новгорода) с акцентом на необходимость адаптации ассортимента растений к местным климатическим условиям.

Ключевые слова: зеленые фасады, контейнерное озеленение фасадов, вертикальное озеленение.

Научный руководитель – профессор кафедры ландшафтной архитектуры ННГАСУ, канд. филос. наук, доцент Киреева Татьяна Валентиновна

Введение

Современные города сталкиваются с острой нехваткой зелёных пространств: плотная застройка, ограниченное количество свободных земельных участков и растущие экологические проблемы требуют новых подходов к включению природных элементов в городскую среду.

Решением стало преображение самого городского ландшафта: привычные фасады, ранее считавшиеся лишь неподвижными архитектурными поверхностями, теперь способны стать динамичными зелёными зонами. Вертикальное озеленение даёт шанс создать настоящие вертикальные сады на стенах зданий – и тем самым добавить мегаполису зелени.

Одним из перспективных приемов озеленения фасадов становится контейнерное озеленение – технология, позволяющая создавать зелёные акценты и зоны на вертикальных поверхностях зданий с использованием мобильных ёмкостей для растений. Этот метод успешно практикуется в условиях европейских мегаполисов, где ландшафтный дизайн гармонично сочетается с инновационными архитектурными решениями [1].

Методы и обсуждение

Традиция украшать стены зданий живыми растениями уходит корнями в глубокую древность – достаточно вспомнить увитые плющом средневековые европейские улочки. В

России девичий виноград, хмель, ипомея украшали крыльца, веранды и беседки в сельских и городских усадьбах. Вертикальное озеленение использовали для украшения фасадов жилых домов и дач при социализме.

В последние десятилетия практика фасадного озеленения совершила качественный скачок: из разряда декоративных излишеств она превратилась в полноценное инженерно-ландшафтное направление. Особого внимания в этом контексте заслуживает европейский метод контейнерного озеленения фасадов, который сегодня воспринимается не просто как способ украсить здание, но и как инструмент решения экологических проблем мегаполисов.

В то время как в общественном сознании понятие «вертикальное озеленение» зачастую ассоциируется с диким виноградом, хаотично оплетающим стены старых построек, европейская школа ландшафтной архитектуры сместила фокус в сторону контролируемых и модульных систем. Контейнерное озеленение фасадов представляет собой не просто декоративный прием, а тщательно выверенную инженерную практику. Это симбиоз ботаники, строительной физики и дизайна, направленный на создание «живых стен» без прямого контакта растений с несущими конструкциями здания. Данный метод открывает возможности для озеленения объектов с высокой этажностью и сложной архитектурой.

Метод базируется на принципе автономности каждого элемента. В отличие от традиционного высаживания в грунт у подножия здания, здесь растения существуют в специально сконструированных емкостях, закрепленных на вертикальной плоскости. Ключевым звеном технологии выступает модульная или линейная система креплений. Важным аспектом также является наличие воздушного зазора между стеной и контейнерами: он предотвращает переувлажнение фасада и обеспечивает вентиляцию корней.

Особого внимания заслуживает и система автополива. В профессиональной реализации это не просто дренажные отверстия, а замкнутая капельная магистраль, встроенная в каждый ряд контейнеров. Она питается от единого узла управления, что позволяет минимизировать участие человека в уходе.

Внедрение контейнерного озеленения по европейским стандартам требует выполнения ряда инженерных и биологических условий, пренебрежение которыми ведет к гибели растений или порче фасада.

Первым и основополагающим фактором выступает несущая способность стены. Конструкция с влажным субстратом и растениями обладает значительным весом, поэтому необходим расчет нагрузок, выполняемый профильным специалистом. Вторым условием является обеспечение ветроустойчивости. На высоте ветровые нагрузки возрастают многократно, поэтому фиксация контейнеров должна быть жесткой.

Третье условие – гидроизоляция и дренаж. Качественная реализация метода подразумевает отвод лишней воды таким образом, чтобы она не попадала на стены, окна и тротуары. Система часто дополняется скрытыми лотками и трубками, собирающими влагу в ливневую канализацию или резервуары для повторного использования [2].

Селекция ассортимента для вертикального контейнерного сада в Европе подчиняется не столько эстетическим предпочтениям, сколько физиологическим возможностям растений существовать в лимитированном объеме почвы и на возвышении. Приоритет отдается видам с поверхностной и компактной корневой системой, способным осваивать ограниченный объем субстрата без угнетения собственного роста.

В проекте Park ‘n’ Play от архитектурного бюро JAJA Architects в Копенгагене (Дания) зелёные растения на фасаде паркинга стали ключевым элементом трансформации типового здания в многофункциональное общественное пространство (рис. 1). Архитекторы предложили концепцию, которая подчёркивает красоту конструктивной сетки и разбивает масштаб массивного фасада. Для достижения этого была создана модульная система из кашпо. Дизайн самой емкости является частью фасадного решения. Контейнер здесь выступает не как «горшок», а как архитектурный элемент, в который вписана биологическая составляющая.

Ящики размещены в шахматном порядке – один на каждые две колонны по всей высоте здания. Озеленение было спланировано с учётом быстрого роста растений, чтобы они как можно скорее интегрировались в облик здания [3]. Красный сетчатый фасад служит опорой для вьющихся растений, что не только улучшает внешний вид здания, но и способствует интеграции паркинга в городской ландшафт.

Рисунок 1 – Контейнерное озеленение фасада здания в проекте Park ‘n’ Play [3]

Жесткая геометрия сетчатого фасада паркинга в Лионе (Франция) пример наземной установки контейнеров вплотную к металлической сетке (рис. 2). Растения визуально смягчают геометрию фасада, быстро поднимаются, разрастаются, превращая утилитарное сооружение в элемент городской среды, гармонирующий с окружением.

Рисунок 2 – Лианы на фасаде паркинга в Лионе (фото Киреева Т.В. 2025 г.)

Оригинальным решением стало оформление необычного фасада паркинга Parkhaus Carlsplatz в Дюссельдорфе (Германия). Здание известно своим уникальным дизайном с шестиугольными ячейками световых проемов, под которыми на полу каждого этажа установлены контейнеры с ампельными растениями и лианами (рис. 3). Их побеги выведены наружу и закреплены к фасадной решетке. Расположение контейнеров внутри здания упрощает их обслуживание и полив.

Рисунок 3 – Фасад паркинга Parkhaus Carlsplatz в Дюссельдорфе (фото Киреева Т.В. 2024 г.)

В Дюссельдорфе есть еще необычное здание с уникальной архитектурой – Торгово-развлекательный центр Kö-Bogen I (арх. Studio Libeskind). Одной из отличительных особенностей здания являются его «вырезанные» секции, которые создают ощущение движения и динамики (рис. 4). В эти углубления встроены контейнеры с озеленением, где растут ниспадающие ампельные растения, кустарники и злаки, создавая контраст между рукотворной архитектурой и природой [4].

Зарубежный опыт наглядно показывает, что здания, увитые зеленью, перестают быть просто утилитарными сооружениями и становятся частью комфортной городской среды. Инновационные конструктивные подходы обеспечивают благоприятные условия для развития растений непосредственно на фасадах.

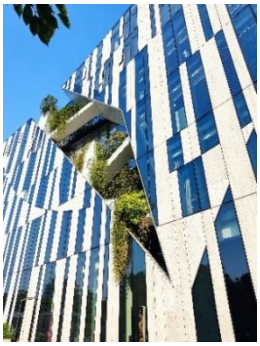


Рисунок 4 – Ампельные растения на фасаде торгово-развлекательного центра Kö-Bogen I (фото Киреева Т.В. 2024 г.)

Принятый ГОСТ Р 71332-2024 стал важным шагом в развитии зелёного строительства в России, задав единые технические и экологические критерии для вертикального озеленения фасадов [5].

При реализации вертикального озеленения фасадов с использованием контейнеров в отечественных условиях требуется тщательный подбор ассортимента растений. Важно, чтобы сорта были адаптированы к природно-климатическим условиям региона. В России широкое применение получил девичий виноград – устойчивый и неприхотливый вид лиан с высокими темпами роста и способностью формировать значительную зелёную массу [6]. В Нижнем Новгороде на улице Нестерова при строительстве паркинга у Больницы № 5 были установлены контейнеры линейной формы с посадкой девичьего винограда (рис. 5). Длина контейнера 4,8 м. Архитекторы –проектировщики тем самым возместили потерю нескольких деревьев – лип, растущих ранее здесь, на месте строительства паркинга. Металлические решётки служат опорой для лианы. Высота конструкции – 4.2 м была увита лианой за 2 сезона,

распространилась на весь фасад и сейчас представляет плотную, зеленую стену, украшая фасад и улицу. Общая площадь озеленения 288 м^2. За лианой нет никакого ухода, это естественный рост, что подтверждает устойчивость работы системы и ее ценность для городского озеленения.

Рисунок 5 – Пример установки контейнера линейной формы около фасада паркинга на ул. Нестерова, Нижний Новгород (фото Киреева Т.В.)

Выводы

Анализ европейского и отечественного опыта контейнерного озеленения фасадов свидетельствует о его высокой эффективности как инструмента урбанистической реновации. Европа демонстрирует путь от хаотичного декорирования к строгому инженерному расчету, где каждый контейнер выполняет функцию сохранения биоразнообразия и оптимизации микроклимата. Для России этот путь сопряжен с необходимостью преодоления климатических вызовов и технологического разрыва. Применение данного метода в отечественной практике уже сегодня дает первые плоды в виде появления по-настоящему зеленых фасадов.

Вертикальное озеленение фасадов зданий – не просто декоративный приём, а значимый элемент гуманизации городской среды. Анализ европейского опыта контейнерного озеленения фасадов подтверждает: этот метод способен решить целый комплекс проблем современных мегаполисов, сочетая эстетику, экологию и инженерные инновации.

Список использованных источников

1. Хуснутдинова А.И., Александрова О.П., Новик А.Н. Технология вертикального озеленения// Строительство уникальных зданий и сооружений – 2016 – С. 20-32. URL: *https://sciup.org/tehnologija-vertikalnogo-ozelenenija-14322301* (дата обращения 10.03.2025). – Текст: электронный.

2. Колесников, А. Г. Анализ конструктивных и экономических особенностей систем вертикального озеленения / А. Г. Колесников // Урбанистика. – 2021. – № 1. – С. 88-98. – DOI 10.7256/2310-8673.2021.1.32365. – URL: *https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=32365*

3. JAJA Architects – Parking House + Konditaget Lüders. – URL: *https://jaja.archi/project/konditaget-luders/* (дата обращения 10.03.2025). – Текст : электронный.

4. Architecture – IN LOVE with KÖ-BOGEN. – URL: *https://www.koebogen.info/en/architecture-at-koe-bogen-duesseldorf-daniel-libeskind/* (дата обращения 10.03.2025). – Текст : электронный.

5. ГОСТ Р 71332-2024 «Зеленые» стандарты. Вертикальное озеленение фасадов зданий и сооружений. Технические и экологические требования. – URL: *https://files.stroyinf.ru/Data/826/82619.pdf* (дата обращения 04.03.2025). – Текст: электронный.

6. Девичий виноград пятилисточковый. – URL: *https://www.ruspitomniki.ru/catalog/liany/devichii-vinograd-ili-partenotsissus/devichii-vinograd-pyatilistochkovyi/* (дата обращения 04.03.2025). – Текст: электронный.

УДК 727.7

Промышленный музей: периоды возникновения и современная типология

*Грибанова А.А. *, студент*

* Ответственный за переписку: gribanova.0101@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается эволюция промышленных музеев от первых корпоративных экспозиционных помещений XVIII–XIX веков до современных индустриальных культурных центров XXI века. Автор анализирует основные этапы развития индустриальных музеев: доиндустриальный, индустриальный, постиндустриальный и современный периоды. Особое внимание уделяется характеристикам промышленного музея: расположение на территории завода, демонстрация производственных процессов, многофункциональность и финансовая поддержка как со стороны государства, так и компаний. В статье приводятся отечественные и зарубежные примеры индустриальных музеев, подчеркивается их роль в формировании уникальной архитектурной среды и сохранении исторической памяти. Также предложена типология музеев индустриальной культуры по отрасли промышленности, расположению, способу модернизации и функциональному назначению. Автор делает вывод о трансформации промышленных музеев в общественные пространства, сочетающие историю, современность и просветительскую деятельность.

Ключевые слова: промышленный музей, эволюция, история возникновения, отечественный и зарубежный опыт, типология.

Научный руководитель – профессор кафедры архитектурного проектирования ННГАСУ, доктор архитектуры, доцент Дуцев Михаил Викторович.

Введение

Промышленные музеи – группа музеев, собрания которых документируют историю развития и современный уровень промышленности в целом или её отдельных отраслей. Группа индустриальных музеев включает собственно промышленные и художественно-промышленные музеи, музеи истории предприятий и производств определённого вида продукции, музеефицированные промышленные объекты [1, с. 210-215]. Исследователь отмечает следующие необходимые качества индустриального музея:

−расположен на территории завода или фабрики, расположение на контрольно-пропускном пункте;

−демонстрация истории создания и текущие производственные процессы конкретного промышленного предприятия;

−финансируется как государством, так и компанией, к которой относится;

−является многопрофильным культурным пространством, которое также проводит мероприятия и выставки, не обязательно связанные с заводом.

В настоящее время индустриальный музей является все более популярным общественным пространством. Его цель – создание уникальной архитектурной среды, в которой объединяться история промышленности и современность. На частично заброшенной, нефункционирующей промышленной территории удобно и важно материализовать память

места. Современный индустриальный музей – это нечто большее, чем экспонирование и хранение истории предприятия, это создание новой уникальной среды для всех.

Периодизация промышленных музеев

Первым в мире музеем принято считать Мусейон в Александрии, 290 г. до н. э. В средние века произведения искусств хранились и экспонировались в храмах и монастырях. Наконец в XV веке стало активно развиваться строительство зданий с длинными коридорами, в которых размещали скульптуры и картины [2, с. 10]. Формирование музея индустриальной истории на частично функционирующем промышленном предприятии является сравнительно поздним этапом в развитии музейного дела. Данный тип музея возник на пересечении производственной необходимости и исторического самосознания, отражая изменение отношения общества к промышленности – от утилитарного к культурному.

Стоит выделить основные периоды развития индустриальных музеев:

1. доиндустриальный период – XVIII – начало XIX века;
2. индустриальный период – XX век;
3. постиндустриальный период – конец XX – начало XXI века;
4. настоящее время – XXI век.

В доиндустриальное время создают первый музей в истории России – «Модель камора» в 1709 году – это помещение с моделями, образцами, чертежами и инструментами. Например, «камора» для нужд Адмиралтейства хранила и предоставляла доступ к изучению корабельные модели, планы и пособия для судостроения. В 1714 году основали Кунтскамеру в Санкт-Петербурге, которую официально принято считать первым русским музеем [3, с. 12-13]. Одним из старейших индустриальных музеев принято считать музей оружия при Тульском оружейном заводе. С 1724 года собирались образцы оружия для демонстрации. Палата редкого и образцового оружия 1775 г. [1, с. 210-215].

В XIX веке происходит промышленная революция, развивается большое количество крупных заводов и предприятий, которые хотят продемонстрировать свои достижения и свою продукцию. Способом демонстрации начали служить первые экспозиционные помещения, выделенные непосредственно в производственном предприятии. Первые промышленные музеи в XIX веке – демонстрационные залы [4, с. 95-96]. Примером музея девятнадцатого столетия послужит помещение экспозиции компании «Krupp». Концерн занимался добычей угля, производством стали, артиллерии и сельскохозяйственной техники, текстильного оборудования, различных станков автомобилей, судов и локомотивов. В России в это время также формируется немалое количество индустриальных музеев. В 1840 году – Нижнетагильский музей при заводе. В 1844 году – музей фарфорового завода в Санкт-Петербурге. В 1872 году – телеграфный музей, в настоящее время, являющийся Центральным музеем связи имени Попова в городе Санкт-Петербург [1 с. 210-215].

В начале XX века компании и промышленные предприятия осознали важность музеев индустриальной истории как инструмента маркетинга. Для честной конкуренции и поддержания статуса на рынке производства помогает демонстрация не только истории предприятия, но и его достижений в настоящее время. Начинают создаваться не демонстративные помещения, а отдельные сооружения [4, с. 96-97]. Например, музей Генри Форда в США впервые открыл двери для демонстрации экспонатов в 1929 году в городе Детройт. Сейчас это целый комплекс построек выставочного назначения, который экспонирует не только машины разных эпох, но и всю историю транспорта США (американские самолеты, паровозы, трейлеры и т.д.). Отечественным примером служит музейно-исторический комплекс винного дома «Абрау Дюрсо», основанный в 1920-х гг. в Краснодарском крае. В настоящее время музей принимает более 200 тыс. посетителей в год и является объектом регионального значения.

В середине XX века промышленные музеи начали расширяться. Возрастает роль образовательно-культурной функции, предприятия демонстрируют и теперь рассказывают о своих истории, достижениях и культурном вкладе. В это время индустриальный музей привлекает общественность новыми способами, рассказывая о философии своей компании и его историческом наследии [5]. В зарубежной практике стоит отметить музей BMW в городе Мюнхен (Германия), построенный в 1973 году архитектором Карлом Шванцером. В отечественной практике – музей завода ГАЗ в Нижнем Новгороде, построенный в 1965 году; музей Уралмашзавода в Екатеринбурге, построенный в 1967 году, архитектор – А.П. Банников; а также музей судостроительного завода «Красное Сормово» в Нижнем Новгороде, открытый в 1967 году. Важно, что в данный период преимущественно развиваются музеи машиностроительной и судостроительной отраслей промышленности.

Конец XX века привнес первые мультимедийные технологии – компьютер, интернет и т.п. Компьютерный бум помог создать новые концепции для привлечения внимания посетителей. Появляются интерактивные экспонаты и мультимедийные инсталляции [2, с. 50]. Примеры создания индустриальных музеев в России с 1990 – 2000-х гг.: музей истории ООО «Газпром трансгаз Сургут» в городе Сургут; музей Обуховского завода в городе Санкт-Петербург, построенный в 1987 году [4, с. 97].

Эволюция промышленных музеев показывает их разнообразие. Все начиналось с одного помещения, выделенного для демонстрации экспонатов и истории предприятия, в современности же развиваются целые музейные пространства, посвященные производству, которые активно ведут социальные сети и сайты для привлечения внимания посетителей разных возрастов.

Классификация музеев индустриальной истории

В настоящее время возникновение индустриальных музеев, прежде всего, связано с реконструкцией одного или нескольких зданий на промышленной территории или рядом с ней под культурно-просветительскую функцию. В отечественной практике отсутствуют новые постройки в виде музея индустриальной истории, что связано с сохранением исторического наследия. Промышленный музей перестал хранить только историю завода или фабрики, теперь это многофункциональная среда с закрытыми и открытыми общественными пространствами. Главную культурную функцию дополняют вспомогательные и обеспечивают интерес не только у узкого круга лиц, кому интересно промышленное производство, но и у всех людей, которые смогут найти свое вовлечение в промышленную среду. История индустриальных музеев отражает эволюцию промышленности и ее влияние на общество. От узкопрофильных технических собраний до современных культурных центров – эти музеи продолжают развиваться, сохраняя память о производственном процессе и вдохновляя новые поколения.

Предлагается классифицировать индустриальные музеи по отрасли промышленного производства, относительно расположения в городе, по способу модернизации промышленной территории и по функциональному назначению.

В зависимости от отрасли производства предприятия можно выделить музеи добывающей промышленности, машиностроительной промышленности, судостроительной промышленности, металлургической промышленности, нефтеперерабатывающей промышленности, химической промышленности, легкой промышленности и т.д.

От отрасли производства также зависит положение в городе промышленной территории и в соответствии индустриального музея:

– в структуре города – рядом с центром или немного дальше от него;

– рядом с границей города – на периферии;

– около водного каркаса – река, канал и т.д.

Далее следует выделить три способа модернизации среды промышленного музея при функционирующем производстве.

1. Ревитализация (реконструкция / реставрация) заброшенного объекта (цеха или склада) на территории предприятия под музейную функцию.

2. Строительство нового объекта с учетом существующей застройки промышленного предприятия.

3. Создание новой роли внутри функционирующего объекта (экспозиция в одном из помещений).

В зависимости от функционального назначения необходимо выделить следующие типы музеев:

– историко-культурные музеи, которые рассказывают об истории предприятия, его развитии и его основателях;

– технические музеи, демонстрирующие эволюцию процессов производства;

– бренд-музеи, которые рассказывают философию компании;

– интерактивные музеи, использующие современные технологии в образовательно-просветительской деятельности;

– многопрофильный или многофункциональный музей, объединяющий в себе несколько функций вышеперечисленных и(или) вспомогательных, которые не были упомянуты.

Заключение

Индустриальные музеи при заводе или фабрике продолжают развиваться, адаптируясь к новым технологиям и требованиям общества. Они становятся не только местом сохранения истории, но и важными элементами компании, взаимодействия с аудиторией и популяризации промышленных предприятий. Таким образом, музеи индустриальной истории эволюционировали от архивных собраний в одном выделенном помещении до современных мультимедийных пространств, отражающих ценности и инновации компаний. В будущем их роль в формировании архитектурной среды и привлечении общественного внимания будет только расти.

Список использованных источников

1. Третьякова Т.Н. Музееведение // учебное пособие. часть 2. – Челябинск: УралГУФК, 2011. – С. 210-215. – Текст : непосредственный.

2. Дуцев М.В. Концепция архитектуры современного центра искусств : специальность 18.00.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Дуцев Михаил Викторович ; научный руководитель С.В. Норенков ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2005. – 183 с. Текст : непосредственный

3. Поляков Т.П. Как делать музей? (О методах проектирования музейной экспозиции) / Т.П. Поляков // www.museum.ru: сайт. Опубликовано 1997 г. – URL: *http://www.museum.ru/future/lmp/books/archive/polyakov.pdf* (дата обращения: 13.03.2025).

4. Шпильман И.А. Корпоративные музеи на музейной карте России // Труды молодых ученых Алтайского государственного университета. – Барнаул: Алтайский государственный университет, 2018. – С. 95-98. – Текст : непосредственный.

5. Пуликова, И. В. Отраслевые корпоративные музеи России / И. В. Пуликова // Россия и современный мир. – 2010. – № 3(68). – С. 217-221.

УДК 721.012.8

Анализ экологического состояния дворов жилых комплексов категории Двор без машин на эксплуатируемых кровлях

*Морева Т.В., магистрант; Киреева Т.В. *, канд.филос. н., доцент профессор кафедры ЛА*

* Ответственный за переписку: tkireeva2005@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье анализируется влияние планировочных решений на экологическое качество дворовых территорий в условиях плотной городской застройки. На примере жилых комплексов Нижнего Новгорода проводится сравнение традиционной модели с наземной парковкой и концепции «двор без машин» на эксплуатируемой кровле. Показано, что создание подземной парковки позволяет увеличить площадь озеленения, создавая более безопасную и комфортную среду. В статье обосновывается необходимость закрепления в градостроительных нормах не только количественных, но и качественных требований к озеленению, приемов подбора растений и использование крупномерных посадок. Такой подход позволяет улучшить микроклимат, снизить уровень шума и загрязнения воздуха, что способствует достижению стратегических целей по повышению качества жизни горожан и формированию комфортной городской среды.

Ключевые слова: двор без машин, эксплуатируемая кровля, шумовое загрязнение, тихий двор, устойчивое развитие, озеленение двора, парковки, зеленая кровля, благоустройство, современное жилье.

Научный руководитель – доцент профессор кафедры ландшафтной архитектуры ННГАСУ, канд. филос. н. Киреева Татьяна Валентиновна.

Введение

Качество жизни в условиях современной урбанизированной среды напрямую зависит от состояния дворовых территорий. Проектом стратегии социально-экономического развития Нижнего Новгорода на период до 2030 года предусмотрено улучшение экологии города, увеличение длительности жизни населения, повышение безопасности и качества жилья, а также развитие общественных пространств и дворовых территорий [1]. В этом же документе одной из проблем в сфере жилищно-коммунального фонда называется низкий уровень комфорта дворовых территорий. Актуальность исследования обусловлена увеличивающимся запросом населения на безопасные и тихие придомовые территории, обеспечивающих комфортный отдых, эстетичность, спокойствие и улучшение экологических параметров среды. Этот запрос нашел отражение в современных градостроительных практиках: застройщики всё чаще возводят жилые комплексы с учетом концепции «двор без машин», акцентируя внимание на безопасности, снижении уровня шума и увеличении площади озеленённых пространств.

На 44-й конференции «Многоквартирное строительство: новые вызовы и перспективы», проведенной в Нижнем Новгороде в рамках Всероссийского форума «О недвижимости 2023», «двор без машин» был определен как основной тренд девелоперского продукта. Двор без машин, организованный на эксплуатируемой кровле подземного паркинга к тому же экономит

дефицитные, в условиях плотной городской застройки, площади, освобождая место для организации благоустройства и озеленения [2]. Однако, анализ литературы по организации подобных пространств, а также действующей градостроительной документации Нижнего Новгорода показывает, что она не содержит чётко сформулированных принципов проектирования, рекомендуя лишь использование подземных пространств для организации парковочных мест для жителей комплекса и указывая минимальный уровень озеленения участков жилой застройки в 25%. При этом научно обоснованная организация озеленения на придомовой территории является необходимым инструментом для создания комфортной городской среды, с оптимальными микроклиматическими параметрами (температурный режим, влажность, скорость движения воздуха), снижению уровня шума и загрязнения атмосферного воздуха. Улучшение этих показателей будет способствовать улучшению физического и психоэмоционального здоровья и увеличивать продолжительность жизни горожан [3]. Цель исследования – определяется необходимостью выявления влияния современных тенденций на экологическую составляющую при организации придомовой территории новых жилых комплексов и обоснования необходимости грамотной организации озеленения «дворов без машин».

Методы и обсуждение

Для анализа планировочной организации дворовых пространств было проведено сравнение двух моделей: двора с традиционной наземной парковкой и двора, организованного на эксплуатируемой кровле подземного паркинга. В качестве примеров были выбраны ЖК «Дом на Маковского» (Рис. 1 а) и ЖК «Дельвиг» (Рис. 1 б).

Рисунок 1 – а) организация двора дома 25 на ул. Маковского; б) организация двора ЖК Дельвиг

Проведенный анализ показал, что при обеспечении нормативного количества парковочных мест, наземная стоянка занимает более 20% территории двора. Данное соотношение продемонстрировано на примере дома 25 на улице Маковского (Рис. 2), расположенного в Автозаводском районе Нижнего Новгорода 2021-2022 гг постройки. Площадь озеленения составляет лишь 16% против 73% твердых покрытий. Полученные показатели приведены в Таблице 1. Объем озеленения ЖК Дельвиг с подземной парковкой составляет 31% и 59% занимают твердые покрытия. Данные указаны в Таблице 2.

Таблица 1 – Результаты расчетов соотношения функциональных зон для участка застройки дома 25 на ул. Маковского

№ п/п	Тип площади	Площадь, кв м	Соотношение площадей, %
1	Участок застройки	11 225	100
2	Детские и спортивные площадки, площадки для отдыха взрослых	1 189	11
3	Парковочные места	2 535	23
4	Твердые покрытия, включая парковочные места	8 217	73
5	Озеленение	1 819	16

Находящийся на территории двора автотранспорт оказывает непосредственное влияние на безопасность [4], количество загрязняющих веществ воздуха и увеличивает шумовую нагрузку. Проведенные замеры показали, что уровень звука от сработавшей под окнами автомобильной сигнализации составляет 80 Дб. Вместе с тем, шум во дворе может создавать не только находящийся на территории автомобильный транспорт, но и сами отдыхающие, так активно играющие дети могут создавать шум в диапазоне приблизительно 60 – 80 Дб [5]. Что значительно превышает допустимые показатели по шуму как в дневное, так и в ночное время.

Реализация концепции «двор без машин» для ЖК Дом на Маковского с размещением на эксплуатируемой кровле подземного паркинга могла бы высвободить не менее 23% площади. Организация грамотно спланированного озеленения на придомовой территории может существенно улучшить качественные показатели воздуха, уменьшить шумовую нагрузку и создать комфортные условия влажности и температуры в жилой застройке [3], что, к сожалению, не является приоритетом при жилищном строительстве. Однако современные нормативы градостроительного проектирования начинают устанавливать обязательные требования к его объёму. Важным нововведением 2023 года стало закрепление понятия «двор без машин» и рекомендация по использованию подземного пространства для организации придомовых парковок.

В рамках комплексного анализа было произведено натурное обследование и выполнена фотофиксация жилых комплексов с дворами на эксплуатируемой кровле подземных паркингов. В исследовании участвовали дворы:

– ЖК «Прайм» на ул. Малая Ямская, 18 (2014 год постройки) (Рис. 2 а);

– ЖК на ул. Генкиной дома № 38, 40 и 42/15 (2005-2007 годов постройки) (Рис. 2 б);

– ЖК «Этажи» на ул. Невзоровых, 64 корпус 1 и 2 (2012-2013 годов постройки) (Рис. 3 а);

– ЖК «№1 Первый дом в Нижнем» на улице Октябрьской Революции (строительство начато в 2023 году) (Рис. 3 б);

– ЖК «Дельвиг» на улице Большая Печерская, д. 1 (2022 – 2024 годов постройки).

а

Рисунок 2 – Организация двора а) ЖК Прайм; б) ЖК на ул. Генкиной

Рисунок 3 – Организация двора а) ЖК Этажи; б) ЖК «№1 Первый в Нижнем»

Используя эмпирический метод, были произведены расчеты процента озеленения указанных дворов. В расчете за 100% принята площадь эксплуатируемой кровли (двора) над подземным паркингом без учета площади застройки.

Таблица 2 – Результаты сравнения структуры дворов жилых застроек

№ п/п	Объект	Единицы измерения	Площадь территории кровли	Озеленение	Площадки отдыха для взрослых и детей	Твердые покрытия
1	ЖК Дельвиг	Кв м	4077	1268	387	2422
		%	100	31	9	59
2	№1 Первый в Нижнем	Кв м	2328	626	177	1526
		%	100	27	8	66
3	ЖК Этажи	Кв м	2475	309	256	1910
		%	100	12	10	77
4	ЖК на ул. Генкиной	Кв м	3509	384	65	3060
		%	100	11	2	87
5	ЖК Прайм	Кв м	4507	412	282	3813
		%	100	9	6	85

В комплексах до 2023 года постройки наблюдается скудное озеленение, объемом 9-12%, представленное преимущественно травянистым покрытием и небольшим количеством кустарниковой растительности, преобладают твердые покрытия (до 87%), с высокой степенью отражения звуковых волн. Озеленение не формирует шумозащитные посадки.

С появлением в 2023 году новых требований к стандартам жилья объем озеленения во дворах жилых комплексов вырос до 27-31%, превышающих рекомендованные показатели 25%. Развитие технологий и материалов для создания эксплуатируемых кровель позволяет расширять ассортимент используемых растений вплоть до крупной кустарниковой растительности и деревьев. Кроме того, стимулирование развития концепции «двор без машин» на эксплуатируемых кровлях подземных паркингов обеспечивает создание дворовых пространств, способствующих улучшению экологии города.

Вместе с тем для достижения максимального экологического эффекта необходимо учитывать, что разные породы древесно-кустарниковой растительности обладают различной шумо-, пыле– и газопоглотительной способностью и стойкостью к антропогенному воздействию [6], целесообразно разработать и утвердить рекомендуемый ассортимент растений, для создания пространства, сочетающего функцию экологического улучшения среды и сохранения эстетически привлекательного пространства. Использование крупномерных посадок обеспечивает двор необходимыми экологическими свойствами, не дожидаясь десятилетий, пока вырастут молодые саженцы.

Проектирование озеленения в дворовых пространствах должно учитывать функциональное зонирование территории, формировать шумозащитные экраны с помощью зеленых насаждений и живые изгороди для детских площадок и зон отдыха, а также включать обустройство прогулочных зон в аллейных посадках.

Выводы

Повышение стандартов жилья должно предусматривать решение обозначенных проблем за счет снижения уровня антропогенной нагрузки, путем реализации современных подходов в строительстве жилых комплексов, способствующих минимизации числа автомобилей в зоне непосредственного соседства с жилыми домами. Организация парковок в подземном пространстве расширяет возможности создания комфортной городской среды, удовлетворяя таким образом потребность общества в тихих и безопасных дворах.

В период с 2005 по 2023 год в новых жилых комплексах с подземными парковками наблюдается увеличение объема озеленения с 9–12% до 27–31% и улучшение экологических показателей дворовых территорий. Этот рост достигается именно за счёт организации подземного паркинга, что позволяет высвободить дополнительные площади и увеличить объём зелёных насаждений в среднем на 20%.

В нормах градостроительства необходимо закрепить, отсутствующие требования к качеству озеленения дворовых пространств, ориентированные на получение наибольшего экологического эффекта.

Намеченные направления развития способствуют достижению глобальной цели проекта Стратегии развития Нижнего Новгорода – «созданию города со статусом зоны комфорта и высокого качества жизни» [1].

Список использованных источников

1. Официальный сайт Администрации города Нижний Новгород // Проект Стратегии социально-экономического развития города Нижнего Новгорода на период до 2030 года – URL: *https://нижнийновгород.рф/Gorod/Napravleniya-raboty/Ekonomika-i-finansy/trategicheskoe-planirovanie?ysclid=mmv92tfphp344479048* (дата обращения: 20.03.2026).

2. Морева, Т. В. «Тихий двор» – двор без машин с эксплуатируемой зеленой кровлей – новое направление в отечественном жилищном строительстве / Т. В. Морева, Т. В. Киреева // Ландшафтная архитектура. Актуальные вопросы науки и практики : Материалы XXI Всероссийской научно-практической конференции, Нижний Новгород, 19 марта 2025 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 233-239. – EDN HZMYDF.

3. Киреева Т. В. Комфортная городская среда – критерии оценки // Ландшафтная архитектура и формирование комфортной городской среды. Материалы XIV региональной научно-практической конференции [Текст]: сборник трудов / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т; редкол.: О.П. Лаврова (отв. ред.) – Н. Новгород : ННГАСУ, 2018 – С. 3 – 7.

4. Белкина, А. А. Идея реализации дворов без машин / А. А. Белкина, Д. А. Файзуллин // Теория и практика современной науки. – 2018. – № 10(40). – С. 38-40.. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/ideya-realizatsii-dvorov-bez-mashin* (дата обращения: 15.03.2026).

5. Кадралиев, Ж. Шумозащитные меры в дворовых пространствах / Ж. Кадралиев, К. И. Самойлов // Наука и образование сегодня. – 2023. – № 3(77). – С. 54-57. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/shumozaschitnye-mery-v-dvorovyh-prostranstvah* (дата обращения: 10.03.2026).

6. Фролов А. К., Экологические аспекты жизнедеятельности растений в условиях города // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук – URL: *https://www.dissercat.com/content/ekologicheskie-aspekty-zhiznedeyatelnosti-rastenii-v-usloviyakh-goroda?ysclid=mnbmwm9vlf70013790* (дата обращения: 10.03.2026).

УДК 712.4:692.433:725.381

Конструкции для озеленения эксплуатируемой кровли подземного паркинга жилых комплексов

Мусанова А.А., студент; Киреева Т.В., канд. филос. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: tkireeva2005@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме архитектурно-ландшафтной организации городского пространства – устройству конструкций для озеленения эксплуатируемых кровель подземных паркингов. В условиях уплотнительной застройки и дефицита свободных территорий использование крыш подземных сооружений в качестве рекреационных зон является эффективным градостроительным решением

Ключевые слова: конструкции для озеленения, зелёные кровли, эксплуатируемые кровли, зеленые карты, зеленые пирамиды, контейнеры для озеленения, вазоны, озеленение крыш поземных паркингов.

Научный руководитель – профессор кафедры ландшафтной архитектуры ННГАСУ, канд. филос. наук, доцент Киреева Татьяна Валентиновна.

Введение

Озелененные кровли подземных паркингов жилых комплексов в настоящее время – перспектива развития жилых комплексов (ЖК) в крупных городах. Они решают комплекс проблем с точки зрения экологии, урбанистики, эстетики, экономики и качества жизни [1]. Наземные парковки создают ряд проблем, занимая значительные площади городов, сокращая озеленение, ухудшают экологию. Устройство подземных паркингов с последующим озеленением кровли становится инструментом их комплексного устранения. Внедрение зеленых кровель на крышах паркингов жилых домов способствуют созданию качественного приватного озелененного пространства, «двора без машин» [2], с большим количеством зон тихого отдыха, детских и спортивных площадок. Внедрение зеленых кровель паркингов – это возможность перейти от хаотичной урбанизации к комплексному и жизнеспособному городскому развитию, где технологии служат восстановлению природы в городе, а не ее вытеснению [3].

Материалы исследования

Цель исследования – изучение различных типов конструкций для кровельного озеленения. Для этого необходимо проанализировать озеленение на кровле, понять, как посажены те или иные растения, определить способы их выращивания и ознакомиться с конструкцией кровельного пирога.

Данное исследование актуально в условиях современной урбанизации и дефицита озелененных территорий. Изучив конструкции для озеленения кровли, можно принять грамотное, правильное решение при проектировании зеленых крыш.

Аналитический метод анализа специальной и учебной литературы по данному вопросу показал, что в настоящее время отсутствует систематизация специальных конструкций для кровельного озеленения. Большинство специалистов используют термин «клумба» для любых типов озеленения. Чтобы исправить это, в данной работе подробно описываются различные типы конструкций для посадки растений на кровле подземных паркингов жилых комплексов.

Комплексный метод научного анализа повлиял на отбор и анализ применяемых конструкций, которые доступны у нас в стране с учетом существующих материалов и технологий. Используя графоаналитический метод и метод комплексного анализа результаты исследования оформлены в авторской Таблице 1.

На сегодняшний день выявлены следующие типы конструкций для кровельного озеленения: мобильное озеленение в вазонах и контейнерах, зеленые карты, зеленые пирамиды и посадка растений на геопластические холмы и в насыпной грунт (субстрат) [1]. Для устройства эксплуатируемой кровли подземного паркинга обычно используют первые три типа конструкций, как наиболее экономичные.

Озеленение контейнерного типа – это метод выращивания растений в различных емкостях (контейнерах, вазонах). Это универсальный и мобильный способ создания зеленых уголков там, где традиционный сад невозможен или нежелателен.

Контейнер, в отличие от вазона, имеет большие размеры и жесткую, геометрическую форму. При большой массе такую форму трудно сдвинуть с места. В зависимости от высоты и объема конструкции в него можно посадить группу кустарников или дерево. Конструкции модульного (контейнерного) озеленения выполняются из бетона, металла, дерева, пластика с теплоизоляционными материалами толщиной в 30-40 мм.

Вазон предполагает посадку одного кустарника или цветочной композиции. Он обладает мобильностью, поэтому при желании его можно передвинуть. В зависимости от идеи важно грамотно подобрать форму и цвет вазона. Если хочется показать красоту растения, вазон должен быть простой формы и нейтрального цвета. Если растение выполняет роль фона, предпочтение отдается красивым, дизайнерским вазонам различной формы, в том числе, с фактурной, или криволинейной, декоративной поверхностью.

Контейнерное озеленение дает возможность озеленить небольшую территорию, создать различные композиции и не требует больших затрат времени на монтаж, но такой способ требует тщательного регулярного ухода и полива, что во дворе ЖК трудно обеспечить.

Следующий тип конструкций – зеленые карты, в отличие от контейнерного озеленения, позволяют организовать большие площади озеленения. Конструкция зеленой карты состоит из приподнятых бортов, устраиваемых по периметру площадки, отведенной под озеленение. Зеленые карты не крепят к слоям кровли, так как конструкция зеленой карты объемная, тяжелая и поддерживается за счет собственного веса [1]. Основным элементом зеленых карт, помимо каркаса, являются стандартные слои наполнения для кровельного озеленения согласно ГОСТ Р58875-2020 «Зеленые стандарты»: гидроизоляционный, защитный, корнезащитный, влагонакопительный, дренажный, фильтрующий слой, субстрат, растительность.

Существует два типа зеленых карт: стационарные и разборные (мобильные). Стационарные зеленые карты покрывают большие площади и позволяют выращивать растения при малых затратах. Они могут быть жесткой (прямоугольник, квадрат и т.д.), и любой криволинейной формы (рисунок 1), что зависит от характеристик выбранного материала изготовления. Зеленые карты выполняют из различных материалов: кирпича, бетона, кортена, дерева, ДПК (древесно-полимерный композит) по каркасу в период основного строительства кровли. В последнее время для зеленых карт криволинейной формы часто используют кортен [1]. Ассортимент растений определяется типом кровельного озеленения.

Проведенный анализ конструкций для озеленения эксплуатируемых крыш подземных паркингов и стилобатов в Нижнем Новгороде выявил преимущественное использование зеленых карт линейного типа – узкие полосы вдоль фасадов зданий или ограждения. При

высоте от 400-600 мм в них высаживают цветы, злаки или кустарники. Примером реализации стационарной зеленой карты линейного типа является озеленение жилого комплекса на искусственном основании подземного паркинга ЖК «Панин» в Нижнем Новгороде (рисунок 2); крыши стилобатов паркингов ЖК по ул. Генкиной д.38; ЖК с стилобатом встроенной парковки по ул. Невзоровых д.64 корпус 1 [2]; эксплуатируемой кровли встроенного в стилобат паркинга ЖК «Нагорный» и т.д.

Рисунок 1 – Зеленая карта криволинейной формы в ЖК «Александровский сад», г. Екатеринбург (Источник: [4])

Рисунок 2 – Стационарная зеленая карта линейного типа на кровле подземного паркинга в ЖК «Панин», г. Нижний Новгород (Источник: Составлено автором)

Разборные стационарные карты – облегченные конструкции меньшего размера, которые зачастую могут носить временный характер (например, для проведения выставки). Их выполняют из готовых конструкций – краевых элементов, имеющих «L»-образную форму из алюминия, каменного волокна небольшой высоты (40-60 см).

Для посадки кустарников и деревьев третьей величины формируют стационарные зеленые карты из бетонных угловых элементов высотой 75-90 см. На рисунке 3 приводится пример двух бетонных угловых опор: первый используется для зеленых карт высотой до 90 см, второй – для устройства зеленых карт большей высоты и террасирования склонов.

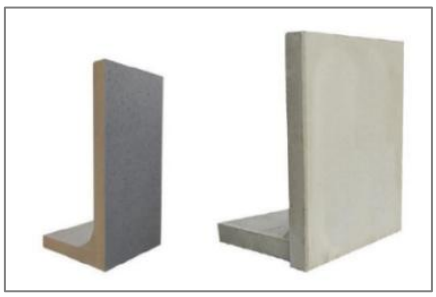


Рисунок 3 – Бетонные угловые опоры для озеленения эксплуатируемой кровли (Источник: [1])

Зеленые карты – самый перспективный прием создания сада на кровле. Они дают возможность выполнить большие площади озеленения, улучшают условия произрастания и снижают эксплуатационные риски.

Зеленые пирамиды – ступенчатые конструкции для посадки растений на эксплуатируемой кровле [1]. Особенность такой конструкции заключается в разной высоте бортов контейнеров. Они могут разделять территорию кровли на функциональные зоны, заполнять пространство вдоль ограждений, выполнять роль миксбордеров, зон тихого отдыха (рисунок 4). Особую роль такая конструкция играет в зоне отрицательного воздействия вентиляционных шахт, в зоне въезда в подземный паркинг, улучшая экологию двора.

Рисунок 4 – Ступенчатая конструкция пирамиды на кровле подземного паркинга Санкт-Петербург, ЖК бизнес-класса «Grand View» (Источник: Составлено автором)

Результаты исследования различных конструкций, их характеристик, ассортимента растений и правила ухода для озеленения кровель подземных паркингов представлены в авторской Таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная оценка типов конструкций кровельного озеленения

Критерий	Контейнерное озеленение	Зеленые карты	Зеленые пирамиды
Конструкция	Растения высажены в отдельные емкости	Приподнятые борта, кровельный пирог	Ступенчатая конструкция
Тип озеленения [5]	Интенсивный	Интенсивный/ экстенсивный	Интенсивный/ полуинтенсивный
Влияние на кровлю	Минимальное	Среднее	Среднее
Водный режим	Капельный или ручной полив каждого контейнера	Единая дренажная система	Общий дренаж или автономный полив
Уход	Сложный (частый полив, подкормка, замена грунта, утепление корней на зиму)	Если экстенсивная – простой, если интенсивная – средний	Средний
Стоимость	Низкая	Средняя/высокая	Высокая
Ассортимент растений	Любые растения (временная посадка кустарников и деревьев)	Зависит от типа озеленения	Ампельные и засухоустойчивые виды
Преимущество	Мобильность	Экологичность, создание единого зеленого покрова	Архитектурная выразительность, объем, доминанта
Недостаток	Риск повреждения и гибели растений в связи с ограниченными условиями	Высокие требования к гидроизоляции и несущей способности здания.	Сложность гидроизоляции в местах стыковки с кровлей

В типологии конструкций для создания озеленения на кровле есть еще варианты создания гипопластических холмов и садов с насыпным грунтом. Но при озеленении кровель подземных паркингов и стилобатов жилых комплексов такие решения встречаются реже. Они занимают значительную площадь эксплуатируемой кровли, что влияет на сокращение функционального зонирования территории двора жилого комплекса; более затратные в процессе строительства и эксплуатации, и не рассматриваются в данном случае.

Заключение

В результате проведенного исследования объектов жилых комплексов массового строительства с подземными и встроенными в стилобат паркингами было выявлено: в настоящее время для озеленения крыш используются преимущественно линейные зелёные карты, мобильные и стационарные контейнеры, вазоны. В жилых комплексах бизнес-класса также используются зеленые пирамиды. Все характеристики различных типов конструкций озеленения представлены в Таблице 1, что позволяет сделать выбор той или иной конструкции при различных исходных данных.

Таким образом, определившись, какая конструкция озеленения эксплуатируемой кровли подходит для проектирования и строительства той или иной территории, можно предложить многофункциональный, интересный и экологичный проект по озеленению подземного паркинга жилых комплексов, не только улучшающий эстетику города, но и его экологию.

Список использованных источников

1. Киреева Т.В. Архитектурно-ландшафтное проектирование зеленой эксплуатируемой кровли: учебное пособие / Т.В. Киреева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Триумф, 2024. – 180 с.цв.ил. – (Высшее образование). – DOI 10.29039/978-5-902633-15-0-180-2024. ISBN 978-5-902633-15-0

2. Морева Т.В., Т.В. Т.В. «Тихий двор» – двор без машин с эксплуатируемой зеленой кровлей – новое направление в отечественном жилищном строительстве // Ландшафтная архитектура. Актуальные вопросы науки и практики. Материалы XXI Всерос. науч.-практ. конф. : сборник трудов под редакцией О.П. Лавровой / – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2025. С. 233-239. – https://bibl.nngasu.ru/electronicresources/uch-metod/landscape_arch/878127.pdf ISBN 978-5-528-00615-4

3. Левшина Г.А. Альтернативное озеленение жилых комплексов путем внедрения элементов природы на крышу здания / Г.А. Левшина. – Текст: электронный // Молодой исследователь Дона / – Ростов на Дону: Донской государственный технический университет, 2017 – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/alternativnoe-ozelenenie-zhilyh-kompleksov-putem-vnedreniya-elementov-prirody-na-kryshu-zdaniya* (Дата обращения: 25.03.2026)

4. Проект Россия – Благоустройство ЖК «Александровский сад» в Екатеринбурге – текст: электронный. – URL: *https://prorus.ru/projects/zhk-aleksandrovskij-sad-v-ekaterinburge-i-ego-blagoustrojstvo/* (Дата обращения: 27.02.2026)

5. Король Е.А. Особенности устройства различных вариантов кровельных покрытий с системами озеленения/ Е.А. Король. – Текст: электронный. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ustroystva-razlichnyh-variantov-krovelnyh-pokrytiy-s-sistemami-ozeleneniya/viewer* (Дата обращения: 25.03.2026) DOI 10.22337/2077-9038-2019-2-124-129.

УДК 74.01/.09

Роль информационных технологий в сфере дизайна

Попов Н.В., студент;*

* Ответственный за переписку: nikitapopov27012003@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация: Целью данного исследования является доказательство важности роли информационных технологий в развитии автомобильного дизайна. Авторы статьи рассматривают положительные и отрицательные качества нейронных сетей как вспомогательных инструментов для современного дизайнера, в особенности – на начальном этапе проектирования. Безусловно, сегодня нейросети используются практически в каждой области деятельности человека, однако, в творческой среде существует опасение, вызванное чрезмерным использованием нейросетей. Способны ли они заменить дизайнера? Насколько эффективно работают с поставленными задачами? Насколько итоговый результат соответствует запросу? Авторы предполагают, в каких случаях применение нейросети оправдано и способствует наилучшему результату (особенно – в условиях нехватки времени и мощного вычислительного оборудования), рассуждают о последовательности ведения работы дизайнера на примере эскизирования автомобиля, анализируют результаты работы с нейросетью VIZCOM.

Ключевые слова: дизайн, нейронные сети, информация, эскизирование

Научный руководитель – доцент Института дизайна и искусств ННГАСУ, канд. техн. наук Тарасова Юлия Сергеевна

Введение

В последние годы ИИ (искусственный интеллект) стремительно развивается и внедряется практически во все сферы деятельности человека, не обходя стороной и творческие, в частности – дизайн. По мнению В.В. Трофимова искусственный интеллект (Artificial Intelligence) можно определить как совокупность теоретических методов и физических вычислительных устройств, задача которых состоит в воссоздании разумных рассуждений и действий, имеющих целью достижение ожидаемого или нового результата [1].

Современный темп жизни и, соответственно, работы обуславливает главную проблему на пути реализации замысла – нехватку времени. Еще острее она ощущается на фоне недостаточных возможностей программного обеспечения, особенно если речь идет о ребенке, подростке или обучающемся ВУЗа младших курсов. По наблюдению авторов исследования, нередка ситуация когда человек способен генерировать разнообразные идеи, но не имеет возможности качественно их визуализировать в силу отсутствия необходимых навыков, опыта работы с программами, дорогостоящей вычислительной техники.

Также важным преимуществом является огромная вариативность. Всего из одного эскиза выполненного вручную, можно сгенерировать бесконечное количество концепций.

Целью данного исследования является доказательство важности роли информационных технологий в развитии автомобильного дизайна.

Задачи исследования:

1) изучить основные принципы работы и классификации нейронных сетей;

2) рассмотреть примеры использования нейронных сетей в дизайне;

3) предложить новое стилистическое решение автомобиля ГАЗ-24 при помощи нейронной сети VIZCOM.

В процессе работы с нейросетью были использованы такие методы исследования как эксперимент, сравнение, тестирование.

Основные понятия

Информация – это обозначение содержания, полученного из внешней среды в процессе приспособления к ней человека.

Технология – совокупность методов обработки и изменения состояния и свойств формы, осуществляемых в процессе производства продукции.

Информационная технология – это совокупность методов, производственных процессов и программно-технических средств, объединенных в техническую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, вывод и распространение информации для снижения трудоемкости процессов использования информационного ресурса, повышения их надежности и оперативности.

Нейрон – это электрически возбудимая клетка, которая предназначена для приёма извне, обработки, хранения, передачи и вывода вовне информации с помощью электрических и химических сигналов.

Нейронная сеть (искусственная нейронная сеть, ИНС, или просто нейросеть) – это математическая модель, построенная по принципу организации нервных сетей живого организма.

Слой – это группа нейронов, выполняющих заданную функцию по обработке данных.

Ассоциативная память – это распределённая память, обучаемая на основе ассоциаций, подобно мозгу живых существ.

ИНС – Искусственная нейронная сеть.

Аппроксимация функций – упрощение сложной функции.

Классификации нейронных сетей

Логика вычислений в нейронных сетях человека была описана в классической работе Мак-Каллока и Питца [2]. Именно ими была формализована модель нейрона и показано, что сеть из большого числа таких вычислителей, работающих синхронно и правильно соединённых, способна выполнять любые вычисления.

Классификации нейронных сетей [2–4]:

1) по количеству слоев;

2) по способу соединения нейронов;

3) по парадигме обучения;

4) по выполняемой задаче.

По количеству слоев. Существует всего три вида слоев: входной, скрытый и выходной. Назначение входного слоя – принятие информации, скрытого – изучение и обработка данных, выходного – генерация новых данных. Внутри однослойной нейронной сети сигнал с входного слоя поступает на вход выходного.

По способу соединения нейронов. В данной классификации сети подразделяются на две группы – сети прямого распространения и рекуррентные. В первом случае каждый нейрон принимает входные данные только с предыдущего слоя, во втором случае происходит циркуляция информации в сети с предоставлением обратной связи.

По парадигме обучения. Обучение нейронной сети может осуществляться с учителем или без учителя. В первом случае сеть обучается посредством вложенной информации (запросы, метки верных ответов). Если речь идет о распознавании изображений, сеть

сравнивает каждый новый полученный рисунок с теми, что она уже видела. Во втором случае, обучаясь без учителя, нейронная сеть работает с данными без метки верного ответа, самостоятельно выявляя закономерности.

По выполняемой задаче. Одним из наиболее важных в практическом плане признаков нейронной сети является решаемая ею задача. Среди них: распознавание образов, фильтрация информации, аппроксимация функций, управление различными процессами [2 –4].

Нейронные сети в автомобильном дизайне

Рассмотрим применение нейросетей в автомобильном дизайне, а именно – сети VIZCOM.

Как и было упомянуто во введении, сегодня нейросети являются важными помощниками дизайнеров, в особенности на этапе создания дизайн-концепции либо визуализации первоначальных вариантов по техническому заданию, когда стилистика формообразования будущего объекта еще не определена. Основная цель при работе с нейронными сетями – перевести зарисовки, выполненные в 2D-графике в объемные 3D-изображения или модели с передачей реального материала и особенностей формообразования.

Ручная проработка каждого эскиза или макетирование из скульптурного пластилина – процессы длительные. Безусловно, именно такой подход позволяет наиболее полно, вдумчиво и осмысленно подходить к работе с формой и выстраиванию трехмерной модели [5], однако, временной ресурс практически всегда резко ограничен. В короткий срок требуется предложить несколько первоначальных вариантов, определиться с направлением и в дальнейшем развивать выбранную идею. И если развитие выбранной идеи следует вести самому дизайнеру с использованием классических техник и специализированного компьютерного обеспечения, то первые наброски может помочь проработать и детализировать именно нейронная сеть.

В рамках данного исследования, с помощью нейросети VIZCOM было принято решение визуализировать автомобиль под брендом «ВОЛГА» ГАЗ-24 по собственным эскизам. Результат представлен на рис. 1–2.

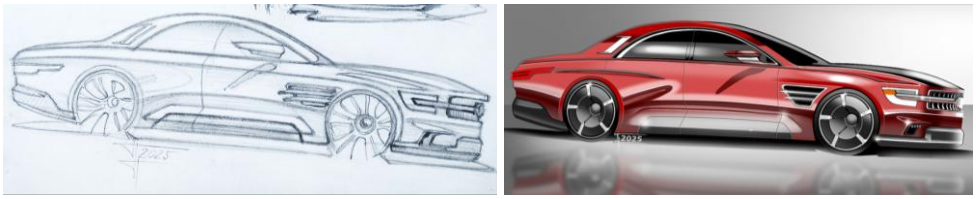


Рисунок 1 – Эскиз и Визуализация автомобиля ГАЗ-24 «Волга» в Photoshop
(Источник: Составлено автором)

Рисунок 2 – Визуализация автомобиля ГАЗ-24 «Волга» в VIZCOM
(Источник: Составлено автором)

При всех озвученных достоинствах, использование нейросетей для перевода 2D-изображений в 3D-изображения и модели имеет и недостатки, такие как:

1) недостоверная интерпретация рисунков;

2) артефакты при визуализации (нечеткие фрагменты, прикселизация, шум);

3) чрезмерное сглаживание;

4) проблема с визуализацией нескольких объектов в кадре.

Практически в каждом случае автор дорабатывал полученные визуализации в графическом редакторе, чтобы соблюсти баланс между нехваткой времени и точностью передачи характера наброска.

Также зачастую начинающие дизайнеры, не овладев базовыми навыками работы с традиционными материалами, много внимания уделяют ИИ, что негативно на их развитии.

Выводы

В процессе данного исследования были достигнуты следующие результаты:

1) изучены основные принципы работы и классификации нейронных сетей;

2) рассмотрены примеры использования нейронных сетей в дизайне;

3) предложено новое стилистическое решение автомобиля ГАЗ-24 при помощи нейронной сети VIZCOM.

Нейронные сети зарекомендовали себя в качестве эффективного инструмента визуализации эскизов и набросков на первом этапе разработки идеи. Их использование позволяет экономить время и программный ресурс, а также предлагать и обрабатывать большее количество набросков. Тем не менее, на этапе разработки выбранной идеи, когда требуется более тонкая и осмысленная работа с цветом, формой, фактурой и цветопередачей, нейросеть не может заменить человека.

Список использованных источников

1. Трофимов В. В. Информационные технологии : учебник / под ред. В. В. Трофимова. – М. : Издательство Юрайт ; ИД Юрайт, 2011. – 624 с. – (Основы наук).

2. Бородин Г.Д. Краткий обзор и классификация искусственных нейронных сетей Известия Тульского государственного университета. Технические науки 2021 г.

3. Селянкин В. В. Компьютерное зрение. Анализ и обработка изображений : учебное пособие для вузов / В. В. Селянкин. –2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 152 с.

4. Хайкин, Саймон. Нейронные сети: полный курс: пер. с англ. М.: Вильямс, 2006. 1104 с.

5. Песков В.И. Основы художественного конструирования автомобиля: автомобильный дизайн : учебное пособие / В.И. Песков. – Москва : ИНФРА-М, 2024. – 322с. – (Высшее образования). – doi 10.12737/1005612.

УДК 74.01/.09

Роль цвета в медицине

*Смирнов И.А. *, магистрант; Тарасова Ю.С., доцент, канд. техн. наук*

* Ответственный за переписку: 12ivan2002@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Данная статья затрагивает ключевые аспекты влияния цвета на медицинскую среду, анализирует особенности применения различных цветовых решений в определенных зонах медицинского учреждения и предлагает практические рекомендации по созданию оптимальной цветовой среды. В первую очередь рассматриваются основные характеристики цвета, далее – субъективные характеристики, особенности цветовосприятия у людей разных возрастов, проблемы восприятия шрифта при оформлении визуальных коммуникаций, подчеркивается важность цветовой индикации для людей с нарушениями зрения, в частности – слабовидящих. Помимо изучения классических цветовых гармоний и сочетаний, автор акцентирует внимание на важности цветового соседства при оформлении пространства, а также роли оттенка для каждого из тонов, так как в зависимости от степени насыщенности, светлоты и теплохолодности цвета меняется и его восприятие, что может оказать как позитивное, так и негативное влияние на состояние пациента.

Ключевые слова: дизайн, дизайн интерьера, визуальные коммуникации, восприятие цвета

Научный руководитель – доцент Института дизайна и искусств ННГАСУ, канд. техн. наук Тарасова Юлия Сергеевна

Введение

В данной статье рассматриваются ключевые аспекты влияния цвета на медицинскую среду, анализируются особенности применения различных цветовых решений в разных зонах медицинского учреждения. Цель – предложить практические рекомендации по созданию оптимальной цветовой среды на основе изученного материала.

Навигация, оформление помещений, многие другие аспекты медицины могут быть улучшены с использованием тех или иных цветов. Современная медицина всё больше внимания уделяет, в том числе, созданию комфортной психологической атмосферы для пациентов и медицинского персонала.

Гармонично подобранные цветовые решения способны:

1) снижать уровень стресса и тревожности;
2) ускорять процесс реабилитации;
3) повышать эффективность работы медицинского персонала;
4) создавать доверительную атмосферу между врачом и пациентом.

На основе изученных материалов мы можем сделать некоторые выводы об особенностях восприятия цвета, и о влиянии цвета на человека. Такие характеристики как цвет, яркость, тон влияют на настроение человека: возможно не только рассмотреть общепринятые ассоциации, но и проследить сочетания цветов, придающих ощущение покоя, дружелюбия, опасности.

Определенные цвета и их сочетания способны придать ритм пространству, подчеркнуть зоны, желательные для посещения, направить человека. Восприятие температуры также может

меняться с помощью цвета. Также существует такое понятие как «предпочитаемые цвета» в зависимости от возраста, окружения.

Все вышеперечисленные аспекты могут быть применены в медицине: оформление помещений в зависимости от различных эмоций, которые необходимо передать с цветом, а также различных предпочтений.

В данной статье не рассматриваются сигнальные цвета по ГОСТ 12.4.026 2015, так как автор статьи исследует влияние цвета с точки зрения цветоведения и колористики, что имеет отношение, в том числе, к особенностям субъективного восприятия цвета.

В процессе исследования были использованы следующие методы: анализ и синтез информации по теме, наблюдение, сравнение, визуализация.

Основные характеристики цвета

Тон – одна из трёх основных характеристик цвета вместе со светлотой и насыщенностью. В строгом колориметрическом смысле тон представляет собой направление вектора цветности (вектора на диаграмме цветности с началом в точке белого и концом в данной цветности). Это направление задается углом, который и определяет конкретный цветовой тон. Так, именно тон задает название цвета (например, «красный», «синий», «зелёный»).

Светлота – количество фотонов, которые испускает источник цвета. Упрощая, можно сказать, что яркость – процент белого [1]. Градации светлоты на примере красного цвета представлены на рис. 1.

Рисунок 1 – Светлота красного (Источник: Составлено автором)

Насыщенность – степень отличия хроматического цвета от серого. Градации степени насыщенности на примере красного цвета представлены на рис. 2.

Рисунок 2 – Насыщенность красного (Источник: Составлено автором)

В определенных странах и районах проживания (работы) люди отдают предпочтение различным цветам. Индивидуально предпочитаемые цвета меняются с течением жизни человека. В среднем, дети дошкольного возраста предпочитают интенсивные цвета; дети дошкольного возраста – красный, взрослые – синий, а затем красный цвет; пожилые – серые и пастельные тона.

Считается, что к красному и синему относятся более благосклонно. Оценки, высказанные про желтый цвет, обычно хуже. Среди мужчин чаще, чем среди женщин, встречается предпочтение к синему цвету [2].

Однако оттенок (по светлоте и насыщенности) может восприниматься по-разному, даже в пределах одного тона. Различия восприятия представлены на рис. 3.

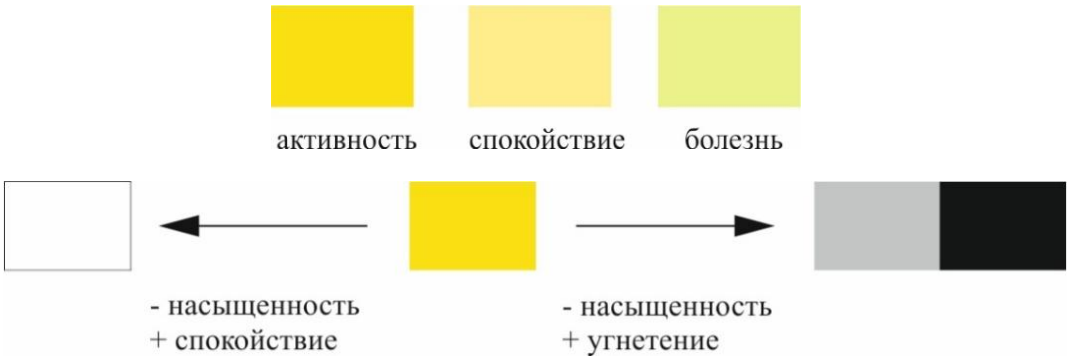


Рисунок 3 – Различия в ассоциативном восприятии цвета в зависимости от оттенка (Источник: Составлено автором)

Цвет в медицине

Важное место в оформлении пространства больницы играет визуальная коммуникация, в частности – оформление табличек и указателей.

Если для большей яркости шрифта попытаться использовать контраст основного и дополнительного к нему цвета, начнется «спор» цветов, что отвлекает от главного – восприятия полезной информации. Так, с целью улучшения читабельности текста и легкости восприятия необходимо откорректировать степень насыщенности одного из тонов, сбалансировать элементы по площади цветового пятна. Пример представлен на рис. 4.

Рисунок 4 – Баланс между заметностью и читабельностью навигационной таблички (Источник: Составлено автором)

Для людей с нарушениями зрения требуются указатели локального желтого цвета, представленные на рис. 5. Желтый цвет стал символом доступной среды, потому что он максимально контрастен и заметен для слабовидящих.

Рисунок 5 – Пример навигации для слабовидящих [3, 4]

Медицинское помещение не должно пугать пациента или вводить его в уныние.

Один из стереотипов об окраске медицинских помещений заключается в том, что белый цвет враждебен бактериям, сам по себе означает чистоту. На практике, сам по себе белый цвет приносит ощущение пустоты. Ощущение чистоты возникает, когда белый используется вместе с зеленым.

Применение цветового оформления, способствующее обеспечению порядка и безопасности в больнице, может иметь широкие возможности. Белый в сочетании с черным может выделить лифт, служить целям навигации.

Палаты для детей должны по окраске отличаться от палат для пожилых людей. Пожилые пациенты легко мерзнут, часто жалуются на холод. С помощью определенной окраски можно придать помещению более «теплое» ощущение. Окраску для стен не следует делать очень яркой, а потолок – белым. Должны преобладать теплые желто-оранжевые тона, и мягкие зелено-желтые тона.

Детям наоборот требуются яркие, может быть даже излишне резкие тона. Совсем маленькие дети воспринимают только два цвета: черный и белый. Лишь с трех лет начинают различать также синий и желтый цвет. Способность различать красный и красный возникает на четвертом году жизни. С трех до семи лет дети начинают различать все цвета. С трех до семи любимым цветом является красный. Склонность к зеленому проявляется между девятью и двенадцатью годами. И все же зеленый цвет благотворно влияет и на младенцах. Хорошо использовать сочетания зеленого и розового. Оконные рамы хорошо покрывать желтым, чтобы подчеркнуть солнечный цвет.

В родильном доме в палате грудных детей рекомендован розовый цвет.

Доказано, что цвет действует на рецепторы. Он является специфическим раздражителем. Голубой цвет успокаивает: он является «активным в своей пассивности», то есть «освобождает от повышенных нот» и «вводит больного в область внутренних представлений». Его стоит применять там, где больному требуется покой [5, 6].

Примеры представлены на рис. 6.

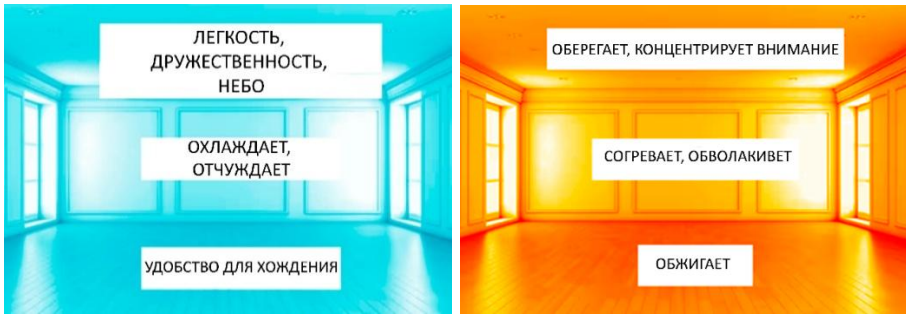


Рисунок 6 – Ассоциативное восприятие цвета в оформлении пространства
(Источник: Составлено автором)

Такое качество цвета как теплохолодность не может в полной мере считаться объективным, так как зависит от множества факторов, таких как насыщенность, оттенок, среда, особенность физиологии и субъективного восприятия зрителя. Тепловые ощущения от конкретного цветового пятна сильно меняются в зависимости от цветовой среды. В комнате, окрашенной в синий или сине-зеленый, воздух ощущается на 3-4 градуса холоднее, чем в той же комнате, окрашенной в оранжевый или охру. Различия визуально воспринимаемой теплохолодности цветов представлены на рис. 7, рис. 6.

Рисунок 7 – Теплохолодность цвета

В контексте восприятия теплохолодности цветов следует помнить о цветовом соседстве. Один и тот же цвет на разном фоне воспринимается по-разному. Различия восприятия температуры цвета представлены на рис. 8.

Рисунок 8 – Восприятие зеленого цветового пятна более «холодным» или «теплым» относительно фона

Выводы

Для оформления пространства и визуальной коммуникации в медицинских учреждениях важны:

1) основные характеристики цвета (тон, светлота, насыщенность);
2) субъективные характеристики цвета (теплохолодность);
3) предпочитаемые цвета в зависимости от возраста пациента;
4) эффекты цветового соседства;
5) сигнальные цвета (доступная среда для слабовидящих пациентов).

Работая с цветом осознанно и учитывая особенности восприятия каждой группы пациентов, можно создать оптимальную и комфортную среду внутри медицинского учреждения.

Список использованных источников

1. Косс Ж.-Г. (дизайнер, писатель) Цвет четвертое измерение / Жан-Габриэль Косс; [перевод с французского Елены Тарусиной]. – Москва : Синдбад, 2018. – 237 с.

2. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие : [перевод с английского] / Рудольф Арнхейм. – Стер. изд. – Москва : Архитектура-С, 2007. – 391 с.

3. Тактильные наземные указатели – Сайт Исследовательского центра «Эксперт» – URL: *https://nko-expert.ru/trained/metodicheskie-rekomendaczii/taktilnyie-nazemnyie-ukazateli.html* (дата обращения 7.04.2026)

4. ГОСТ Р 52875-2018: « Технические требования и стандарты наземных тактильных указателей для инвалидов по зрению» М.: Стандартинформ, 2021. – 28 с.

5. Гиппенрейтер Ю.Б., Любимова В.В., Михалевской М.Б. Психология ощущений и восприятия (хрестоматия) / под редакцией Ю. Б. Гиппенрейтер [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : ЧеРо, 1999. – 628 с.

6. Фрилинг Г., Ксавера А. «Человек – цвет – пространство: Прикладная цветопсихология» – Москва: Стройиздат, 1973 г. – 141 с.

УДК 74.01/.09

Элементы народных росписей в современном дизайне

*Смирнов И.А. *, магистрант; Тарасова Ю.С., доцент, канд. техн. наук*

* Ответственный за переписку: 12ivan2002@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Данная статья затрагивает использование элементов народных росписей. В первую очередь рассматриваются понятие культурного кода, далее – примеры использования элементов народных росписей в графическом, дизайне, дизайне городской среды, дизайне одежды. Рассмотрены проблемы при интеграции элементов традиционных росписей в городскую среду и предметы дизайна. Существуют следующие проблемы: разнообразие носителей для адаптированных росписей: сохранение баланса между функциональностью и эстетикой; сохранение баланса между актуальными маркетинговыми исследованиями относительно восприятия цвета и форм и традиционными мотивами и сочетаниями цветов. При всем многообразии возможностей, как с точки зрения традиционных техник, так и программного обеспечения, современный дизайнер, при адаптации народных росписей, должен брать во внимание такие аспекты как требования к организации городской среды и особенности образа жизни городского жителя.

Ключевые слова: дизайн, дизайн интерьера, визуальные коммуникации, восприятие цвета

Научный руководитель – доцент Института Дизайна и Искусств ННГАСУ, канд. техн. Наук Тарасова Юлия Сергеевна

Введение

Современный город и его жители имеют определенный облик, являющийся отражением нашего времени – динамичного и переменчивого. Формообразование большинства окружающих нас объектов обусловлено функциональностью, человек в городе должен быстро двигаться, легко ориентироваться, для чего требуются комфортная одежда, надежная техника, понятные визуальные коммуникации. Однако сегодня очевидна еще одна тенденция – возрастание интереса к традиционным ценностям, в частности – народным промыслам. Следовательно, требуется их интеграция в современную городскую среду и дизайн.

В данной статье авторы ставят перед собой следующую цель – проанализировать некоторые примеры адаптации традиционных промыслов, выявить проблемы и особенности данного процесса, спрогнозировать возможности дальнейшей интеграции.

Наибольшее внимание авторы уделяют таким понятиям как цвет и форма.

Русский культурный код в современном дизайне

Говоря о культурном коде, мы подразумеваем ряд образов, форм и сочетаний цветов, характерных для той или иной культуры, страны. Культурный код может быть отображен в произведениях искусства, литературы, архитектуры и конечно же – дизайна.

Рассмотрим отображение традиций и сочетаний цветов в современном российском предметном, средовом и графическом дизайне.

К примеру, дизайн-проекты бренда PERRIN. Бренд специализируется на текстиле. Коллекция «Были-Небылицы», коллекция скатертей «Русский Север», матрешки с элементами картин Кандинского.

Коллекция «Были-Небылицы» имеет отсылки к мотивам вышивки, сказок и былин Заонежья, региона Карелии. Основной цвет – белый. Коллекция скатертей «Русский Север» имеет в основе орнаменты пудожской вышивки, которая характеризуется своими узорами причудливых абстрактных форм. Основные цвета: белый, красный.

а) б)

Рисунок 1 – а. – Коллекция «Были-Небылицы»; б. – Коллекция скатертей «Русский Север»[1].

Далее рассмотрим визуальный брендинг Дымковской игрушки. Основные цвета: красный, синий, зелёный, жёлтый, белый. Формы – круги, полосы, клетки, ромбы, зигзаги, волнистые линии, точки. Пример игрушки представлен на рис. 2.

Рисунок 2 – Е. З. Кошкина, Барыня с веером. Танцующие дамы, 1966 [2]

Использование характерных цветов и форм мы можем наблюдать в оформлении городской среды, представленных на рис. 3., логотипа – рис. 4, одежды – рис. 5

Рисунок 3 – Дизайн городской среды [3]

Рисунок 4 – Графический дизайн [4]

Рисунок 5 – Дизайн одежды [5]

Во всех случаях переосмысления, адаптации и использования элементов дымковской (и любой другой) росписи в современном дизайне, мы сталкиваемся с проблемой переноса традиционных форм, цветов и мотивов на современные носители. Это зачастую минималистичные фасады зданий и малые архитектурные формы, выполненные из бетона или стекла; пластиковые панели, предметы гардероба актуального кроя (оверсайз, прямой крой, лаконичный силуэт), предметы быта, техника.

Современный уровень развития технологий и стиль жизни в большом городе задают определенный облик как самому городу, так и его жителям. Формообразование и цветографическое решение предметов обихода, одежды и элементов среды обусловлены функциональностью и удобством. В условиях возросшего интереса к традиционным народным промыслам и активному развитию дискуссии о культурном коде, дизайнер сталкивается с непростым вызовом – интегрировать элементы традиционной культуры в современную среду [6]

Количество потенциальных носителей крайне разнообразно по масштабу, материалам, назначению. Материал носителя крайне важен, так как именно он позволяет или не позволяет влиять на формообразование носителя (представлено на рис. 7).

На примере оформления фасада здания мы видим, что невозможно перестроить архитектурный объект, а значит, в данном случае речь идет об адаптации рисунка под форму носителя.

Разновидности домашнего текстиля (скатерти, салфетки, шторы и пр.) зачастую имеют формы, соответствующие традиционным. Это позволяет как точно воспроизводить традиционные мотивы и техники, так и, с применением современных технологий окрашивания и декорирования, создавать яркие и доступные по цене варианты для широкого круга потребителей.

Что же касается дизайна одежды, то тут дизайнер в силах повлиять на актуальные формы изделий, с целью популяризации народного промысла. Так, в основном на рис. 5 представлены современные универсальные модели платьев, не измененные для характерных элементов росписи, за исключением, на взгляд автора, модели по центру. Дизайн одежды – крайне подвижная среда (представлено на рис. 7), у современного модельера есть уникальная

возможность экспериментировать с формами с целью адаптации традиционных мотивов, что потенциально сможет ввести в обиход несколько позабытые предметы гардероба. К примеру – фартуки.

Рисунок 7 – Возможности адаптации разных носителей (Источник: Составлено автором)

Графическому дизайнеру, при всей его кажущейся свободе действий и разнообразию графических программ, требуется принимать во внимание маркетинговые исследования, к примеру – представленные на рис. 6 [7].

Рисунок 6 – Степень воздействия цвета на покупательское внимание в России (Источник: Составлено автором)

Тем не менее, повышение интереса покупателей к традиционным росписям, цветам и мотивам может привести к появлению уникальных форм для вырубки, методам декорирования полиграфической продукции, способам графического представления информации, в том числе – с использованием современных технологий и светодизайна.

Говоря о цвете, следует подчеркнуть, что современный дизайнер обладает невероятно широким разнообразием инструментов, как традиционных так и цифровых, что позволяет адаптировать традиционные цвета через оттенки, оперируя такими характеристиками цвета как тон, светлота, насыщенность, теплохолодность. Так, в пределах одного тона, характерного для той или иной росписи, цвет может быть адаптирован по оттенку в соответствии с актуальными тенденциями (представлено на рис. 8).

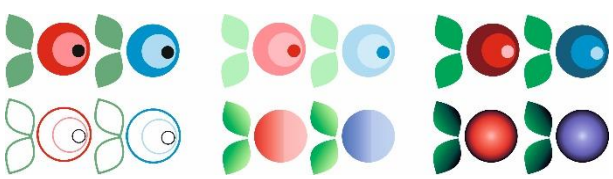


Рисунок 8 – Адаптация традиционной росписи через графический редактор (Источник: Составлено автором)

Выводы

При интеграции элементов традиционных росписей в городскую среду и предметы дизайна, существуют следующие проблемы:

1) разнообразие носителей для адаптированных росписей;

2) сохранение баланса между функциональностью и эстетикой;

3) сохранение баланса между актуальными маркетинговыми исследованиями относительно восприятия цвета и форм и традиционными мотивами и сочетаниями цветов.

Несмотря на ряд проблем и вызовов, изучение культурного кода и обращение к традиционным видам искусства – важная часть работы современного дизайнера. Дизайнер не только отвечает запросу потребителя, но и сам формирует данный запрос через особый визуальный язык, уникальный у каждого специалиста.

Список использованных источников

1. Магазин/store – perinne.com. – URL: https://perinne.com/http/perinnetildaws/http/perinnetildaws/http/perinnecom/page28371962html (дата обращения: 20.03.2026). – Текст : электронный.

2. Богуславская И. Я. Русская глиняная игрушка / И. Я. Богу славская. – Ленинград : Издательство «Искусство», Ленинградское отделение, 1975. – 142 с., ил.

3. Раскрасим город в дымку – клубмаркетологов.рф – URL: *https://xn--80abedj1acfegzbbv6aj.xn--p1ai/raskrasim-gorod-v-dymku* (дата обращения: 20.03.2026). – Текст : электронный.

4. Кузнецова А. В., Тетенькина О. Л. Дымковская игрушка как элемент айдентики (на примере города Кирова) – cyberleninka.ru – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/dymkovskaya-igrushka-kak-element-aydentiki-na-primere-goroda-kirova* (дата обращения: 20.03.2026). – Текст : электронный.

5. HSE UNIVERCITY – hsedesign.ru – URL: *https://hsedesign.ru/project/e0a21a7e70a14f8493b35efe811c1d24* (дата обращения: 20.03.2026). – Текст : электронный.

6. Голубкова Е.Н. Психологическое воздействие света, цвета, формы и корпоративной символики на восприятие рекламируемого продукта / Е. Н. Голубкова // Маркетинг в России и за рубежом / Издательство «Дело и сервис» – Москва, 2005. – № 4 . – С.46-56

7. Пахомова А. В., Брызгов Н. В. Колористика. Цветовая композиция. Практикум. Издательство: В. Шевчук. Год издания: 2011. Объем: 229–232 страницы. ISBN: 978-5-94232-088-1, 5942320888.

Инженерные системы жизнеобеспечения зданий, промышленных предприятий и городов

УДК 697.94

К вопросу о повышении энергоэффективности центров обработки данных

Бешляга А.В., студент; Морозов М.С., старший преподаватель каф. Отопления и вентиляции*

* Ответственный за переписку: beshlyaga5@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена обоснованию размещения центров обработки данных (ЦОД) в Северной части Российской Федерации с целью повышения их энергоэффективности и снижения эксплуатационных затрат. На примере города Иркутска проведён анализ климатических параметров согласно актуальных строительных норм и стандартов, доказывающий, что температура наружного воздуха не превышает +10°С на протяжении 9 месяцев в году, что позволяет использовать режим полного свободного охлаждения (Free Cooling) без включения фреоновой системы кондиционирования воздуха. Выполнен расчет часового использования технологии свободного охлаждения. Установлено, что годовое снижение затрат на электроэнергию оказывает существенный экономический эффект. Также установлено, что применение технологии Free Cooling значительное улучшает показатель PUE. Сделан вывод, что северные регионы Российской Федерации наиболее привлекательны для размещения ЦОД.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, кондиционирование воздуха, холодоснабжение, вентиляция, центр обработки данных, естественный «холод», Free Cooling.

Введение

Мировой объем данных растет ежегодно, вместе с этим растет и энергопотребление центров обработки данных. На территории Российской Федерации основные ЦОД построены в Московской области, где климатические преимущества не могут быть использованы. В регионах с умеренным климатом работа систем кондиционирования постоянна, что ведет к высоким показателям потребления электроэнергии центров обработки данных. В Северной части Российской Федерации большая часть года наружная температура воздуха находится в диапазоне ниже +10 °С, но применения технологии Free Cooling в системах холодоснабжения ЦОД до сих пор недостаточно. В центрах обработки данных системы кондиционирования воздуха достигают 40% всего энергопотребления [1].

Предлагаемое решение

Для повышения энергоэффективности предлагается строительство новых центров обработки данных в северных регионах Российской Федерации. Приоритетнее всего рассмотреть для капитального строительства ЦОД город Иркутск в связи с развитой инфраструктурой, наличием квалицированных специалистов, а также перспективной возможностью использования технологии Free Cooling в течении 8-9 месяцев в году. Также стоит обратить внимание на то, что в городе Иркутск достаточно низкая стоимость электроэнергии 1,38 руб/кВт·ч.

Для более точного анализа и разработки математической модели предлагаемого решения рассмотрим средний ЦОД класса Tier III с тепловыделениями в 1 МВт.

Рассмотрим работу технологии Free Cooling:

Основным отличием систем фрикулинга от привычных систем кондиционирования является отказ от теплообменников, в следствии чего охлаждение оборудования ЦОД происходит за счет притока уличного воздуха, который очищается при помощи тройной системы очистки фильтрами, после чего поступает в машинный зал. В холодный период приточный воздух необходимо смешивать с теплым, чтобы температура воздуха, которым обдувается IT-оборудование, оставалась неизменной. Скачки температур могут оказать негативное воздействие на оборудование ЦОД и привести к быстрому изнашиванию. В теплый период возможно частичное использование технологии фрикулинга, однако основные тепловыделения нужно снимать фреоновой системой кондиционирования воздуха .

Основным показателем энергоэффективности ЦОД принято считать PUE – коэффициент эффективности использования энергии. Определить PUE можно по формуле (1) [2]:

$$\mathrm{PUE} = \frac{E_{electrical}}{E_{IT}}, \quad (1)$$

где PUE – коэффициент использования энергии; $E_{electrical}$ – потребляемая электрическая энергия на здание; E_{IT} – потребляемая электрическая энергия IT-оборудования.

Целевыми показателями PUE являются 1,15-1,2. На данный момент на территории Российской Федерации средний показатель PUE ЦОД примерно равен 1,45.

Результаты исследования

Необходимо определить сколько месяцев в году возможно использование технологии Free Cooling в городе Иркутск. Определим средние температуры каждого месяца согласно [3]:

Таблица 1 – Средняя температура по месяцам в городе Иркутск.

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя температура наружного воздуха, °C	-17,9	-15	-6,3	2,8	9,9	15,9	18,3	15,9	9,3	1,7	-7,7	-15,3

Исходя из данных в Таблице 1 видно, что использовать технологию Free Cooling можно 9 месяцев в году. Поскольку, ЦОД работает непрерывно, то необходимо обеспечивать постоянную работу систем кондиционирования, что несет за собой большие затраты на электроэнергию [4].

Зависимость часов работы фрикулинга по месяцам показана на рисунке 1.

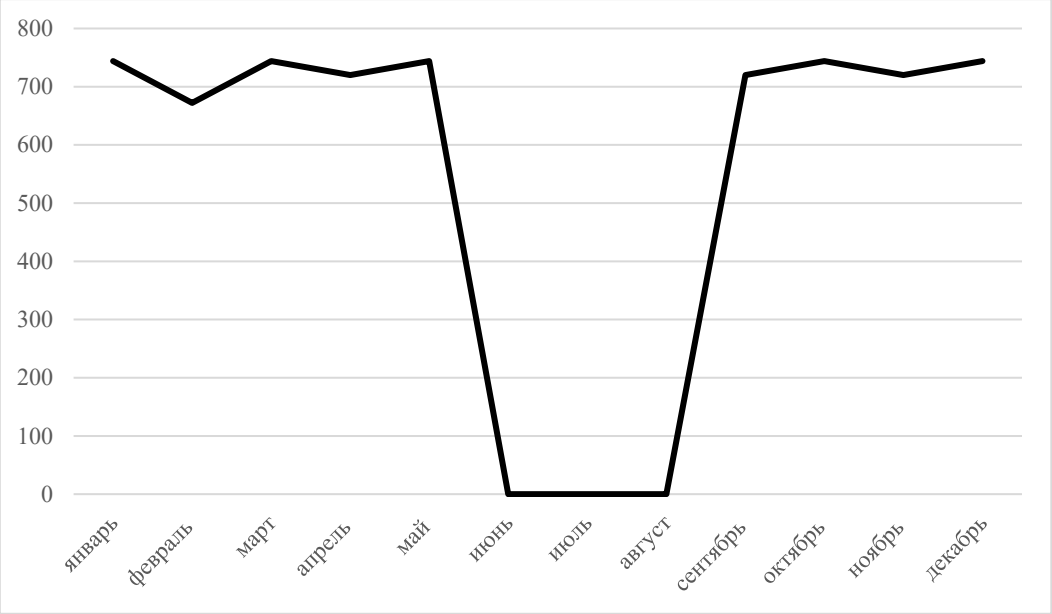


Рисунок 1 – График часов использования технологии Free Cooling относительно месяца

Из графика на рисунке 1 видно, что суммарное количество применения прямого охлаждения за счет естественного холода равно 6552 часам из 8760 возможных. Поскольку тепловыделения среднего центра обработки данных класса Tier III равны 1 МВт, то примерное электропотребление систем кондиционирования воздуха составит 300 кВт·ч. Таким образом, рассмотрим процесс экономии электроэнергии и денежных средств в нескольких случаях:

1. ЦОД построен в Иркутске и использует технологию Free Cooling;
2. ЦОД расположен в Москве и использует фреоновую систему кондиционирования воздуха.

Определим затраты на электроэнергию, потребляемую системой кондиционирования воздуха по формуле:

$$Э = N \cdot t \cdot P \quad (1)$$

где Э – затраты на электрическую энергию, руб/год; N – потребляемая электрическая энергия, кВт; P – стоимость электроэнергии, руб/кВт·ч.

Полученные экономические данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты экономической эффективности применения технологии фрикулинга.

Город	N, кВт	P, руб/кВт·ч	Э, руб	ΔЭ, руб
Москва	300	5,00	13140000	12225888
Иркутск	300	1,38	914112	

Таким образом, использование технологии Free Cooling в условиях холодного климата позволяет сэкономить 12225888 рублей за год.

Заключение

Расположение новых центров обработки данных в городе Иркутск и применение в них технологии Free Cooling для удаления тепловыделений позволяет сэкономить существенное количество денежных средств, а также использовать электроэнергию наиболее рационально, за счет можно достичь целевого показателя PUE [5].

Выбор системы холодоснабжения ЦОД осуществляется согласно технико-экономического анализа, однако с целью повышения надежности центра обработки данных следует использовать, как технологию свободного охлаждения, так и предусматривать фреоновую систему кондиционирования воздуха.

Список использованных источников

1. СП 541.1325800.2024 «Здания и сооружения центров обработки данных. Правила проектирования» – М.: Минстрой России, 2024 – 53 с.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 30134-2–2018 «ЦЕНТРЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ. КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ» – М.: Стандартинформ, 2018 – 23 с.
3. СП 131.13330.2025 «Строительная климатология» – М.: Минстрой России, 2025 – 238 с.
4. СП 60.13330.2020 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» – М.: Минстрой России, 2020 – 149 с.
5. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

УДК 697.9

Особенности организации воздухообмена на фуд-корте

Бондарук А.С. студент, Кубасова М.А. студент; Козлов С.С. старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: sskozlov@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрены особенности проектирования вентиляции на фуд-кортах – зонах питания с несколькими предприятиями общепита и общим залом. Проанализированы нормативные требования (СанПиН, рекомендации АВОК), принцип создания перетока воздуха из зала на кухню для предотвращения распространения запахов, типы местных вытяжных зонтов и систем жироулавливания. Особое внимание уделено разделению систем вентиляции для разных типов оборудования, вопросам пожарной безопасности и современным решениям по автоматизации воздухообмена.

Ключевые слова: фуд-корт, вентиляция, воздухообмен, жироуловитель, местные отсосы, общественное питание.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры вентиляции и отопления ННГАСУ, Козлов Сергей Сергеевич.

Введение.

Фуд-корт представляет собой зону питания, расположенную в торговых центрах, аэропортах, вокзалах или отдельных зданиях, где услуги предлагают несколько предприятий общественного питания, объединенных общим обеденным залом для посетителей [1]. В отличие от отдельно стоящего ресторана, здесь несколько точек питания работают под одной крышей, имея общий зал для гостей. Такая планировка требует иного подхода к организации воздухообмена. Необходимо создать комфортные условия для посетителей и одновременно эффективно удалять запахи, жир и дым, не смешивая эти потоки [2].

Сложность проектирования инженерных систем таких объектов заключается в необходимости одновременного обеспечения комфортных условий для большого количества людей, соблюдения строгих санитарно-гигиенических норм для производственных процессов и соблюдения требований пожарной безопасности. Размещение фуд-корта, как правило, на верхних этажах торгового центра накладывает дополнительные ограничения, связанные с интеграцией локальных систем вентиляции в общеобменную систему всего здания.

Цель данной работы – это систематизация основных принципов, нормативных требований и инженерных решений при проектировании систем воздухообмена на фуд-кортах.

Материалы и методы

В исследовании проведен анализ действующей нормативно-технической документации, включая санитарные правила СанПиН 2.3/2.4.3590-20 и СанПиН 2.1.3684-21, рекомендации НП «АВОК» Р НП «АВОК» 7.9-2019, а также отраслевые публикации в профильных журналах за период 2020–2025 гг [1-5].

Результаты и обсуждение

Системы вентиляции в зонах фуд-кортов дожны решать несколько ключевых задач, которые являются определяющими для проектирования [1], а именно обеспечение параметров микроклимата, поддержание температуры, влажности и чистоты воздуха в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88, ГОСТ 30494–2011 и санитарными правилами СП 2.3.6.1079–01.

Так же основной задачей является локализация и удаление вредностей из производственных цехов (кухонь), устранение запахов, гари, паров воды, масел и дыма из производственных цехов (кухонь) в зону обслуживания посетителей.

Наибольшее внимание уделяется обеспечению пожарной безопасности, предотвращению накопления жировых отложений в воздуховодах и обеспечение работоспособности систем дымоудаления.

Главным инженерным принципом является создание разрежения воздуха в горячих цехах по сравнению с обеденным залом [1]. Такой принцип называется «воздушным замком».

Разряжение достигается за счет того, что объем вытяжки из кухни превышает объем притока, подаваемого непосредственно в кухню.

Недостающий воздух, который необходимо компенсировать поступает из обеденного зала через открытые проемы, раздаточные окна и дверные проемы. Благодаря этому воздушному потоку (из «чистой» зоны в «грязную») запахи и дым не проникают в сторону посетителей. Скорость движения воздуха в зоне нахождения людей не должна создавать дискомфорт (рекомендуемая подвижность воздуха – не более 0,35 м/с).

В соответствии с рекомендациями АВОК (Р НП «АВОК» 7.9–2019), до 40 % расчетного объема приточного воздуха горячего цеха может подаваться в смежный обеденный зал для поддержания этого баланса [3].

Нормы регламентируют недопустимость объединения вытяжных систем для разных типов помещений и оборудования [4]. Рекомендуется предусматривать раздельные системы для зоны обслуживания зала посетителей, производственных помещений (горячий цех), местных отсосов над тепловым оборудованием и другим оборудованием, а так же санитарных узлов и комнат уборочного инвентаря.

Расход воздуха в вытяжных зонтах определяется из расчета количества воздуха в конвективном потоке над кухонным оборудованием с учетом расположения оборудования и способа воздухораспределения в горячем цехе.

Принцип расчета систем вентиляции и кондиционирования воздуха, обслуживающих горячий цех и обеденный зал, зависит от принятой схемы работы этих систем:

1. вентиляция в обеденном зале и горячем цехе;
2. вентиляция в обеденном зале и кондиционирование воздуха в горячем цехе;
3. кондиционирование воздуха в обоих помещениях.

Расчет систем ведется на компенсацию воздуха, удаляемого местными отсосами и общеобменной вытяжкой, а также на ассимиляцию тепло– и влагопоступлений с учетом обеспечения разрежения в горячем цехе для предотвращения распространения запахов за пределы кухонного помещения.

Эффективность удаления загрязнений зависит от типа и правильной установки местных отсосов над оборудованием.

Настенные отсосы монтируются у стены и закрываются вертикальной панелью. Благодаря боковым панелям объем удаляемого чистого воздуха уменьшается, а концентрация удаляемого загрязненого воздуха увеличивается, что требует меньшего расхода воздуха по сравнению с островными.

Островные отсосы используются для оборудования, установленного в центре помещения. Они открыты со всех сторон и подвержены влиянию перекрестных потоков воздуха, вследствие чего требуют большего расхода воздуха.

Активированные отсосы имеют систему поддува внутри зонта, что повышает эффективность улавливания и позволяет снизить общий расход удаляемого воздуха.

Одним из ключевых требований является обязательная очистка воздуха перед выбросом в атмосферу, особенно от жиров и копоти.

Жироуловители (лабиринтные) имеют эффективность около 85%, требуют регулярной очистки.

Электростатические фильтры обладают наивысшей эффективностью среди всех фильтров (до 95%), срок службы до 5 лет, но имеют высокую стоимость.

Угольные фильтры: используются для удаления запахов, требуют замены каждые 6 месяцев.

Жировые отложения в воздуховодах представляют собой серьезную пожарную опасность. Нормы требуют обязательной установки жировых фильтров на всасывающих отверстиях зонтов, периодической очистки воздуховодов и использования огнезадерживающих клапанов (EI60/90) с системами дымоудаления при наличии оборудования с открытом огнем.

Современные системы вентиляции фуд-кортов интегрируются с системами автоматизации здания. Используются датчики CO_2 и VOC (летучих органических соединений), с помощью которых регулируют производительность вентиляции в реальном времени в зависимости от загрузки зала и степени загрязнения воздуха, снижая энергопотребление [5].

Так же установка рекуператоров позволяет экономить до 30-40% тепловой энергии, используя тепло вытяжного воздуха для подогрева приточного.

Опыт эксплуатации систем показывает, что большинство проблем возникает из-за человеческого фактора на этапе проектирования или эксплуатации [3].

Ошибка в воздушном балансе, а именно, если приток в зал будет слишком сильным, он начнет выдувать запахи из кухни, а если слишком слабым, то запахи пойдут в зал. Расчет должен быть точным.

Игнорирование правил аэродинамики. Нельзя объединять в один воздуховод вытяжку от гриля и от пароконвектомата. Это приводит к перетеканию загрязнений.

Экономия на обслуживании фильтров. Забитый жировой фильтр снижает эффективность вытяжки до нуля. Большая часть обращений по поводу неприятных запахов связаны с грязными фильтрами или неправильно настроенными системами автоматики.

Нарушение правил эксплуатации может привести к серьезным последствиям: от приостановки деятельности заведения до крупных штрафов и пожаров.

Заключение

Организация воздухообмена на фуд-кортах сложная задача на стыке интересов посетителей и предпринимателя. Для посетителя чистый воздух и отсутствие запахов. Для арендатора безопасность труда и сохранность оборудования. Для владельца здания пожарная безопасность и энергоэффективность.

Современное проектирование таких объектов должно идти с внедрения систем с переменным расходом воздуха (VAV) и датчиками качества воздуха (CO_2, VOC), что позволяет экономить до трети электроэнергии без ущерба для микроклимата.

Список использованных источников

1. Р НП «АВОК» 7.9-2019 : Проектирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха помещений предприятий общественного питания : введен впервые : дата введения 2019-09-01 / разраб. НП «АВОК». – Москва . АВОК-ПРЕСС, 2019. . – URL: *https://aboutdc.ru/docs/aboutdc/6/AVOK-vent-kafe.pdf* – Текст : электронный.

2. Соловьев, Е. А. Фуд-корты: требования к организации вентиляции // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. – 2020. – № 2. – С. 34–41. – ISSN 1609-7843. . – URL: *https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=PRSV-inav/2020/2-317767730* – Текст : электронный.

3. Хренов, Василий Иванович. Проектирование предприятий общественного питания / В. И. Хренов. – Москва : Гос. изд-во торговой литературы, 1958. – 271, [1] с. : ил. – URL: *https://cat.gpntb.ru/?id=FT/ShowFT&sid=8c413c8e026a248002a5e5b933190057*. – Текст : электронный.

4. СанПиН 2.3/2.4.3590-20 : Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения : утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 27.10.2020 № 32. – URL: *https://ombudsmanbiz.spb.ru/news/Novoe-v-zakonodatelstve/Razyasneni-trebovaniya-predyavlyaemie-k-predpriyatiyam-obschestvennogo-pitaniya-na-pervih-etajah-mnogokvartirnih-domov/* (дата обращения: 03.04.2026). – Текст : электронный.

5. СанПиН 2.1.3684-21 : Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий : утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 3. – URL: *https://ombudsmanbiz.spb.ru/news/Novoe-v-zakonodatelstve/Razyasneni-trebovaniya-predyavlyaemie-k-predpriyatiyam-obschestvennogo-pitaniya-na-pervih-etajah-mnogokvartirnih-domov/* (дата обращения: 03.04.2026). – Текст : электронный.

УДК 697.341

Газоснабжение жилого микрорайона «Заря» в г. Белгород

Вороновский Е. А., студент

* Ответственный за переписку: voronovskiy_2020@mail.ru
Белгородский технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород

Аннотация. В статье рассматриваются инженерно-технические аспекты проектирования и анализа системы газоснабжения нового жилого микрорайона «Заря» в г. Белгороде. На основе анализа характеристик микрорайона и типовых проектных решений определены расчетные нагрузки, предложена принципиальная схема газоснабжения, выполнен гидравлический расчет сети низкого давления.

Ключевые слова: газоснабжение, проектирование, гидравлический расчет, газораспределительная сеть, ГРП.

Научный руководитель – к.т.н., доц. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, Саввин Никита Юрьевич.

Системы газоснабжения являются критически важным элементом инфраструктуры современного жилищного строительства, определяющим уровень комфорта и энергоэффективности. Активное развитие жилищного строительства в г. Белгороде, в частности, возведение нового микрорайона «Заря», требует комплексного подхода к проектированию инженерных сетей, в том числе газораспределительных [1].

Целью работы является разработка основных принципов и выполнение ключевых расчетов системы газоснабжения микрорайона на основе анализа существующих условий подключения, нормативной базы и передового опыта строительства газовых сетей в Белгородской области.

Для выполнения проектных расчетов были систематизированы исходные данные, а также произведён анализ системы микрорайона «Заря», представлено на рис. 1.

Рисунок 1 – Топографический план [4]

Согласно типовым техническим условиям для г. Белгорода давление в точке подключения городской распределительной сети к газораспределительной станции (ГРС) составляет 0,4 МПа (избыточное). ГРС, как правило, располагается западнее района газификации. Потребители газа в микрорайоне подразделяются на: бытовые потребители, коммунально-бытовые потребители. Основные параметры для расчёта газопотребления представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Основные параметры микрорайона

Параметр	Значение
Количество жителей	> 4 000 чел.
Общая жилая площадь	~ 77 000 м²
Этажность домов	5, 9, 17 этажей
Количество жилых домов	10
Наличие ЦТП/котельной	Нет (поквартирное отопление)
Объекты социально-бытового назначения	Начальная школа-детский сад №44

На основании анализа территории и потребителей для микрорайона «Заря» рекомендована двухступенчатая система газоснабжения с сетями среднего и низкого давления [2].

При проектировании системы газоснабжения на границе микрорайона устанавливается шкафной газорегуляторный пункт (ГРПШ). Он выполняет функции снижения давления газа со среднего (0.3-0.6 МПа) до низкого (2-3 кПа) и его поддержания в сети с заданной точностью. От ГРПШ прокладывается кольцевая или тупиковая сеть газопроводов низкого давления по дворовой территории. Кольцевая схема является более надежной, так как обеспечивает двустороннее питание потребителей. От уличной сети выполняются вводы в каждый жилой дом. Внутри зданий монтируются стояки, разводящие газ по этажам к квартирным газовым приборам. Обязательна установка отключающих устройств на вводах и поэтажно, а также систем контроля загазованности.

Перед выполнением газодинамического расчёта требуется определение расчетных расходов газа, которые служат исходными данными для определения диаметров газопроводов, для выбора размеров и типов газовой арматуры, аппаратуры и оборудования [3,4].

Вычисляем максимальный потребляемый расход газа приборами или группой приборов по формуле:

$$g_i = \frac{Q_{\text{т,н}}}{Q_{\text{н}}^{\text{с}}} \quad (1)$$

где $Q_{\text{т.н.}}$– нормативная тепловая нагрузка для газовых плит, кДж/ч; $Q_{\text{н}}^{\text{с}}$– низшая теплота сгорания газа, кДж/нм3.

В результате расчёта, расход газа на газовую 4-х конфорочную плиту Gorenje GG5A11XF составил 0.81 м³/ч.

Расчетные расходы газа для каждого участка определяются по следующей формуле:

$$Q_p = g_i \cdot K_0 \cdot N_i \quad (2)$$

где K_0– коэффициент одновременности; ni– количество квартир.

Гидравлический расчет является основой для определения диаметров трубопроводов и потерь давления на участках сети. Расчет выполняется для максимального часового расхода газа в соответствии с СП 62.13330.2011. «Газораспределительные системы». Диаметры

трубопроводов определяются по номограмме, в соответствии с расходом газа на участке. Фактические потери давления на каждом участке определяют по формуле:

$$\Delta P_{\text{ф}} = \Delta P_{\text{уч}} \pm H \quad (3)$$

где Δ Руч – потери давления на каждом участке, Н – гидростатическое давление.

Цель дальнейшего расчёта добиться того чтобы суммарные потери давления от ГРП до самого удаленного и высоко расположенного прибора на последнем участке питающею контура и в конце любого тупикового участка должны быть не более 2040 Па и не менее 1800 Па. Это обеспечивает бесперебойную подачу газа ко всем потребителям при любой загрузке сети газоснабжения [5].

В заключении было установлено, что для основного газопровода потребуются трубы диаметром 100-200 мм, а для ответвлений к домам – 40-80 мм.

Проектирование системы газоснабжения микрорайона «Заря» технически осуществимо на основе двухступенчатой схемы с применением ГРПШ и кольцевой распределительной сети низкого давления. В результате выполнения гидравлического расчёта системы газоснабжения были определены потери давления и оптимальные диаметры газопроводов для безаварийной работы системы [6,7].

Список использованных источников

1. Ульяновский государственный технический университет. Курсовой проект «Газоснабжение района города Белгород». 2010. – [Электронный ресурс]. – URL: *https://vmasshtabe.ru/inzhenernye-sistemy/gazosnabzhenie/gazosnabzhenie-rayona-goroda-belgorod.html* (дата обращения: 17.12.2025).

2. Загиров, Н. Б. Газоснабжение микрорайона в городе Агидель / Н. Б. Загиров // Вестник КИГИТ. – 2014. – № S1. – С. 35-37. – EDN SEZCIH.

3. Боровский, Б. И. Оптимизация систем газоснабжения городских микрорайонов / Б. И. Боровский, М. О. Кунский // Строительство и техногенная безопасность. – 2014. – № 50. – С. 29-33. – EDN VMKEEX.

4. Информация о микрорайоне «Заря» г. Белгород. – [Электронный ресурс]. – URL: *https://belbeton.ru/real-estate/construction/buildings/g_belgorod_mkr_zarya/* (дата обращения: 17.12.2025).

5. Белоглазова, Т. Н. Структурная оптимизация газораспределительных сетей микрорайона города / Т. Н. Белоглазова, А. И. Елькина // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2020. – Т. 1. – С. 204-208. – EDN MTNPSQ.

6. Саввин, Н. Ю. Повышение эффективности систем теплоснабжения / Н. Ю. Саввин, Р. В. Лесовик, Т. Н. Ильина // Строительство и архитектура. – 2025. – Т. 13, № 2(47). – С. 3. – DOI 10.29039/2308-0191-2025-13-2-3-3. – EDN KLWBDJ.

7. Саввин, Н. Ю. Математическое моделирование жизненного цикла инженерных систем здания / Н. Ю. Саввин // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2024. – № 4(58). – С. 15-23. – DOI 10.36622/2074-188X.2024.34.62.002. – EDN CVDXBN. (К3)

УДК 697.4 : 620.9.

Оптимизация режимов работы систем отопления и вентиляции для снижения энергопотребления

*Горбунов А.С. *, студент*

*Ответственный за переписку: sasha.gorbunov127@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы оптимизации систем воздушного отопления производственных помещений с высокими потолками. Проанализированы способы термической стратификации воздуха и методы ее реализации. Рассмотрены способы рекуперации для повышения общей энергоэффективности систем обеспечения параметров микроклимата зданий и сооружений.

Ключевые слова: воздушное отопление, рециркуляция воздуха, рекуперация, термическая стратификация

Научный руководитель – заведующий кафедрой отопления и вентиляции ННГАСУ, доктор техн. наук, доцент Бодров Михаил Валерьевич

Благодарности. Исследование выполнено в рамках конкурса «Амбассадоры науки», проводимого в рамках программы развития ННГАСУ, реализуемой по программе академического лидерства «Приоритет 2030».

Проектирование энергоэффективных систем теплоснабжения для больших производственных помещений с высокими потолками всегда считалось сложной экономической задачей, особенно если требуется предусмотреть несколько рабочих зон. Одной из важных проблем при использовании воздушного отопления это обеспечение явления физической конвекции.

Физическая конвекция (термическая стратификация) – это когда нагретый воздух за счет уменьшения его плотности будет подниматься вверх и собираться под потолком, тем самым создавая градиент температур и увеличивая теплопотери через перекрытие. Это негативное явление влечет к образованию сосулек, разрушению кровли и понижению температуры внутреннего воздуха в рабочей зоне, тем самым снижая общую энергоэффективность производства [1].

Для устранения этой проблемы следует устанавливать дестратификаторы: рециркуляционные вентиляторы для перемешивания и перемещения воздуха под потолком рассматриваемого объекта. Они будут направлять нагретый воздух обратно вниз в сторону рабочей зоны, тем самым увеличивая общую подвижность воздушных масс и снижение градиента температуры.

Общий вид дестратификатора приведен автором на рисунке 1.

Принцип работы устройства: рециркуляционный вентилятор захватывает теплый воздух в пространстве у потолка и направляет его вниз низкоскоростным не турбулентным потоком. Теплый воздух смешивается с холодным в нижней зоне, тем самым температура по всему объему помещения постепенно выравнивается по высоте, температурный градиент становится не более 1…2 ℃, снижаются тепловые потери через перекрытие, экономия тепловой энергии составляет примерно 20…30 %.

Рисунок 1 – Общий вид дестратификатора Volcano VR-D (Источник: [2])

Другим существенным способом экономии энергоресурсов является применение полной или частичной рециркуляции воздуха.

Рециркуляция – это процесс, при котором часть отработанного воздуха (вытяжного) не уходит на улицу, а смешивается с наружным приточным воздухом, и повторно подается в обслуживаемое помещение. Существуют следующие способы воздушного отопления: прямоточные, частично и полностью рециркуляционные.

При использовании прямоточной системы 100 % воздуха забирается с улицы, нагревается в теплообменных аппаратах до нужной температуры и подается в помещение., а весь объем отработанного воздуха возвращается обратно непосредственно на улицу.

Недостатками этого способа являются огромные затраты теплоты и отсуствие каких-либо энергосберегающих мероприятий [3, 4].

Частично рециркуляционная система (смешанная система) подразумевает использование части внутреннего воздуха из помещения и смешения его с лругой частью наружного воздуха. Имеется значительная экономия энергоресурсов, т.к. в теплообменник поступает воздушная смесь с температурой выше наружной.

При эксплуатации полностью рециркуляционной системы есть ряд ограничений, основным из которых является запрет эксплуатации при загрязненности воздуха пылью, газами или если имеется превышение концентрации углекислого газа.

Следующим способом энергосбережения при эксплуатации систем обеспечения параметров микроклимата является рекуперация теплоты удаляемого воздуха. При этом потоки воздуха как при рециркуляции практически не смешиваются.

Рекуператор представляет собой теплообменное устройство, которое обеспечивает передачу части тепловой энергии от потока отработанного воздуха к потоку приточного воздуха. В настоящее время широко применяются следующие устройства и теплообменные аппараты: пластинчатый рекуператор (рисунок 2), регенеративный теплообменник (рисунок 3) и рекуператор с промежуточным теплоносителем (рисунок 4).

К основным неоспоримым преимуществам пластинчатых рекуператоров можно отнести: низкий уровень шума; простота конструкции; сравнительно малая стоимость оборудования.

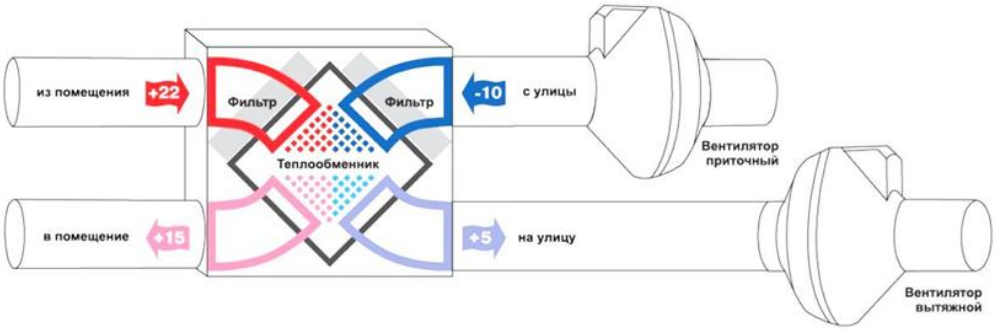


Рисунок 2 – Принципиальная схема устройства пластинчатого рекуператора [5]

Принцип работы роторного регенеративного рекуператора воздуха основан на передаче теплоты от выходящих потоков воздуха к входящим из внешней среды. Свежий наружный воздух попадает между пластинами ротора, нагревается и под воздействием аккумулированного тепла поступает в пространство помещения. Объем входящего и исходящего воздуха соответствует размерам и мощности роторного агрегата.

Обмен тепла зависит от взаимодействия вращающихся пластин с поступающим воздухом. Вращение колеса осуществляется при механическим образом помощи электродвигателя, настройка которого позволяет эксплуатировать регенератор в определенном расчетном скоростном режиме.

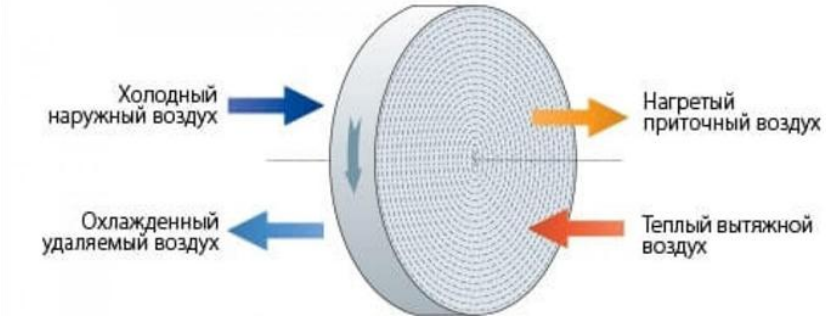


Рисунок 3 – Принципиальная схема работы регенеративного теплообменника [5]

К основным преимуществам регенеративных теплообменников можно отнести: высокая теплотехническая и термическая эффективность; сравнительная простота технического обслуживания и управления; наличие влагообмена. Недостатками являются: эксплуатационные расходы, связанные с большим потреблением электроэнергии электродвигателем для осуществления вращения ротора; наличие смешения потоков поступающего и удаляемого воздуха; высокий аэродинамический уровень шума.

Система рекуперации с промежуточным теплоносителем представляет собой схему передачи теплоты вытяжного воздуха приточному с помощью двух жидкостных теплообменников, находящихся в вытяжной и приточной камерах. В качестве промежуточного теплоносителя рекомендуется применять водные растворы пропиленгликоля с концентрацией до 50 %. Поверхность теплообменника изготовлена из алюминиевых или стальных пластин и проходящих через них в шахматном порядке медных трубок. Трубные коллекторы из стали имеют резьбовые патрубки, выведенные за боковую панель, а также специальные отверстия для обезвоздушивания теплообменника и слива воды. Вытяжная часть дополнительно оснащена профильным пластиковым каплеуловителем с поддоном и патрубком для сбора и слива конденсата.

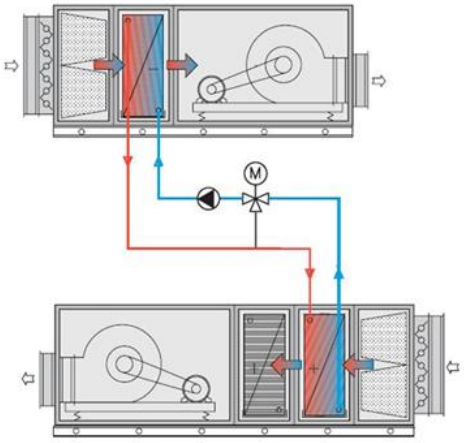


Рисунок 4 – Принципиальная схема работы рекуператора с промежуточным теплоносителем [5]

Преимуществами рекуперации с промежуточным теплоносителем являются: возможность реализации процессов рекуперации для раздельных и даже удалённых друг от друга в плане и по высоте приточных и вытяжных вентиляционных установок; полное отсутствие возможности смешивания потоков свежего и отработанного воздуха; регулирование эффективности теплообмена за счет переключения режима работы насоса; невысокая стоимость; возможность эксплуатации при сильных морозах за счет использования к качестве тепло / хладогента антифриза [6].

К недостаткам следует отнести: низкий коэффициент теплотехнической эффективности, а также сложность в монтаже и обслуживании.

Список использованных источников

1. Гудзовский, В. В. Применение современных инженерных решений для повышения энергоэффективности зданий / В. В. Гудзовский, В. В. Пенявский // Избранные доклады 69-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 20 апреля 2023 года. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 720-721. *https://elibrary.ru/pitnpu*

2. KEMKOtel. VOLCANO VR.D AC 0 kW. – URL: https://kemkotel.ru/products/volcano-vr-d-ac-0-kw (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

3. Стрельцов, Н. С. Оптимизация работы системы ОВиК для снижения энергопотребления / Н. С. Стрельцов, С. В. Угорова // синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 24 мая 2023 года. – Стерлитамак: Общество с ограниченной ответственностью Агентство международных исследований, 2023. – С. 219-225. *https://elibrary.ru/wpyxgj*

4. Ежова, Д. А. Энергоэффективность и энергосбережение в системах инженерного обеспечения зданий / Д. А. Ежова // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых – 2024 : сборник научных статей 13-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 12–13 ноября 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 313-316. *https://elibrary.ru/suyexg*

5. Коноплева, А. А. Повышение энергоэффективности в системах вентляции / А. А. Коноплева, Ю. А. Мангушева // Экологическая безопасность и устойчивое развитие урбанизированных территорий : Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 13–15 мая 2025 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 190-194. *https://elibrary.ru/gtbahl*

6. Кочеткова, Я. А. Зарубежные инновационные технологии в области повышения энергоэффективности зданий и их инженерных систем / Я. А. Кочеткова, Е. Г. Кудрова // Сервис в России и за рубежом. – 2023. – Т. 17, № 2(104). – С. 196-204. *https://elibrary.ru/pplejo*

УДК 697.7

К вопросу формированию параметров микроклимата в свиноводческих комплексах

Елизаров А.Д., магистрант; Руин А.Е., ассистент кафедры отопления и вентиляции*

* Ответственный за переписку: *AElizarov21@yandex.com*
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы обеспечения параметров микроклимата в помещениях сельскохозяйственного назначения для содержания свиней. Описаны основные физиологические факторы терморегуляции организма животных и их взаимосвязь от температуры внутреннего воздуха с продуктивностью животных и расходом корма. Приведены результаты численного моделирования посвященного исследованию формирования параметров микроклимата типового участка свиноводческого комплекса, выполненного в программной среде Ansys Fluent для холодного и теплого периодов года без применения искусственно выработанной тепловой и электрической энергии. Показаны результаты математического моделирования распределение температуры воздуха в помещении. Выявлена необходимость в применении дополнительных решений в области инженерных систем для обеспечения расчетного микроклимата в теплый и холодный период в климатических условиях Нижегородской области.

Ключевые слова: микроклимат, подвижность воздуха, свиноводческий комплекс, численное моделирование, температурный режим, Ansys Fluent, энергоэффективность.

Введение

Обеспечение продовольственной безопасности является важным приоритетом для Российской Федерации [1]. Для выполнения поставленных задач в области производства мясной продукции необходимо соблюдать технологические, экономические и санитарно-гигиенические требования к содержанию животных. Отклонение параметров микроклимата от оптимальных значений приводит к развитию теплового стресса, который негативно сказывается на потреблении корма и динамике прироста живой массы [2].

Традиционно считается, что в свиноводческих зданиях возможно поддержание расчетных условий исключительно за счет тепловыделений от животных и естественного воздухообмена. Однако практика эксплуатации и данные моделирования ставят это утверждение под сомнение, особенно для климатических условий центральной части России.

Целью исследования является оценка микроклимата в помещении свинарника в холодный и теплый периоды года и определение необходимости применения искусственных источников теплоты и холода.

Исследование выполнено с применением численного моделирования процессов тепломассообмена в программном комплексе Ansys Fluent, реализующем метод конечных объемов на неструктурированных сетках.

За объектом моделирования был принят типовой блок свиноводческого предприятия единовременного содержания 2300 голов. Ограждающие конструкции представлены стеновыми сэндвич-панелями толщиной 100 мм и кровельными панелями толщиной 150 мм с минераловатным утеплителем. Вентиляция – гибридная: вытяжка осуществляется через

крышный вентилятор, приток – через регулируемые стеновые клапаны. Воздухообмен принят в соответствии с нормативными требованиями [3]: 30 м³/ч на 100 кг живой массы в холодный период и 60 м³/ч на 100 кг в теплый.

В соответствии с действующими методическими рекомендациями по проектированию свиноводческих предприятий [4] нормируемые параметры микроклимата различаются в зависимости от половозрастной группы животных и представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Нормативные параметры микроклимата для свиноводческих помещений

Группы животных	Температура воздуха, °С			Относительная влажность, %		Подвижность воздуха, м/с	
1	2	3	4	5	6	7	8
Хряки	16	19	13	75	40	0,3	1,0
Свиноматки:							
– холостые и супоросные	16	19	13	75	40	0,3	1,0
– подсосные с поросятами	20	22	18	70	40	0,15	0,4
– ремонтные свинки	20	22	18	70	40	0,2	0,6
-поросята-отъемыши	54	28	22	70	40	0,2	0,6
Свиньи на откорме	18	20	14	70	40	0,3	1,0

Для исследуемого объекта целевыми параметрами комфорта в холодный период года являлись: температура не ниже +14 °С (оптимально +18 °С), относительная влажность не более 70 %, подвижность воздуха не выше 0,3 м/с. Именно эти критерии использовались при оценке адекватности поддержания микроклимата за счет только биологических тепловыделений.

В расчетной модели используется универсальная k–ε модель с константами: $C\mu = 0,09$; $C\varepsilon1 = 1,44$; $C\varepsilon2 = 1,92$; $\sigma k = 1,0$; $\sigma\varepsilon = 1,3$.

Для расчета объемного излучения выбрана модель дискретных ординат (DO), которая позволяет корректно моделировать излучение от поверхностей, не являющихся серыми.

Граничные условия на внешних границах области – третьего рода, с температурой окружающей среды, соответствующей климатическим параметрам для г. Нижний Новгород.

Для теплого периода года теплопоступления в помещения от солнечной радиации учтены при помощи встроенного в Ansys Fluent калькулятора Solar Ray Tracing [5].

Результаты исследований

Геометрия расчетной области создавалась в модуле DesignModeler (рис. 1), сеточная модель – в Ansys Meshing (рис. 2). Итоговая сетка содержала порядка 21,6 млн контрольных объемов, что обеспечивало сходимость решения по балансу тепловых потоков, равенству приточного и вытяжного воздуха, а также стабилизацию среднеобъемной температуры.

Результаты моделирования представлены в виде полей температуры для двух характерных сезонов (рис. 3–5). Анализ термограмм позволяет сделать следующие выводы:

Холодный период. В рабочей зоне (на высоте 0,7 м от пола) температура воздуха находится в диапазоне от –10 до –5 °С. Такие показатели температуры показывают о значительном отклонении от допустимых значений (+14 °С). Появляется риск появления конденсата на наружных ограждающих конструкциях, и как вследствие образование грибков и плесени. Что касается самих животных при таких низких температурах для поддержания температуры тела животные активно начнут потреблять корм, при этом суточный привес достигнет минимального показателя.

Теплый период. Несмотря на увеличенный воздухообмен, совместное действие тепловыделений и солнечной радиации приводит к повышению температуры в зоне нахождения животных до +30…+35 °С. В этом температурном диапазоне у животных появляется вялость, снижается активность и аппетит. При этом расход корма значительно уменьшается, а привес снижается практически к до нуля. А также такие температуры окружающего воздуха могут привести к потере веса и развитию болезней животных.

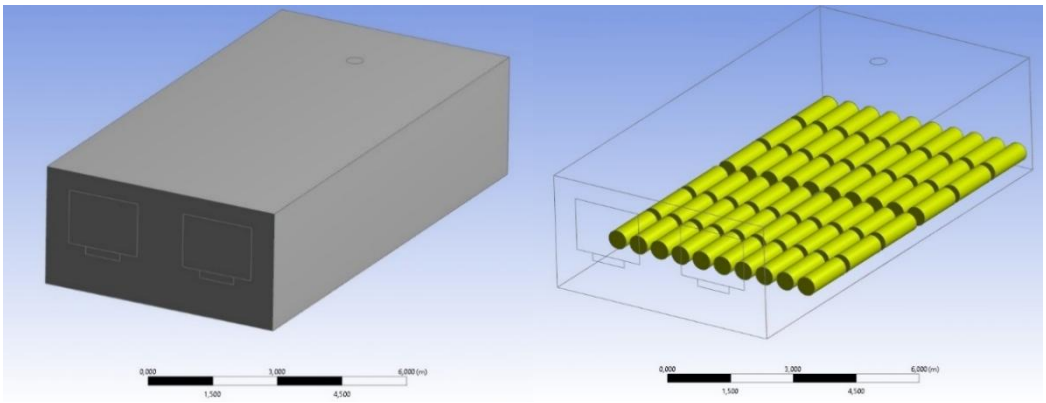
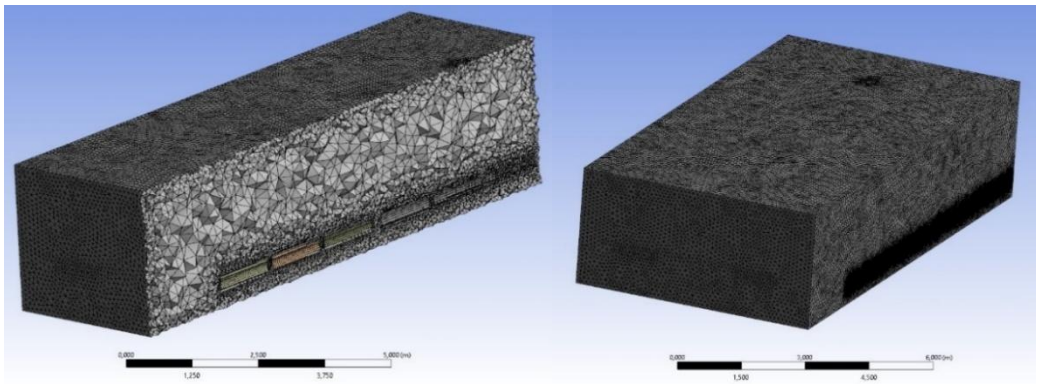
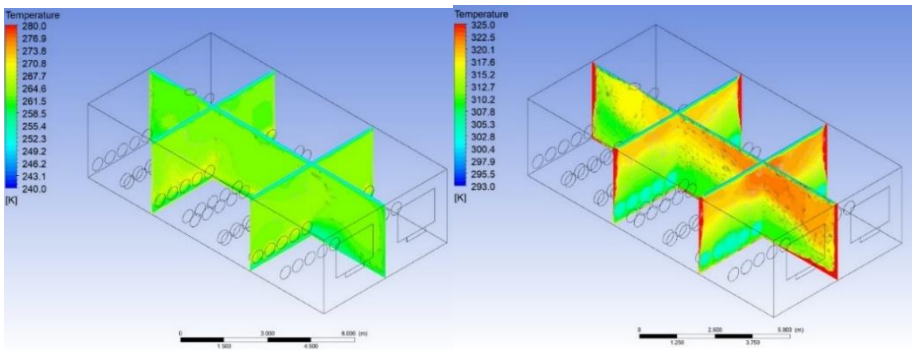


Рисунок 1 – Схема моделируемого помещения (Источник: Составлено автором)



а б

Рисунок 2 – Расчетная сетка помещения (а) и в поперечном сечении (б), сформированная в Ansys Meshing (Источник: Составлено автором)



а б

Рисунок 3 – Распределение температуры воздуха в рассматриваемом помещении в холодный период (а) и теплый период (б) (Источник: Составлено автором)

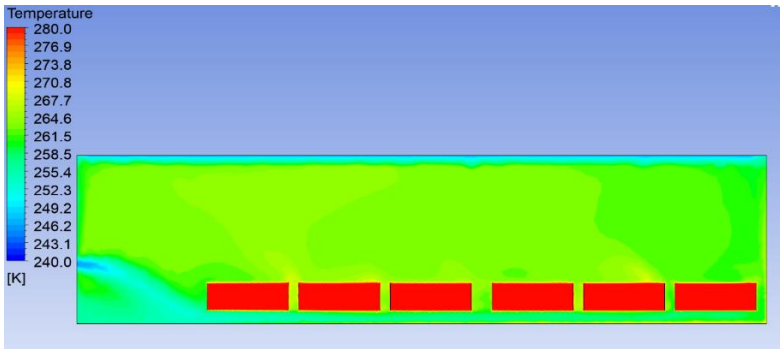


Рисунок 4 – Распределение температуры воздуха в поперечном сечении рассматриваемого помещения в холодный период (Источник: Составлено автором)

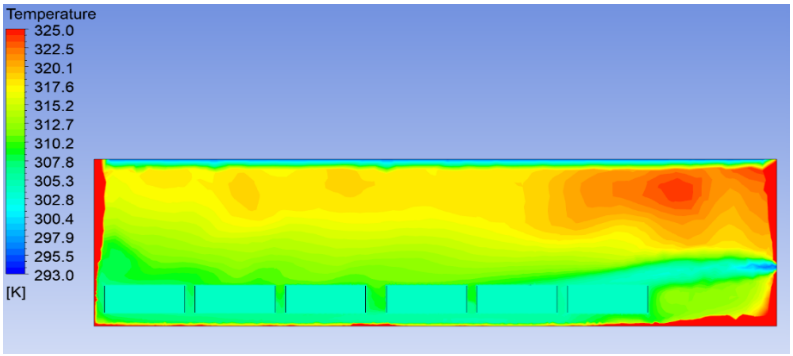


Рисунок 5 – Распределение температуры воздуха в поперечном сечении рассматриваемого помещения в теплый период (Источник: Составлено автором)

Заключение

Полученные данные убедительно свидетельствуют о том, что в климатических условиях Нижегородской области свиноводческие помещения не могут функционировать без применения дополнительных энергетических воздействий: в зимнее время необходим подвод теплоты от внешних источников, в летнее – организованный отвод избыточной теплоты (например, посредством систем испарительного или радиационного охлаждения).

Список использованных источников

1. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации : Указ Президента РФ от 28.02.2024 № 145. – Официальный сайт Президента Российской Федерации : [сайт]. – URL: *http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358*

2. Самарин, Г.Н. Энергосберегающая технология формирования микроклимата в животноводческих помещениях: специальность 05.20.02 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Самарин Геннадий Николаевич ; Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина. – Москва, 2009. – 34 с.

3. Бодров, М.В. Микроклимат производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений / В.И. Бодров, М.В. Бодров, Е.Г. Ионычев, М.Н. Кучеренко. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2008. – 623 с.

4. РД-АПК 1.10.02.04-12. Методические рекомендации по технологическому проектированию свиноводческих ферм и комплексов : система рекомендательных документов агропромышленного комплекса : дата введения 06.07.2012 / Министерство сельского хозяйства России. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 138 с.

5. ANSYS Fluent Theory Guide. Release 2019 R3. – Canonsburg : ANSYS, Inc., 2019. – 814 p.

УДК 620.91

Основы применения гелиоэнергетики в строительстве

Епифанцев К.А., студент; Рогулина М.М., студент; Курников И.А., студент*

* Ответственный за переписку: tes84@inbox,ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Рассмотрена классификация и технологические особенности устройств по преобразованию солнечной энергии в тепловую. Рассмотрены конструкции и области применения солнечных трубчатых коллекторов в системах теплоснабжения абонентов. Приведена методика расчета солнечных коллекторов в системах горячего водоснабжения.

Ключевые слова: гелиоэнергетика, солнечный трубчатый коллектор, система горячего водоснабжения.

Научный руководитель – заведующий кафедрой отопления и вентиляции ННГАСУ, доктор техн. наук, доцент Бодров Михаил Валерьевич

Благодарности. Исследование выполнено в рамках конкурса «Амбассадоры науки», проводимого в рамках программы развития ННГАСУ, реализуемой по программе академического лидерства «Приоритет 2030».

Коллектор (от лат. collegere, собирать) является основным компонентом солнечной системы (гелиосистемы) для преобразования солнечного излучения в тепловую энергию. Коллекторы – это генераторы теплоты, которые во многом отличаются от традиционных источников теплоты. Самое большое отличие состоит в том, что источником энергии, используемой для получения теплоты, является не традиционное топливо, а солнечное излучение. С одной стороны, солнечное излучение – это бесплатный возобновляемый источник энергии, который в человеческом понимании предоставлен нам на бесконечно долгий срок, а с другой стороны – он едва ли применим для современных потребностей и ограничен в фактическом предложении. В частности, в отопительный сезон, когда необходимо максимальное количество тепловой энергии, солнечная энергия – минимальна, и наоборот.

Кроме того, Солнце невозможно включать или выключать по своему усмотрению. Такие исходные данные требуют принципиально другого подхода к проектированию энергетических установок, мощность которых предоставляется, так сказать, по требованию. Исключением стали установки, использующие энергию солнечного излучения, но для надежности дополненные вторым генератором теплоты – такие установки проектируются и эксплуатируются как бивалентные системы.

Успешная работа солнечной установки зависит не только от коллектора, но и от рациональной согласованности всех используемых компонентов. Для расчета солнечной системы и определения параметров компонентов системы важную роль играет ожидаемая производительность установки.

Удельная производительность солнечного коллектора в год указывается в кВт·ч на м2 площади и является важной оценочной характеристикой для определения параметров и режима эксплуатации установки. Чем выше значение, тем больше теплоты вырабатывает для системы теплоснабжения солнечная система. В целом за год встречаются такие режимы эксплуатации, при которых коллектор еще мог бы поставлять энергию, но аккумулятор уже полностью заряжен. В этом случае производительность коллектора равна нулю.

Производительность коллектора является важным оценочным параметром эффективности солнечной системы. Она особенно высока, если поверхность коллектора оптимально ориентирована и не имеет затенений.

В солнечных системах, покрывающих часть нагрузки на отопление, для повышения производительности и эксплуатационных характеристик целесообразно увеличивать угол наклона, поскольку оптимальная производительность имеет решающее значение для переходного и зимнего сезона. Летом, если солнечная энергия используется только для горячего водоснабжения, увеличение угла наклона коллектора позволяет уменьшить излишки энергии, а в переходный сезон увеличение угла наклона обеспечивает получение более высокой эффективности. Таким образом, в течение года теплота вырабатывается более равномерно, и производительность солнечной системы оказывается выше, чем в случае выбора ориентации коллектора на максимальное излучение.

Поглотитель коллектора воспринимает наибольшее количество энергии под прямым углом по отношению к направлению инсоляции. Интенсивность солнечного излучения зависит от долготы дня и периода года, поэтому направление наклона плоскости коллектора нужно выбирать по высоте Солнца, когда наблюдается наибольшее количество поступления солнечной энергии. В зависимости от сезона года, практически рекомендуется принимать угол наклона в пределах от 25 до 70° [1].

Когда коллектор ориентирован точно на юг, тогда азимут равен нулю градусов. Интенсивная инсоляция наблюдается в полдень; при этом важно, чтобы плоскость коллектора должны быть направлена на юг. В реальных условиях этого достичь при неподвижных коллекторах сложно, однако, коллектор будет эффективно работать при отклонении от южного направления до 15°.

Трубчатые коллекторы могут быть установлены на скатных или плоских крышах. На скатных крышах коллекторы могут монтироваться как в продольном, так и в поперечном направлении, что обеспечивает высокий уровень поглощения солнечной энергии. Общий вид трубчатого коллектора представлен на рисунке 1.

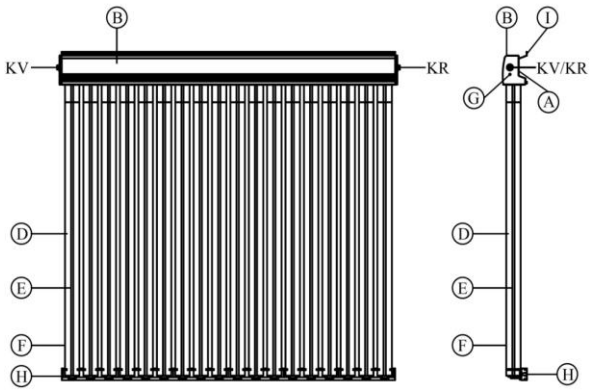


Рисунок 1 – Общий вид солнечного трубчатого коллектора: KV – подающая магистраль коллектора; KR – обратная магистраль коллектора; A – медно-алюминиевый теплообменный блок; B – соединительный корпус коллектора; D – вакуумная стеклянная трубка.; E – тепловая трубка (Heatpipe); F – поглотитель; I – монтажная шина под стропильный анкер; H – держатель вакуумных трубок; G – проход для датчика температуры [2]

В поглотителе установлена тепловая труба, заполненная испаряющейся жидкостью. Тепловая труба подсоединена к конденсатору. Конденсатор находится в медно-алюминиевой теплообменном блоке. Соединение относится к так называемому сухому типу, что позволяет поворачивать и заменять трубки в том числе при заполненной установке, находящейся под

давлением. Тепло передается от поглотителя на тепловую трубу. За счет этого рабочая жидкость испаряется. Пар поднимается в конденсатор. В теплообменнике с медным коллектором, где находится конденсатор, тепло передается протекающему теплоносителю, и происходит конденсация пара. Конденсат возвращается в нижнюю часть тепловой трубки, и процесс повторяется. Отклонения плоскости крыши от южного направления можно компенсировать поворотом вакуумных трубок.

Коллекторы с общей площадью поглотителя до 25 м2 могут быть объединены в поле коллекторов. Для этого поставляются гибкие теплоизолированные соединительные трубы.

Вакуумный трубчатый коллектор не имеет требований по минимальному углу наклона и потому предоставляет гибкие возможности монтажа. Он предназначен для монтажа на балконах и фасадах, а также для больших гелиоустановок промышленного назначения, а оптимизированное расстояние между трубками предотвращает затенение.

В настоящее время имеются следующие рекомендации по монтажу и эксплуатации вакуумных коллекторов.

1) При монтаже и заполнении коллектора теплоносителем необходимо затенять остекление коллектора для предотвращения перегрева.

2) Без применения в системе компенсаторов теплового линейного расширения рекомендуется вводить в эксплуатацию до трех коллекторов.

3) Заправка теплоносителя производится в холодные коллекторы для снижения влияния внутреннего теплового удара, с минимальной скоростью, чтобы избежать образования воздушных пробок в системе.

4) Коллекторы должны всегда устанавливаться таким образом, чтобы они не были под снегом при любом возможном снегопаде.

Общий вид смонтированного коллектора представлен на рисунке 2.

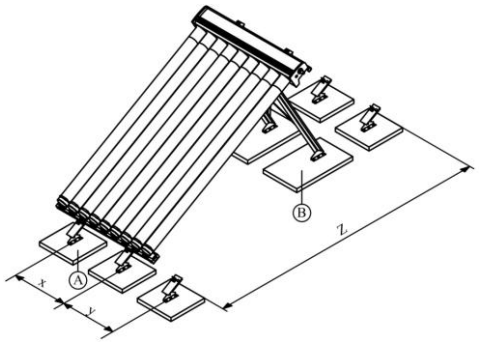


Рисунок 2 – Общий вид смонтированного солнечного трубчатого коллектора: A – передняя опорная пластина; B – задняя опорная пластина; C – монтажная шина под стропильный анкер; x – расстояние между опорами коллектора; y – расстояние между смежными опорами коллекторов; z – расстояние между рядами коллекторов [2]

Во время восхода и захода солнца (солнце находится очень низко) невозможно избежать затенения при установке вакуумных коллекторов друг за другом. Чтобы избежать затенения, необходимо соблюдать определенное расстояние между следующими друг за другом рядами коллекторов солнечной энергии.

Для расчета расстояние z между рядами вакуумных коллекторов солнечной энергии требуется знать угол высоты стояния солнца над горизонтом в полдень 21 декабря, в самый короткий день года (см. рисунок 3).

В утренней и вечерней фазе затенения избежать, конечно, нельзя, но этими потерями производительности можно пренебречь.

Исходя из этого, расстояние z между рядами коллекторов, м, можно определять по формуле [3]:

$$z = \frac{h \cdot \sin(180° - (\beta + \alpha))}{\sin \alpha} \quad (1)$$

где h – высота коллектора [3], м; β – угол наклона коллектора, град.; α – угол высоты стояния Солнца над горизонтом, град.

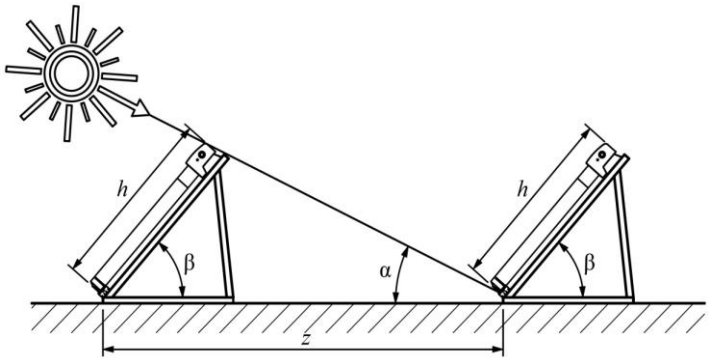


Рисунок 3 – Методика определения расстояния между рядами коллекторов [3]

Угол высоты стояния Солнца над горизонтом, α град., определяется по формуле [4]:

$$\alpha = 90° - \varphi + \delta \quad (2)$$

где φ – широта местности, где располагается объект, град.; δ – угол склонение солнца в данный день, град.

Угол склонения солнца в данный день определяется по формуле [5]:

$$\delta = 23{,}45 \cdot \sin(360 \cdot \frac{248+n}{365}) \quad (3)$$

где n – порядочный номер дня, отсчитанный от 1 января, день.

Наиболее перспективно использовать энергию гелиосистем, полученных в солнечных трубчатых коллекторах, в системах горячего водоснабжения абонентов, где имеется возможность аккумулирования тепловой энергии.

В отличие от традиционных систем теплоснабжения, при проектировании которых для выбора оборудования достаточно определить часовые расходы теплоты, при расчёте солнечной системы теплоснабжения необходимо вычислить месячные расходы теплоты. Согласно [5] месячные расходы теплоты на горячее водоснабжение при наличии баков-аккумуляторов, МДж/мес., определяются по формуле:

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{мес}} = Q_{\text{гвс}}^{\text{сут}} \cdot n_{\text{д}} \quad (4)$$

где $Q_{\text{гвс}}^{\text{мес}}$ – суточные расходы теплоты на горячее водоснабжение, МДж/сут.; $n_{\text{д}}$ – число дней в данном месяце.

Суточные расходы теплоты на горячее водоснабжение при наличии баков-аккумуляторов, МДж/сут., определяются по формуле:

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{сут}} = c_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot G_{\text{гвс}}^{\text{сут}} \cdot (T_{\text{г.в.}} - T_{\text{х.в.}}) \quad (5)$$

где $c_{\text{ж}}$ – удельная массовая теплоемкость воды, МДж/(кг ºС); $\rho_{\text{ж}}$ – плотность воды, кг/м3; $G_{\text{гвс}}^{\text{сут}}$ – расчетный средний суточный расход воды, принимается согласно данным на проектирование, м3; $T_{\text{г.в.}}$ – температура воды, поступающей в систему ГВС, принимается ниже 60 ºС; $T_{\text{х.в.}}$ –

температура холодной водопроводной воды: для лета +15 ºС, для межсезонья +10 ºС, для зимы +5 ºС.

Требуемое количества солнечных коллекторов для обеспечения требуемой тепловой нагрузки на горячее водоснабжение определяется для каждого месяца:

$$N = \frac{F_{\text{кол}}}{f_{\text{абс}}} \quad (6)$$

где $F_{\text{кол}}$ – требуемая площадь коллекторов для обеспечения требуемой тепловой нагрузки на ГВС, м2; $f_{\text{абс}}$ – площадь абсорбера коллектора, м2.

Требуемая площадь коллекторов солнечной энергии для обеспечения требуемой тепловой нагрузки на ГВС определяется для каждого месяца:

$$F_{\text{кол}} = \frac{Q_{\text{гвс}}^{\text{мес}} \cdot 10^6}{I_{\text{кол}}^{\text{мес}} \cdot 3600} \quad (7)$$

где $Q_{\text{гвс}}^{\text{мес}}$ – месячные расходы теплоты на горячее водоснабжение, МДж/мес.; $I_{\text{кол}}^{\text{мес}}$ – месячная суммарная солнечная радиация полезно воспринимаемая 1 м2 коллектора при $I_{\text{сум}\,\beta}$, Вт/(м2·мес).

В качестве заключения по проведенным исследованиям авторы отмечают, что применение гелиосистем имеет широкие перспективы в массовом строительстве в южных районах Российской Федерации: в Краснодарском крае, Крыму и пр., особенно в системах горячего водоснабжения, системах подогрева бассейнов и в теплонасосных системах отопления.

Список использованных источников

1. Каргиев, В. М. Солнечное тепло: горячее водоснабжение и отопление с вакуумными солнечными коллекторами / В. М. Каргиев // Сантехника. – 2019. – № 4. – С. 44-57. *https://elibrary.ru/puztlc*

2. Корнилова, М. В. Плоский солнечный коллектор, как один из альтернативных вариантов преобразования солнечной энергии / М. В. Корнилова, Т. В. Антончик // Новые задачи технических наук и пути их решения : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Самара, 13 мая 2017 года. – Самара: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2017. – С. 150-152. *https://elibrary.ru/ynnvml*

3. Касимов, Ф. Ш. Расчет коэффициента тепловой эффективности приемника солнечных водонагревательных коллекторов с донным поглощением солнечного излучения / Ф. Ш. Касимов, Р. Р. Авезов // Введение в энергетику : сборник материалов II Всероссийской (с международным участием) молодежной научно-практической конференции, Кемерово, 23–25 ноября 2016 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2016. – С. 24. *https://elibrary.ru/ygedrf*

4. Митрофанов, Д. М. Применение солнечных коллекторов для подогрева воды в бассейне / Д. М. Митрофанов, О. В. Наумова // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения : Материалы IX Национальной конференции с международным участием, Саратов, 11–12 апреля 2019 года / Под ред. Ф.К. Абдразакова. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2019. – С. 204-207. *https://elibrary.ru/wbdgbr*

5. Рахимбулов, В. Е. Достижения в технологии сбора солнечной энергии на основе поверхностных коллекторов солнечного поглощения / В. Е. Рахимбулов, И. Д. Явнов, И. В. Шостак // Вестник науки. – 2024. – Т. 2, № 6(75). – С. 2281-2288. *https://elibrary.ru/gaqcwi*

УДК 697.92:621.38:004.4

Аппаратно-программный комплекс для современной «Умной бани»

Захарова П.П., студент колледжа; Гаврикова Т.А., канд. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: gavrikova-tatjana-1@ya.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Статья посвящена русской бане, как неотъемлемой части русской культуры. Описаны современные тенденции строительство бань, особое внимание уделено конструктивным особенностям бань для индивидуального использования. Подчёркивается важность правильного выбора и монтажа печного оборудования, а также соблюдения правил эксплуатации для предотвращения неэффективных затрат и возможных последствий для здоровья. Проведён анализ существующих технических решений обеспечения контроля параметров воздуха и предложен новый вариант программно-аппаратного комплекса на базе микроконтроллера ATmega328P-PU («Ардуино нано») с использованием датчиков температуры, влажности, углекислого газа, движения и других элементов. Комплекс обеспечивает мониторинг и автоматическое регулирование ключевых параметров воздуха, сигнализацию при отклонениях, а также возможность настройки таймеров для управления оборудованием. Приведён пример реализации макета комплекса в проекте бани из ПВХ-панелей с размещением всех элементов разработанной системы.

Ключевые слова русская баня, безопасная эксплуатация, контроль параметров воздуха, контроллер, программно-аппаратный комплекс.

Русская баня – это неотделимая часть нашей русской культуры и народа, которая сохранилась до наших дней. В такой бане очень высокая влажность (достигает 100%), а температура воздуха, как правило, выше 60°С. Баня для многих является источником здоровья, а также местом отдыха и общения [1]. Поэтому популярность русской бани в настоящее время не уменьшается: строятся они не только индивидуальными застройщиками, сегодня востребованы банные комплексы на загородных базах отдыха, а также в черте города Нижнего Новгорода, например, в аквапарке «Океанис». Кроме того, можно арендовать баню, к примеру, на выходные: ее надежно закрепляют на прицепе, привозят на частную территорию (представлено на рис.1).

Конструктивно бани для индивидуального использования представляют собой небольшое по площади здание, часто в виде деревянного сруба. Однако, для возведения такой бани требуется устройство массивных фундаментов и монтаж печного оборудования. Для тех, кто не имеет возможности разобраться во всех конструктивно-технологических ее особенностях, производятся бани-бочки, полностью готовые к эксплуатации (представлено на рис. 2). Современное печное оборудование более удобно в обслуживании и безопаснее, чем русская печь, которая традиционно возводилась в банях. Однако, к сожалению, если пренебрегать правилами эксплуатации бани, возможны не только неэффективные затраты ресурсов, но трагические ситуации, связанные с вредом для здоровья.

Рисунок 1 – Современные баня на прицепе (Источник: [2])

Рисунок 2 – Современная русской бани «под ключ» (Источник: [3])

Технические проблемы могут быть связаны с отсутствием водоснабжения, электричества, недостаточной вентиляцией помещений, а также с недостаточным отоплением. В частности, важным является поддержание комфортной влажности в помещении бани не менее 80%, а из-за неисправно работающей вентиляции и засоренного дымохода внутри парилки может накапливаться токсичный угарный газ, образующийся при сжигании дров, что при определенных концентрациях в воздухе может привести к летальному исходу. Особенно опасны частные парные, где часто экономят на безопасности. Анализ существующих проблем при эксплуатации таких зданий показал, что есть на сегодняшний день существует потребность в техническом оснащении бань, с целью снижения рисков для здоровья людей и обеспечения комфортного пребывания в бане.

На сегодняшний день, известны аналоги разработанной системы. Например, контроллер для сауны ST-380: управляет влажностью, освещением, вентиляцией и температурой в помещении, но не измеряет содержание углекислого газа. Другим примером является, Контроллер ZL-7801A, применяющийся в саунах и банях, с помощью которого контролируется температура, влажность и вентиляция, но он не регулирует освещенность и не измеряет содержание углекислого газа в воздухе [4].

Поэтому целью работы стало создание специального аппаратно-программного комплекса для бани, использование которого будет способствовать решению проблемы безопасности эксплуатации бани.

Предлагается осуществлять управление параметрами датчиков в бане на базе платы микроконтроллера ATmega328P-PU «Ардуино нано». Кроме этого необходимы: инфракрасный датчик углекислого газа MN-Z19, цифровой датчик температуры и влажности DHT11, релейные датчики (2 шт), инфракрасный датчик движения HC-SR501, датчик управления нагрузками DS3231, блок питания, провода, переключатель. Принцип работы котроллера заключается в обработке данных по нескольким показателям: температуры, влажности и содержания в воздухе углекислого газа. При нарушении значений показателей датчик сигнализирует звуковым сигналом и при необходимости включает вентилятор, регулирует температуру воздуха [4-6]. Примерный перечень элементов разработанного комплекса и их примерная стоимость приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Стоимость компонентов аппаратно-программный комплекса для «умной бани»

№	Наименование	Количество	Цена	Сумма
1	Инкодер	1	74	74
2	Печ.плата LCD2004-12C	1	3000	3000
3	Плата Арудино нано	1	206	206
4	Провода х20	1	100	100
5	Дисплей LCD2004	1	300	300
6	Переключатель	1	100	100
7	Датчик CO2 MH-Z19	1	1900	1900
8	Релейный датчик 2х	2	600	600
9	Датчик движения HC-SR501	1	60	60
10	Датчик температуры и влажности ZONT МЛ-745	1	4500	4500
11	Блок питания	1	440	440
12	Датчик, управляющий нагрузками DS3231	1	120	120
ИТОГО:				11400

На примере одного из проектов бани был сконструирован макет из ПВХ-панелей (представлено на рис.3) и предложен вариант размещения всех элементов аппаратно-программного комплекса (представлено на рис.4).

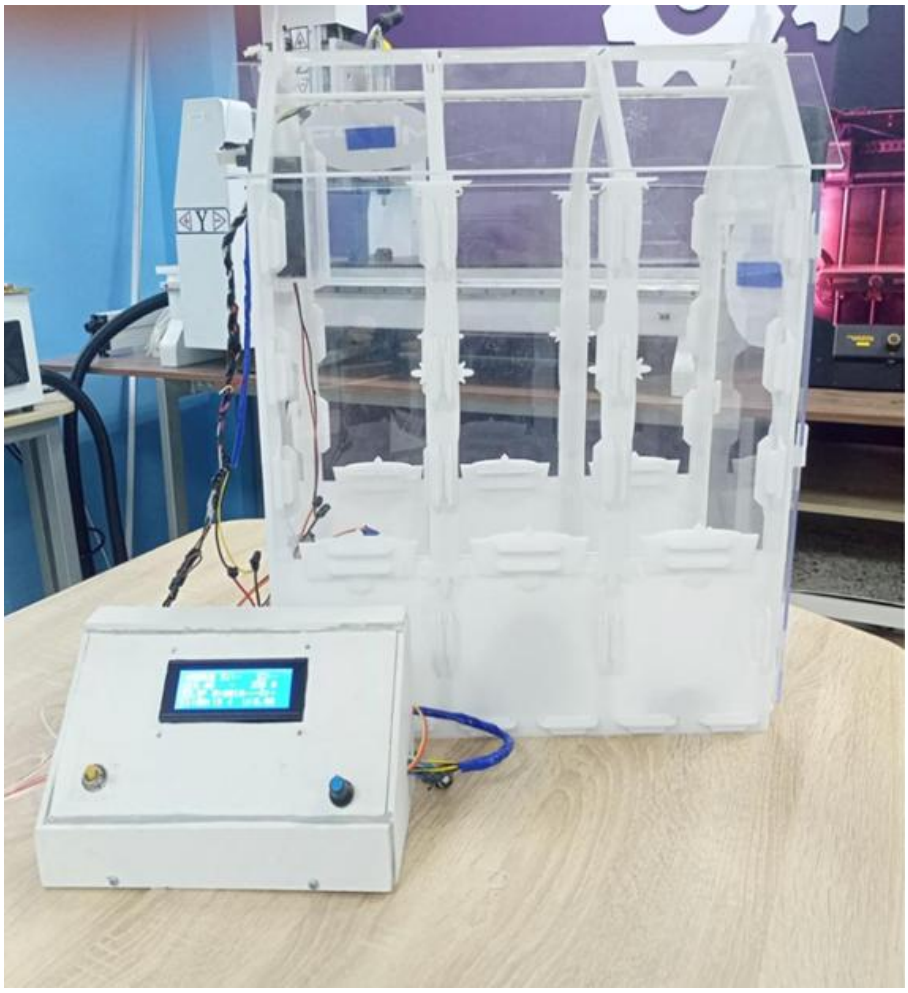


Рисунок 3 – Макет бани, оснащенной аппаратно-программным комплексом (Источник: Составлено автором)

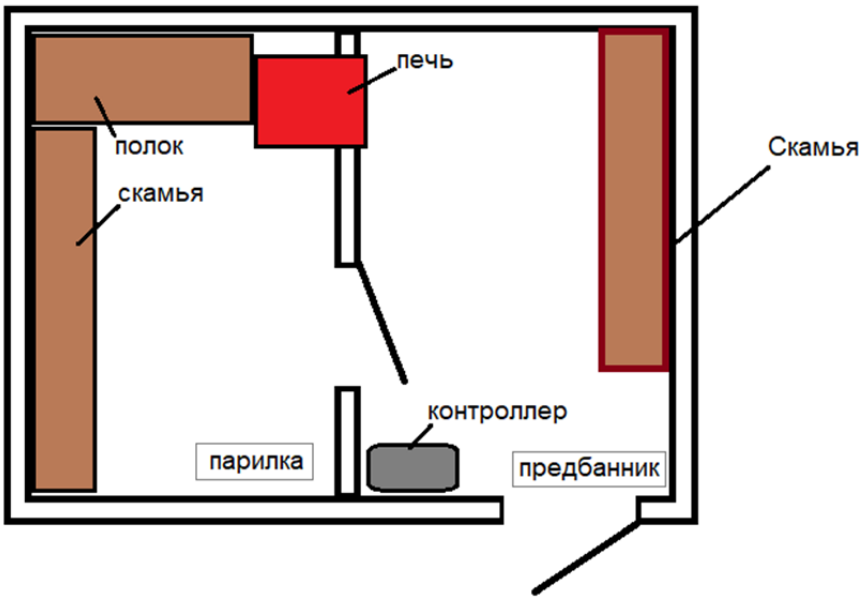


Рисунок 4 – Пример размещения элементов аппаратно-программного комплекса в бане (Источник: Составлено автором)

Таким образом, авторами был создан прототип аппаратно-программный комплекса для бани, в функции которого входит: регулирование температуры и влажности воздуха, контроль концентрации углекислого газа в помещениях. Использование датчика времени в структуре данного комплекса позволит настраивать таймер, например, для включения подогрева воды в баке.

Список использованных источников

1. Неумывакин И.П. Баня. Лечебный эффект: мифы и реальность – СПб.:«Издательство «ДИЛЯ», 2010 – 224 с.

2. Деревня Усадьба. Баня-бочка в аренду на любой срок в Томске. // Деревенская усадьба [сайт] – URL: *https://usadba.tomsk.ru/banya-bochka-v-arendu-na-lyuboj-srok-v-tomske* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

4. Каталог. Викинг-бани // Строй Баня Бочка [сайт] – URL: *https://bani-bochki-nn.ru/viking-bani* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

4. Зудин, В. Л. Датчики: измерение перемещений, деформаций и усилий: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Л. Зудин, Ю. П. Жуков, А. Г. Маланов. – 2-е изд. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. –201 с.

5. Кувшинов, Д. Р. Основы программирования: учебное пособие для среднего профессионального образования / Д. Р. Кувшинов. – URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/36125/1/978-5-7996-1411-9_2015.pdf (дата обращения: 15.09.2023). – Текст : электронный.

6. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino: Пер. с нем. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб: БХВ– Петербург, 2017. – 256 с.

УДК 628.517.2

Применение пылеуловителей в системах промышленной вентиляции

Зеленов И.С., студент*

* Ответственный за переписку: zelenov-03@inbox.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена вопросам защиты воздушного бассейна от выбросов промышленных предприятий. Рассмотрена классификация пылеулавливающих устройств, применяемых для очистки воздуха от вредных примесей, их технические и технологические особенности. Приведены преимущества и недостатки пылеочистных устройств сухого, мокрого и электростатического принципа действия.

Ключевые слова: пылеуловители, методы очистки, промышленная вентиляция, скруббер

Научный руководитель – заведующий кафедрой отопления и вентиляции ННГАСУ, доктор техн. наук, доцент Бодров Михаил Валерьевич

Благодарности. Исследование выполнено в рамках конкурса «Амбассадоры науки», проводимого в рамках программы развития ННГАСУ, реализуемой по программе академического лидерства «Приоритет 2030».

Повышение комфортности микроклимата на рабочих местах и снижение загрязнения атмосферы в настоящее время являются двумя взаимосвязанными и весьма актуальными задачами. Для предотвращения загрязнения атмосферного воздуха, источники загрязнений, имеющиеся в производственных помещениях, локализуют с помощью местных отсосов, а удаляемый через них воздух перед выбросом наружу очищают в пылеуловителях. Универсальных пылеулавливающих устройств, пригодных для любых видов пыли и для любых начальных концентраций, не существует, поэтому каждое из устройств пригодно для определенного вида пыли, начальной концентрации и имеет требуемую технологическую эффективность очистки.

Очистка воздуха от пыли может быть грубой, средней и тонкой. При грубой очистке воздуха задерживается крупная пыль (с размером частиц >50 мкм). Такую очистку можно использовать как предварительную для сильно запыленного воздуха при многоступенчатой очистке. При средней очистке задерживается пыль с размером частиц до 50 мкм, а при тонкой – пыль с размером частиц менее 10 мкм.

Исходя из способа отделения пыли от воздуха применяют: сухие и мокрые пылеуловители, а также электрофильтры.

Широкое распространение в области сухого пылеулавливания с грубой и средней очисткой воздуха от крупных частиц (стружка, опилки, песок, цемент) обрели циклонные пылеуловители. Циклоны обладают простым устройством, надежностью и простотой конструкции, высокими экономическими показателями, имеют сравнительно небольшое гидравлическое сопротивление (750….1000 Па).

Принципиальная схема технического устройства циклонного пылеуловителя представлена на рисунке 1.

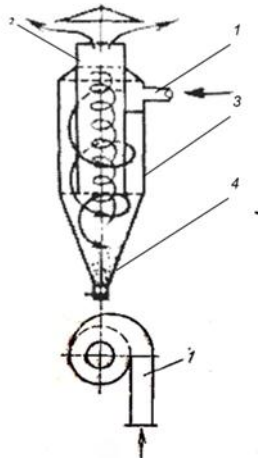


Рисунок 1 – Принципиальная схема циклонного пылеуловителя [1]

Принцип работы циклонного пылеуловителя основывается на использовании центробежной силы, которая возникает в результате закручивания запыленной среды внутри рабочей камеры. Попадая в циклон по касательной через входной патрубок 1, воздушный поток приобретает вращательное движение по спирали и, опустившись в низ конической части корпуса 3, выходит наружу через центральную трубу 2. Под действием центробежных сил частицы отбрасываются к стенке циклона и опускаются в нижнюю часть циклона, а оттуда затем в пылесборник 4. Поскольку эффективность очистки увеличивается при уменьшении диаметра циклона, то обычно вместо одного циклона большого размера ставят параллельно два и более циклонов меньших размеров [2].

Важно отметить, что очистка загрязненного воздуха в циклоне не позволяет добиться улавливания тонких фракций пыли. Для этого используют дополнительное улавливание пылевых частиц в рукавных фильтрах, мокрых пылеуловителях, электрофильтрах и др.

Фильтрацией называется процесс очистки газов от взвешенных частиц с помощью пористых сред. Осаждение частиц в этом случае происходит под влиянием механизмов: броуновской диффузии, эффекта зацепления, инерционных и электростатических сил. Уловленные в процессе фильтрации частицы по мере накопления образуют в объеме фильтрующего материала пылевой слой и становятся для вновь поступающих частиц частью фильтрующей среды.

С одной стороны, это повышает эффективность пылеулавливания, с другой – приводит к постепенному снижению газонепроницаемости (воздухонепроницаемости) фильтра. Последнее обстоятельство вызывает необходимость периодической регенерации фильтрующего материала. Регенерация возможна путем замены забитого пылью фильтра или повторного снаряжения его новым материалом так и посредством периодического механического разрушения и частичного удаления осадка с поверхности фильтрующего слоя.

Для очистки технологических газов и аспирационного воздуха обычно применяются тканевые (рукавные) и зернистые фильтры [3].

Рукавный фильтр, представленный на рисунке 2, является одним из самых эффективных аппаратов очистки сильно запыленных газов. Он состоит из корпуса прямоугольной или круглой формы, бункера, фильтровальных рукавов, специальных клапанов и устройства управления регенерации. Регенерацию рукавов проводят после предельного накопления величины пыли на фильтровальной поверхности рукава.

Рисунок 2 – Принципиальная схема рукавного фильтра [1]

Рукавные фильтры предназначены для очистки пылегазовоздушных потоков с исходной запыленностью до 100 г/м3. Запыленность на выходе после процесса фильтрации составляет не более 10 мг/м3, чистота воздуха после очистки более 99 %, а минимальный размер осаждаемых частиц до 0,05 мкм. Так пыль и взвешенные частицы после фильтрации газа оседают на фильтровальной поверхности рукава, то возможность очистки сильно увлажненных газов исключена из-за прилипания частиц к поверхности рукава и друг к другу. Вследствие этого ухудшается фильтровальная способность рукава, а процесс регенерации придется проводить после полной просушки фильтра. Так же исключена возможность очищать горячие газы до температуры 130-200 градусов, так как фильтровальный рукав может сгореть или расплавиться.

Достаточно широкое применение для очистки газов и воздуха от мелкодисперсных пылей с диаметром частиц $d_ч \geq 0{,}3...1{,}0$ мкм, а также для очистки от пыли взрывоопасных и имеющих высокую температуру газов нашли мокрые пылеуловители.

Мокрые пылеуловители работают по принципу увлажнения частиц, укрупняющихся в процессе движения и легко отделяющихся от воздуха. Другой принцип работы мокрых пылеуловителей состоит в коагуляции частиц пыли с каплями жидкости, их осаждения и удаления вместе с жидкостью. Во всех случаях очистки газа в мокрых пылеуловителях важным фактором является смачиваемость частиц жидкостью: чем больше смачиваемость, тем эффективнее процесс очистки [4].

Среди аппаратов мокрой очистки с осаждением частиц пыли на поверхность капель наибольшее распространение получили скруббер Вентури, представлен на рис. 3

Основная часть скруббера – сопло Вентури 2, в которое подводится запыленный поток газа, а через центробежные форсунки 1 – жидкость на орошение. В конфузорной части сопла происходит разгон газа от входной скорости $\omega = 15...20$ м/с до скорости 30...200 м/с и более в узком сечении сопла.

Процесс осаждения частиц пыли на капли жидкости обусловлен массой жидкости, развитой поверхностью капель и высокой относительной скоростью частиц жидкости и пыли в конфузорной части сопла. В диффузорной части сопла скорость потока падает до 15...20 м/с. Каплеуловитель 3 обычно выполняют в виде прямоточного циклона. Удельный расход воды на орошение при этом составляет 0,1...6,0 л/м3.

Скрубберы Вентури обеспечивают высокую эффективность очистки аэрозолей со средним размером частиц 1...2 мкм при начальной концентрации примесей до 100 г/м3.

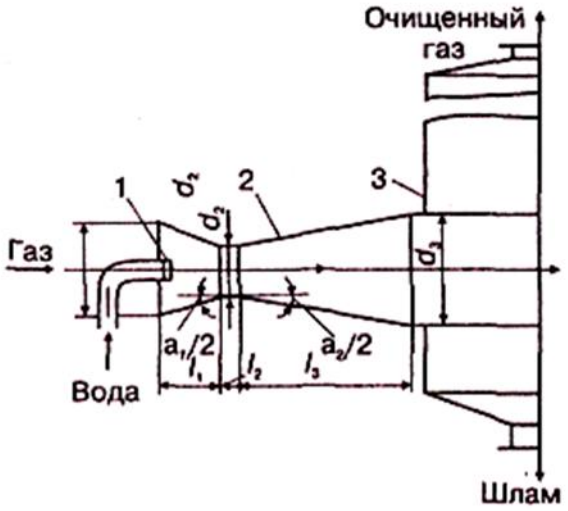


Рисунок 3 – Общий вид и конструкция скруббера Вентури: 1 – форсунки; 2 – сопло Вентури; 3 – каплеуловитель [1]

Широкое применение электрофильтров для улавливания твердых и жидких частиц обусловлено их универсальностью и высокой степенью очистки газов при сравнительно низких энергозатратах (рисунок 4). Установки электрической очистки газов работают с эффективностью до 99%, а в ряде случаев и до 99,9%, причем улавливают частицы любых размеров, включая и субмикронные, при концентрации частиц в газе до 50 г/м³ и выше [5,6].

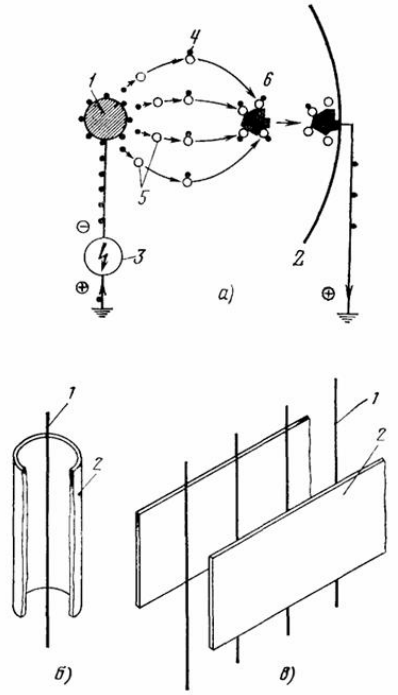


Рисунок 4 – Принципиальная схема работы электрофильтра: а – процесс электрического осаждения частиц; б – электрофильтр с трубчатым электродом; в – электрофильтр с пластинчатыми электродами; 1 – коронирующий электрод; 2 – осадительный электрод; 3 – агрегат электропитания; 4 – электрон; 5 – молекула газа; 6 – осаждаемая частица [1]

Промышленные электрофильтры применяются в диапазоне температур до 400…450 °С, в некоторых случаях и при более высоких температурах, а также в условиях воздействия различных коррозионных сред. Электрофильтры могут работать как под разрежением, так и под давлением очищаемых газов. Системы пыле– и золоулавливания с применением электрофильтров могут быть полностью автоматизированы.

Электрофильтры отличаются относительно низкими эксплуатационными затратами. Гидравлическое сопротивление правильно спроектированного электрофильтра не превышает 100–150 Па, т. е. является минимальным по сравнению с другими газоочистными аппаратами, затраты электроэнергии составляют обычно 0,36–1,8 МДж (0,1…0,5 кВт·ч) на 1000 м³ газа [6].

Процесс электрогазоочистки можно разделить на следующие стадии: зарядка взвешенных в газе частиц, движение заряженных частиц к электродам, осаждение частиц на электродах, удаление осажденных частиц с электродов.

Практика промышленного пылеулавливания свидетельствует о том, что ни один из перечисленных аппаратов не является универсальным решением для всего спектра технологических задач. В связи с этим наиболее эффективным подходом является применение многоступенчатых комбинированных схем очистки, в которых аппараты различных типов дополняют друг друга.

Список использованных источников

1. Минко, В. А. Обеспыливающая вентиляция / В. А. Минко ; В. А. Минко, И. Н. Логачев, К. И. Логачев ; под общ. ред. В. А. Минко. – Москва : Теплотехник, 2009. – 21 с. – ISBN 5-98457-089-0. *https://elibrary.ru/qnoigh*

2. Литвинова, Н. А. Повышение качества очистки приточного воздуха помещений при проектировании зданий / Н. А. Литвинова, В. Н. Азаров. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2023. – 174 с. – ISBN 978-5-9961-3216-4. *https://elibrary.ru/lvwonq*

3. Литвинова, Н. А. Улучшение качества воздушной среды помещений с учетом качества наружного воздуха / Н. А. Литвинова. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2019. – 160 с. – ISBN 978-5-9961-2097-0. *https://elibrary.ru/kvzqtv*

4. Кочетов, О. С. Варианты вихревых пылеуловителей для очистки вентиляционных выбросов промышленных предприятий с газопромывателем во второй ступени очистки / О. С. Кочетов // Формирование и развитие новой парадигмы науки в условиях постиндустриального общества : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Ижевск, 01 сентября 2021 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2021. – С. 11-13. *https://elibrary.ru/miffoj*

5. Трушков, Ю. Ю. Использование гидрофильтра при очистке вентиляционных выбросов в системе городской канализации / Ю. Ю. Трушков, А. В. Гришкова, А. Ю. Трушков // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : Материалы XXIII Международной научной конференции, Душанбе, 18–24 сентября 2025 года. – Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2025. – С. 281-287. *https://elibrary.ru/txmgrl*

6. Ватузов, Д. Н. Совершенствование устройств очистки вентиляционных выбросов загрязняющих веществ при производстве изделий из пластмасс / Д. Н. Ватузов, С. М. Пуринг, И. А. Хурин // Экология и промышленность России. – 2013. – № 8. – С. 22-26. *https://elibrary.ru/qzmtdt*

УДК 697.1:694

Особенности проектирования инженерных систем жилых деревянных многоэтажных домов

Калашнёв И.Э., студент; Козлов С.С., ст. преподаватель*

* Ответственный за переписку: golovilyaa@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрены современные технологии многоэтажного деревянного домостроения (CLT-панели, LVL-брус) и их влияние на проектирование внутренних инженерных систем. Проанализированы ограничения, связанные с конструктивными особенностями древесины: усадка, воздухопроницаемость и пожароопасность. Выявлены ключевые требования к монтажу систем отопления и вентиляции в зданиях из клееных деревянных конструкций. Предложены технические решения для обеспечения надежности и пожарной безопасности инженерных коммуникаций в высотных деревянных зданиях.

Ключевые слова: многоэтажное деревянное домостроение, CLT-панели, LVL-брус, отопление, вентиляция, инженерные системы, пожарная безопасность.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры отопления и вентиляции ННГАСУ Козлов Сергей Сергеевич

Введение

Современное деревянное домостроение переживает технологическую революцию. Появление LVL-бруса (Laminated Veneer Lumber – клееный однонаправленный шпон) и CLT-панелей (Cross Laminated Timber – перекрестно-клееная древесина) позволяет возводить здания высотой до 28 метров и более, что было невозможно с использованием традиционного бруса или бревна [1, 2]. Однако проектирование инженерных систем (отопления и вентиляции) в таких зданиях сталкивается с рядом специфических ограничений, отсутствующих в бетонных или кирпичных аналогах.

Цель работы: выявить особенности и разработать рекомендации по проектированию систем отопления и вентиляции для многоэтажных жилых домов из клееных деревянных конструкций (CLT, LVL).

Материалы и методы

Теоретической базой послужили научные статьи по прочностным свойствам LVL [3], анализу соединений [4], обзору мирового опыта высотного деревянного строительства [1, 5] и технологиям монтажа [6, 7].

Методология исследования основана на анализе нормативных требований (СП 60.13330, СП 64.13330) и их сопоставлении с физико-механическими характеристиками материалов (CLT, LVL). В работе использован метод структурного анализа типовых инженерных решений. В ходе подготовки статьи для анализа структуры и синтеза данных применялись инструменты искусственного интеллекта (ChatGPT-4), которые использовались как вспомогательный

инструмент для форматирования библиографии и первичной группировки технических требований, отраженных в разделе «Обсуждение».

Результаты и обсуждение

Анализ мирового опыта (Великобритания, Норвегия, Канада) показывает, что здания из CLT и LVL имеют специфические физические параметры, критичные для проектирования ОВ (Отопления и вентиляции):

CLT-панели и LVL-брус имеют остаточную влажность 8–12%, что дает минимальную усадку (0,1–0,2%) против 3–5% у массива. Однако при проходе через конструкции вертикальных стояков (отопления, вентиляции) требуется компенсация сдвигов (гильзы, скользящие опоры), чтобы исключить заклинивание труб при колебаниях влажности [2, 6].

В отличие от бетона, дерево «дышит». Панели CLT обладают высокой герметичностью стыков (системы «шип-паз» с уплотнителями), но требуют принудительной приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла, так как естественная вентиляция через поры стены недостаточна для многоэтажного дома и приводит к теплопотерям [5].

Основная проблема: при возгорании пластиковых вентиляционных коробов или протечке теплоносителя риск распространения пламени по этажам высок. Древесина, в отличие от стали, обугливается (до 0,5 мм/мин), сохраняя несущую способность до 60–90 минут (R60-R90 для CLT) [7]. Однако в месте прохода труб через перекрытия обязательна установка противопожарных муфт и гильз, исключающих прямой контакт полимеров с деревом [1].

В зданиях из LVL и CLT предпочтительны системы «теплый пол» (водяной или электрический) или радиаторное отопление с нижней разводкой.

Ключевые ограничения:

– Запрещена открытая прокладка магистралей в стенах (нельзя штробить CLT-панели, так как это нарушает несущую способность перекрестно-клееной структуры).

– Стояки и разводки монтируются в специальных инженерных шахтах (коробах), отделенных от деревянных конструкций негорючими материалами (базальтовое волокно, гипсоволокнистые листы) [4].

– Крепление труб к LVL-балкам выполняется только через эластичные прокладки для компенсации теплового расширения и вибраций.

Поскольку герметичность CLT-панелей высока (до 0,1 $м^3/(м^2 \cdot ч)$), для обеспечения воздухообмена необходимы механические системы с рекуперацией. При этом воздуховоды рекомендуется выполнять из стали (класс пожарной опасности К0) вместо пластика.

Рекомендации по проектированию:

– Воздуховоды размещать между подвесным потолком и CLT-перекрытием, с обязательной термо– и звукоизоляцией (чтобы исключить мостики холода и «барабанный» шум).

– Вентблоки не должны пересекать несущие LVL-балки без предварительного расчета ослабления сечения. Предпочтительно использовать распределенные воздуховоды в фальшполах или коробах вдоль стен [3, 6].

Заключение

Проектирование систем отопления и вентиляции в деревянных многоэтажных домах требует отказа от традиционных «каменных» решений в пользу адаптированных «шахтно-коробчатых» схем. Основные выводы:

Применение CLT и LVL требует стопроцентного разделения инженерных коммуникаций и несущих конструкций (запрет штробления).

Приоритетом является использование стальных воздуховодов и водяных теплых полов вместо открытого монтажа радиаторов под окнами.

Стыки проходов через перекрытия требуют усиленной противопожарной защиты (сертифицированные муфты с пределом огнестойкости EI 120).

Дальнейшее развитие нормативной базы (СП, ГОСТ) необходимо для учета коэффициентов температурно-влажностной деформации LVL/CLT при расчетах стояков в зданиях выше 5 этажей.

Список использованных источников

1. Многоэтажное деревянное строительство / И.Н. Бойтемирова, Е.П. Паутова, Е.А. Артамонова // Государственный университет по землеустройству. – 2022. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/mnogoetazhnoe-derevyannoe-stroitelstvo* (дата обращения: 08.04.2026). – Текст : электронный.

2. Перспективы использования деревянных конструкций в высотном домостроении / Е.П. Сливец // Вопросы развития современной науки и техники. – 2021. – № 5. – С. 191-202. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-derevyannyh-konstruktsiy-v-vysotnom-domostroenii*.

3. Отечественный опыт применения LVL-бруса в несущих конструкциях / А.П. Малышкин, О.М. Максимова // Вестник Евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – № 5. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/otechestvennyy-opyt-primeneniya-lvl-brusa-v-nesuschih-konstruktsiyah*.

4. Исследование прочностных свойств нагельных соединений в конструкциях из клееного однонаправленного шпона (LVL) / Е.А. Ростовщикова, В.Е. Тимофеев // Архитектура. – 2023. – С. 152-158. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-prochnostnyh-svoystv-nagelnyh-soedineniy-v-konstruktsiyah-iz-kleenogo-odnonapravlennogo-shpona-lvl*.

5. Современные технологии возведения многоэтажных деревянных домов / Л.А. Коклюгина, А.В. Коклюгин, Л.Р. Гимранов [и др.] // Известия КГАСУ. – 2019. – С. 231-238. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tehnologii-vozvedeniya-mnogoetazhnyh-derevyannyh-domov*.

6. Современные технологии деревянного домостроения. Массивные деревянные панели / А.В. Решетников, Г.Д. Макаридзе // GOLOOUUM. – 2019. – № 13(37). – С. 48. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tehnologii-derevyannogo-domostroeniya-massivnye-derevyannye-paneli*.

7. Развитие рынка деревянного домостроения. Пути выхода из кризиса / В.С. Медведев, М.Г. Медведева, Н.В. Куликова // МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2023. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-rynka-derevyannogo-domostroeniya-puti-vyhoda-iz-krizisa*.

УДК 628.336.6 : 628.81

Основы применения биогаза в сельском хозяйстве

*Конева К.С. студент; Бодров М.В. *, зав. кафедрой отопления и вентиляции, докт. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: tes84@inbox.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье приводятся основы получения биогаза в промышленных установок, основные химические особенности брожения субстрата и технологические особенности биогазовых установок. Даны основы энергетического расчета применения биогаза, а также способы использования биогаза в сельском хозяйстве нашей страны. Приведены методы повышения коэффициента полезного действия биогазовых комплексов в круглогодичном цикле эксплуатации.

Ключевые слова: биогаз, метатенк, энергетическая эффективность биогазовой установки.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках конкурса «Амбассадоры науки», проводимого в рамках программы развития ННГАСУ, реализуемой по программе академического лидерства «Приоритет 2030».

Биогаз как органическое соединение возникает вследствие разлагания органической субстанции бактериями. Разные группы бактерий разлагают органические субстраты, состоящие преимущественно из воды, белка, жира, углеводов и минеральных веществ на их первичные составляющие – углекислый газ, минералы и воду. Как продукт обмена веществ, при этом образовывается смесь газов, получившая название биогаз.

Доля горючего метана составляет от 10 до 88 % и он является основным органическим компонентом биогаза, а значит и основным энергосодержащим компонентом. Такой естественный процесс разложения возможен лишь в анаэробных условиях, то есть при полном отсутствии проникновения кислорода (окисления). Энергия, освобождающаяся вследствие анаэробного процесса не теряется, она превращается в молекулы метана. Некоторые субстраты оказались наиболее подходящими для такого процесса. Текучие, кашеобразные и вообще субстраты, задерживающие значительное количество воды, наилучшим образом подходят для процесса брожения, поскольку в них можно легко выдержать анаэробные условия.

Газ метан, содержащийся в биогазовой смеси, имеет минимальную энергетическую ценность от 10 кВт на м³ (применительно к чистому метану) и является таким же горючим газом, как и природный газ [1].

Энергия, полученная из биогаза, принадлежит к возобновляемой, поскольку происходит из органического возобновляемого субстрата. Кроме того, энергетическое использование биогаза по сравнению со сжиганием природного газа, сжиженного газа, нефти и угля является нейтральным по отношению к образованию углеродного следа, поскольку выделяемый углекислый газ пребывает в пределах естественного круговорота углерода и потребляется растениями на протяжении вегетационного периода.

На рисунке 1 авторами представлена технология разложения органического субстрата, состоящая из 4 основных этапов.

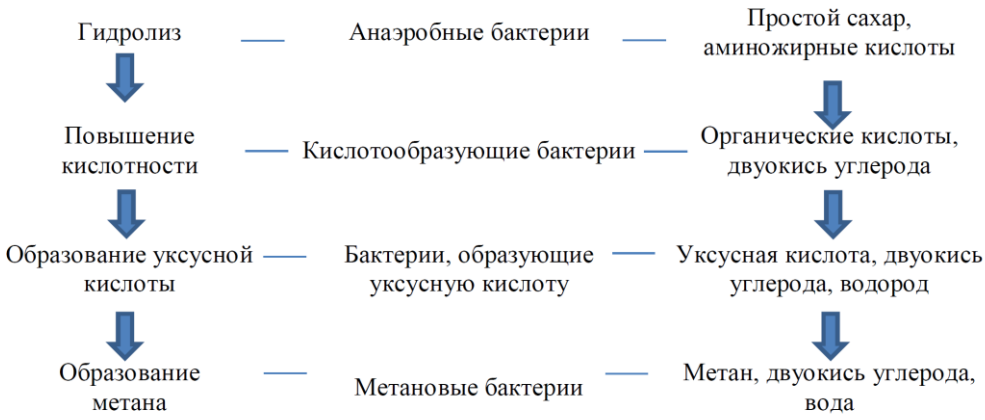


Рисунок 1 – Основные этапы технологии разложения органического субстрата, (составлено авторами)

В большинстве биогазовых установок процессы расщепления протекают параллельно, то есть они не разделены ни территориально, не во времени. Такие технологии называют одноступенчатыми. Для субстратов с быстрым расщеплением, которые из-за этого имеют склонность к окислению, рекомендуется для гидролиза и окисления предусмотреть отдельный резервуар, чтобы из него продукты разложения дозировано подавать в ферментатор (двухступенчатая технология).

Преимуществом является выдерживание эффективности работы бактерий через создание оптимальных условий жизнедеятельности (в первую очередь уровень pH). Не используемые газы благодаря такому разделу можно отделять через биофильтр, отделяя, таким образом, лишь газ с высоким содержанием метана. Хотя раздел фаз наилучшим образом соответствует условиям жизнедеятельности бактерий и имеет свои преимущества, такие двухступенчатые технологии не имеют большого распространения. Дополнительные потери на второй резервуар, на системы смешивания, отопления и насосы могут окупиться лишь для определенных видов субстратов. С другой стороны на практике достаточно часто можно найти два поочередно связанных между собой резервуара. В таких случаях первый резервуар выступает настоящим ферментатором, оборудован отоплением, мешалками, рассчитан на краткосрочное брожение и использование быстроразлагаемых субстратов. Во втором резервуаре, добавленном к первому и в принципе являющемуся ферментатором без отопления, происходит образование газа из субстратов, разлагающихся не так быстро, а соответственно и процесс брожения в нем длится дольше.

Основными элементами промышленных биогазовых установок являются: реактор (метантенк), газгольдер, систему перемешивания и нагреватель.

В горизонтальном или вертикальном реакторе (метатенке), являющимся полностью герметичной ёмкостью, осуществляется основной процесс метанового брожения органического вещества биологических отходов жизнедеятельности животных. В реакторе обитают колонии разных органических видов бактерий, которые разлагают бимассу и образуют метан. Находящаяся в реакторе масса постоянно перемешивается специальными мешалками в период от 16 до 45 суток в зависимости от используемой температуры процесса и от исходного органического сырья. Технологическая герметичность резервуара важна для предотвращения утечек биогаза и попадания воздуха, что может нарушить процесс его получения [2].

Газгольдером называется устройство накопления и хранения полученного в реакторе биогаза, который выступает в роли временного накопителя биогаза, а также выравнивает суточные «скачки» выработки биогаза биореактором.

В нашей стране в практике применения встречаются следующие типы газгольдеров:

1) низкого давления (как правило, пластиковая емкость);

2) среднего давления (металлический или из модифицированного каучука);

3) высокого давления (сферический резервуар, куда посредством компрессора биогаз закачивается из реактора).

Объём и физические габариты газгольдера подбираются в зависимости от энергетических задач дальнейшего использования биогаза.

Система перемешивания обеспечивает эффективное использование всего объёма реактора, исключает образование «мёртвых» зон, предотвращает расслоение донного осадка и образование корки, а также выравнивает температуру внутри агрегата. В настоящее врея используют следующие способы перемешивания: механические мешалки (рабочие органы приводятся в действие от электродвигателей); гидравлическое перемешивание (жидкость перекачивается по замкнутому контуру насосом) и пневматическое перемешивание (перемешивание обеспечивается пузырьками поднимающегося вверх биогаза).

Перемешивание может быть постоянным или периодическим в зависимости от режима работы реактора; рекомендуется медленно перемешивать сырьё через каждые 4…6 часов.

Нагреватель обеспечивает подогрев субстрата до нужной температуры, зависящей от выбранного режима сбраживания. При этом подогревать необходимо с некоторым «избытком», чтобы компенсировать трансмиссионные тепловые потери через стенки реактора в окружающую среду. Процесс подогрева осуществляется нагретой в теплообменниках до 60 °С водой теплофикационной водой, внешний обогрев следует применять только в сочетании с системой принудительной циркуляции субстрата. Потребная мощность нагревателя определяется исходя из теплового баланса конкретного биореактора в процессе работы установки [3].

Уравнение теплового баланса в метатенке имеет вид:

$$Q_{\text{тп}} = Q_{\text{п}} + Q_{\text{ос}} + Q_{\text{мех}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{п}}$ – расход тепла на подогрев биомассы до принятой температуры брожения и поддержания её в реакторе, Вт; $Q_{\text{ос}}$ – потери теплоты в окружающую среду через стенки рекатора, Вт; $Q_{\text{мех}}$ – расход энергии на перемешивание биомассы в процессе брожения, Вт.

Зависимость (1) справедлива для общего случая использования биогазовых установок (БГУ) для получения биогаза и биоудобрений.

Количество теплоты $Q_{\text{п}}$, МДж/сут, которое расходуется на подогрев биомассы, загруженной на протяжении суток, до температуры брожения $t_{\text{б}}$, ºС, определяется:

$$Q_{\text{п}} = m_{\text{сут}}^{\text{общ}} \cdot c_c \cdot (t_{\text{б}} - t_{\text{з.м}}), \quad (2)$$

где $m_{\text{сут}}^{\text{общ}}$ – суточная загрузка биомассы, кг, доведенной до влажности 90…92 %; c_c – теплоёмкость загружаемой в реактор биомассы, принимаем равной теплоёмкости воды, $c_c =$ 4,19 Кдж/(кг · °С); $t_{\text{б}}$ – принятая температура брожения биомассы, ºС (для мезофильного режима брожения принимается $t_{\text{б}}$ = 35…37 °С, для термофильного – $t_{\text{б}}$ = 55…57 °С); $t_{\text{з.м}}$. – температура загружаемой в реактор биомассы, ºС.

Тепловые потери от метантенка в окружающую среду $Q_{\text{ос}}$, Вт, определяется по формуле:

$$Q_{\text{ос}} = K \cdot F \cdot (t_{\text{б}} - t_{\text{о.с.}}), \quad (3)$$

где K – коэффициент теплопередачи от биомассы, находящейся в реакторе, в окружающую среду, Вт/м2·ºС; F – площадь наружной поверхности ректора, м2; $t_{\text{о.с.}}$ – температура окружающей среды, °С.

При расположении реактора под открытым небом, тепловые потери от метантенка Qос в окружающую среду определяют для самых холодного и теплого периодов года для установления энергетической эффективности создаваемой биогазовой установкой.

Расход энергии Qмех, Вт, на перемешивание биомассы в реакторе определяют по формуле:

$$Q_{\text{мех}} = g_{\text{норм}} \cdot V_{\text{з}} \cdot t_z, \quad (4)$$

где $g_{\text{норм}}$ – удельная нагрузка на механическую мешалку, Вт/(м3·час), принимается в диапазоне $g_{\text{норм}}$ = 50…80 Вт/(м3·час) [4]; $V_{\text{з}}$ – объем реактора заполненный биомассой, м3; t_z – продолжительность работы мешалки, час.

При периодичном перемешивании биомассы:

$$t_z = t'_z \cdot n', \quad (5)$$

где t'_z – продолжительность перемешивания за один раз; n' – число перемешиваний.

Тепловая энергия, получаемая из биогаза выделившегося за сутки Вб.г.с., МДж, составляет:

$$Q_{\text{б.г.с.}} = B_{\text{б.г.с.}} \cdot H_{\text{б.г.}}, \quad (6)$$

а за цикл:

$$Q_{\text{б.г.ц.}} = T_{\text{ц}} \cdot B_{\text{б.г.с.}} \cdot H_{\text{б.г.}}, \quad (7)$$

где $Q_{\text{б.г.с.}}$ и $Q_{\text{б.г.ц.}}$ – тепловая энергия биогаза выделяющегося за сутки и за цикл; $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла брожения, час; $B_{\text{б.г.с.}}$ – низшая теплота сгорания неочищенного биогаза, по справочным данным $H_{\text{б.г.}}$= 21…22 МДж/м3 (6000…7000 ккал/м3).

Общая суточная выработка энергии БГУ, МДж:

$$Q^{\text{сут}}_{\text{б.г.у.}} = Q_{\text{б.г.с.}} - Q_{\text{т.п.}} = Q_{\text{б.г.с.}} - (Q_{\text{п}} + Q_{\text{ос}} + Q_{\text{мех}}), \quad (8)$$

а к.п.д. рассматриваемой биогазовой установки, $\eta_{\text{б.г.у.}}$, %:

$$\eta_{\text{б.г.у.}} = \frac{Q^{\text{сут.}}_{\text{б.г.у.}}}{Q_{\text{б.г.с.}}} \cdot 100, \quad (9)$$

В настоящее время в нашей стране активно осуществляется внедрение биогазовых технологий в различные сферы сельского хозяйства. Рассмотрим некоторые из применяемых технологий его использования [5].

1) Тепло– и электроэнергетика, то есть генерация энергии для нужд самого хозяйства для обогрева или освещения помещений. Однако имеются определенные проблемы при интегрировании сгенерированной электрической энергии в сети, принадлежащие сторонним ресурсосбытовым организациям. Отметим, что энергия биогаза активно и эффективно используется для сушки зерна, фруктов, овощей, трав (сенажа), что снижает потери при хранении.

2) Создание микроклимата с использованием газовых инфракрасных обогревателей для поддержания расчетных температур внутреннего воздуха в помещениях для новорожденных животных (поросята, телята), что критически важно для снижения падежа.

3) Термическая обработка кормов: полученная из биогаза теплота применяется для пропаривания и подготовки кормовых смесей (комбикормов), что повышает их усвояемость.

4) Производство высокоэффективных удобрений (биошлам), когда в технологическом процессе ферментации сырье не сжигается, а перерабатывается бактериями. На выходе, помимо газа, получается биоудобрение (эффлюент).

5) Автономное газоснабжение, когда в отдаленных фермерских хозяйствах, где нет подключения к магистральному газу, биогаз служит альтернативой природному газу.

6) Холодильная цепочка (абсорбционное охлаждение). Современные биогазовые станции могут оснащаться абсорбционными холодильными машинами (АБХМ). Тепло от когенерационной установки используется не только для обогрева, но и для выработки холода. Это позволяет охлаждать свежее молоко на фермах (танки охлаждения), а также поддерживать низкую температуру в хранилищах овощей и фруктов, значительно продлевая сроки их хранения без потери качества.

7) Наиболее перспективным является очистка биогаза от примесей (CO2, сероводорода и пр.) до уровня биометана (аналог природного газа), после чего его можно использовать как моторное топливо для заправки сельскохозяйственной техники.

В заключении авторы отмечают тройную выгоду (экономическую целесообразность) применения биогазовых установок:

– экологическая выгода: решается проблема утилизации навоза, исчезают неприятные запахи, сокращаются выбросы метана (парникового газа) в атмосферу;

– энергетическая целесообразность: замещение дорогих энергоносителей (газ, дизель, электричество и пр.) собственным топливом;

– агрономическая выгода: замена импортных минеральных удобрений на собственные высококачественные органоминеральные удобрения, что снижает себестоимость продукции растениеводства.

Список использованных источников

1. Елоева, Р. К. Перспективы использования альтернативных источников энергии в сельском хозяйстве / Р. К. Елоева, И. Х. Есенов // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51, № 3. – С. 193–196. *https://elibrary.ru/snumhj*

2. Сарыев, К. А. Альтернативный метод получения биогаза из отходов животноводства / К. А. Сарыев, М. Р. Оразбердиева, А. А. Матьякубов // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Биология. Геология. Химия. Экология. – 2021. – № 2(18). – С. 81-87. *https://doi.org/10.34130/2306-6229-2021-2-81*

3. Утилизация отходов животноводства с получением биогаза / А. К. Апажев, Б. А. Фиапшев, А. А. Кумахов [и др.] // International Agricultural Journal. – 2022. – Т. 65, № 5. *https://doi.org/10.55186/25876740_2022_6_5_34*

4. Андреева, Е. В. Возобновляемые источники энергии северо-запада России и перспективы их использования в сельскохозяйственном производстве / Е. В. Андреева // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2010. – № 3. – С. 655. *https://elibrary.ru/mutdzf*

5. Шарипова, С. Г. Возобновляемые источники энергии России: особенности развития в современных условиях / С. Г. Шарипова, А. А. Ларькина, Н. В. Егоров // Достижения вузовской науки: от теории к практике : Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кумертау, 24 апреля 2024 года. – Кумертау: Оренбургский государственный университет, 2024. – С. 60-64. *https://elibrary.ru/ynojhx*

УДК 697

Особенности создания отопительно-вентиляционных систем современных кампусов

Коноплева А.А., студент; Шолыгина Е.М., студент*

* Ответственный за переписку: tes84@inbox,ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Приводятся основные микроклиматическое показатели различных помещений современных кампусов. Рассмотрены нормативные требования к проектированию систем обеспечения параметров микроклимата кампусов в круглогодичном цикле эксплуатации. Рассмотрены инженерные основы создания энергоэффективных отопительно-вентиляционных систем помещений проживания студентов.

Ключевые слова: кампус, отопление, вентиляция, микроклимат, энергосбережение.

Научный руководитель – заведующий кафедрой отопления и вентиляции ННГАСУ, доктор техн. наук, доцент Бодров Михаил Валерьевич

Благодарности. Исследование выполнено в рамках конкурса «Амбассадоры науки», проводимого в рамках программы развития ННГАСУ, реализуемой по программе академического лидерства «Приоритет 2030».

В настоящее время в нашей стране повсеместно проводится модернизация существующих и строительство новых студенческих общежитий, или как сейчас их принято называть, кампусов. В отличие от общежитий советского периода XX века, современные кампусы отличаются наличием многочисленных общественных пространств, например «коворкинг» (совместное рабочее пространство для подготовки домашних заданий и самообразования); небольшие предприятия общественного питания (буфеты, договотовочные самообслуживания, кафе); спортзалы; санузлы и душевые с мини-прачечными и многие другие [1].

Поэтому, создание и поддержание расчетных параметров микроклимата студенческих кампусов в круглогодичном цикле эксплуатации по ГОСТ 30494-2011, является крайне важной и актуальной задачей. Отметим также, что микроклимат студенческих кампусов является сложным комплексом факторов, который оказывает прямое влияние на физическое и психическое здоровье, комфорт и даже академическую успеваемость студентов.

Основными рассматриваемыми микроклиматическими факторами являются:

– температура внутреннего воздуха помещений $t_{в}$, ºС, влияющая на самочувствие человека;

– относительная влажность внутреннего воздуха $\varphi_{в}$, % или доли, влияющая на интенсивность испарения с поверхности кожи человека;

– подвижность внутреннего воздуха $v_{в}$, м/с, влияющая на простудные заболевания проживающих.

При проектировании новых зданий кампусов или при проведении капитального ремонта и реконструкции зданий общежитий следует в обязательном порядке проводить микроклиматическое моделирование всех помещений объектов. Создание цифровой модели

позволяет с высокой точностью просчитать воздушно-тепловой режим помещений с учетом климатических факторов района строительства, а также внешней и внутренней аэродинамики здания и технологического назначения рассматриваемых помещений.

Проектирование инженерных систем обеспечения параметров микроклимата для студенческих кампусов (общежитий) – это технический и технологический компромисс между комфортом проживания, экономической и энергетической эффективностью и строгими требованиями экологической безопасности среды проживания. Кампус совмещает функции жилого и общественного здания, поэтому здесь нужен особый подход.

С 2020 года основным нормативным документом при проектировании кампусов является СП 379.1325800.2020 «Общежития. Правила проектирования», в котором имеются определенные противоречия с действующим ранее нормативом СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные». При проектировании отопительно-вентиляционных систем кампусов следует руководствоваться СП 60.13330 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003» и СП 7.13130 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности» [2, 3].

Рассмотрим особенности устройства систем обеспечения параметров микроклимата в различных зонах кампусов.

Нормативные значения оптимальных / допустимых основных микроклиматических параметров внутренней среды в холодный период года приведены авторами в таблице 1 (по ГОСТ 30494-2011).

Таблица 1 – Нормативные значения оптимальных / допустимых основных микроклиматических параметров внутренней среды в холодный период года

Наименование помещения	Температура воздуха, ºС	Относительная влажность, %	Подвижность воздуха, м/с
Жилая комната	20…22 / 18…24	45…30 / не более 60	0,15 / 0,2
Общая кухня	19…21 / 18…26	не нормируется	0,15 / 0,2
Санузел	19…21 / 18…26	не нормируется	0,15 / 0,2
Душевые комнаты	24…26 / 18…26	не нормируется	0,15 / 0,2
Помещения для учебы и отдыха («коворкинг»)	20…22 / 18…24	45…30 / не более 60	0,15 / 0,2
Коридоры	18…20 / 16…22	45…30 / не более 60	не нормируется
Вестибюль, лестничная клетка	16…18 / 14…20	не нормируется	не нормируется
Кладовые	16…18 / 12…22	не нормируется	не нормируется

При поддержании температурного режима допускается устройство однотрубных (с максимальной температурой теплоносителя $t_г$ = 105 ºС) и двухтрубных (с максимальной температурой $t_г$ = 95 ºС) конвективных систем отопления. Однако, рекомендуется снижать температурный график до значений $t_г$ / $t_о$ = 90 / 70 ºС для возможности применения полимерных трубопроводов и скрытой прокладки стояков и разводящих магистралей.

В жилых и общественных помещениях предпочтительна установка секционных радиаторов или панельных конвекторов с гладкой поверхностью. Для соблюдения санитарно-

гигиенических норм чрезвычайно важно избегать сильноребристых приборов, на которых скапливается пыль и грязь [4].

В душевых, санузлах и раздевалках при душевых следует применять водяной «теплый пол» с температурой поверхности не выше $\tau_{пол}$ = 29 ºС при температуре теплоносителя не более $t_г$ = 50 ºС, что исключает травмы в виде ожогов и перегрева ног.

В холлах, спортивных залах и помещениях кратковременного пребывания людей (например, конференц-залы) предпочтительно устройство воздушных систем отопления совмещенных с механической приточной вентиляцией.

На всех входах (тамбурах) в здание кампусов обязательно устройство воздушно-тепловых завес периодического или постоянного действия.

При приспособлении для кампусов зданий повышенной этажности (свыше 14 этажей), следует разбить систему отопления на зоны по высоте для исключения повышения гидростатического давления в системе.

Авторы отмечают необходимость устройства автоматизированных «погодозависимых» индивидуальных тепловых пунктов (ИТП), позволяющих в постоянном режиме контролировать расчетные параметры теплоносителя в системе отопления и внутреннего теплоснабжения.

В жилых помещениях «блочного» типа применяются естественные системы вентиляции с притоком через стеновые или оконные клапана и вытяжным каналом в санузле. В душевых помещениях и раздевальных при них, как правило, предусматривается централизованная механическая приточно-вытяжная вентиляция [3, 5].

В остальных помещениях общественного назначения следует предусматривать локальные приточно-вытяжные системы, проектируемые по соответствующим для них нормам и правилам, включая устройства рекуперации для вторичного использования удаляемой с вытяжным воздухом тепловой энергии.

Список использованных источников

1. Пахомова, М. А. Оценка микроклимата в общежитии вуза / М. А. Пахомова, А. Б. Храмцов // Арктика: современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе : Материалы Национальной научно-практической конференции, Тюмень, 29 ноября 2021 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – С. 237-239. *https://elibrary.ru/jbfrtt*

2. Суханова, К. В. Анализ эффективности применения пофасадного автоматического регулирования системы отопления в здании общежития / К. В. Суханова // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. – 2020. – № 1. – С. 128-130. *https://elibrary.ru/dapdpk*

3. Грудин, В. А. Особенности жилой среды студенческих общежитий блочного и коридорного типов / В. А. Грудин, М. В. Киланова, В. П. Хохрякова // Актуальные проблемы гигиены, эпидемиологии и дезинфектологии : материалы Международной научно-практической конференции, Уфа, 26–27 октября 2023 года. – Уфа: Башкирский государственный медицинский университет, 2023. – С. 208-212. *https://elibrary.ru/ifofuy*

4. Оценка энергетической эффективности отопления зданий / В. И. Лысев, А. В. Цыганков, А. К. Рубцов, А. С. Шилин // Сантехника, Отоплени, Кондиционирование. – 2019. – № 12(216). – С. 86-89. *https://elibrary.ru/ehldbj*

5. Южакова, В. В. Анализ микроклимата и физических факторов среды в студенческом общежитии / В. В. Южакова, Г. В. Харина // Экологическая безопасность в техносферном пространстве : сборник материалов Шестой Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 19 мая 2023 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2023. – С. 355-360. *https://elibrary.ru/nozcer*

УДК 004.94:697

Цифровые двойники для систем лучистого отопления: автоматизация расчетов, повышение надежности

*Ларин А.М., студент; Смыков А.А. *, доцент кафедры отопления и вентиляции, канд. техн. наук.*

* Ответственный за переписку: lam3bbmp@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Технологии информационного моделирования (BIM) открывают новые возможности для проектирования, монтажа и эксплуатации инженерных систем зданий. Одним из наиболее энергоэффективных решений для отопления крупнообъемных помещений являются системы на базе водяных инфракрасных излучателей (ВИИ). Однако их проектирование связано с трудоемкими теплотехническими и гидравлическими расчетами, а эксплуатация часто осуществляется без обратной связи с проектной моделью. В статье предлагается метод создания параметрических цифровых двойников излучающих профилей, интегрированных в BIM-среду. Показано, как встраивание физических закономерностей теплопередачи и гидравлики непосредственно в параметрическое семейство позволяет автоматизировать расчеты, оптимизировать размещение оборудования и создать основу для предиктивного обслуживания. Приведены примеры реализации для профилей марки Flower типов 125 и 225.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, BIM, цифровой двойник, лучистое отопление, водяные инфракрасные излучатели, параметрическое семейство, предиктивное обслуживание.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент кафедры отопления и вентиляции Смыков Александр Анатольевич.

Введение

В современном строительстве проблема энергосбережения является одной из основных, особенно в сегменте отопления крупнообъемных помещений (производственные цеха, складские комплексы, спортивные сооружения, транспортные терминалы). Рост цен на энергоносители диктует необходимость внедрения высокоэффективных систем отопления. Среди известных решений системы лучистого отопления на базе водяных инфракрасных излучателей (ВИИ) занимают особое место. В отличие от конвективных систем, они передают теплоту непосредственно в рабочую зону направленным потоком инфракрасного излучения, которое нагревает поверхности пола, оборудования и тела человека, минуя нагрев воздуха в верхней зоне помещения [1, 2].

Доказано, что применение ВИИ позволяет снизить температуру воздуха в рабочей зоне на 3…4 °С без ухудшения теплового комфорта, а экономия тепловой энергии по сравнению с традиционными водяными или воздушными системами может достигать 40 %. Кроме того, системы на базе ВИИ характеризуются низкой тепловой инерцией, бесшумностью работы, отсутствием сквозняков и возможностью зонального регулирования [1].

Тем не менее широкому распространению данных систем препятствует отсутствие апробированных и научно обоснованных методик проектирования, интегрированных в

современные BIM-процессы. Проектировщики вынуждены выполнять значительный объем ручных теплотехнических и гидравлических расчетов, а затем переносить результаты в модель, что чревато ошибками и несогласованностью данных. Кроме того, на этапе эксплуатации реальные параметры системы (расходы, температуры, перепады давления) практически не сопоставляются с проектными значениями, что затрудняет своевременное выявление отклонений и снижает надежность.

Концепция цифрового двойника (от англ. Digital Twin) предлагает эффективное решение: создание параметрической информационной модели оборудования, которая не только отображает геометрию, но и содержит физические законы поведения, автоматически пересчитывает характеристики при изменении входных параметров и может обмениваться данными с датчиками [3]. Такой подход позволяет автоматизировать проектные расчеты и заложить основу для предиктивного обслуживания.

В данной статье рассматривается задача разработки метода создания параметрических семейств (цифровых двойников) водяных инфракрасных излучателей в среде Autodesk Revit, обеспечивающего автоматизацию теплотехнических и гидравлических расчетов.

Выбор инструментов и структуры семейства

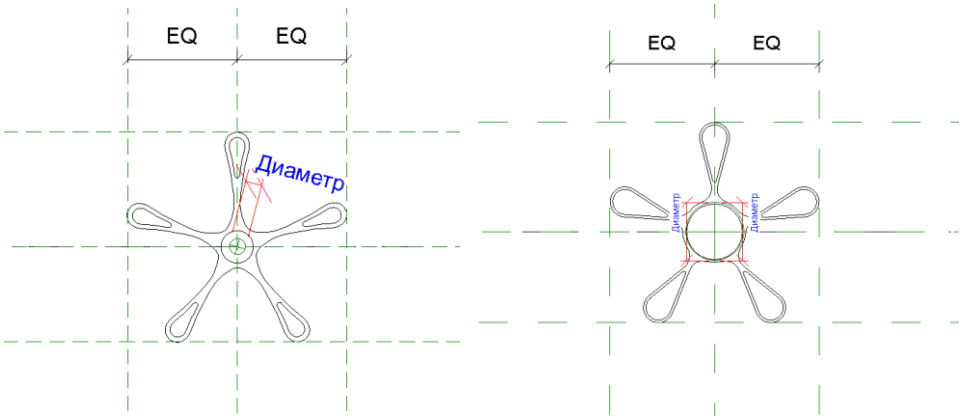
Для создания цифрового двойника излучающего профиля используется среда Autodesk Revit (создание семейств). Излучающий профиль представляет собой экструдированное изделие постоянного сечения, что позволяет полностью моделировать его в Revit с применением операций выдавливания и формообразования по длине, представлено на рис. 1. Создается загружаемое семейство категории «Оборудование». Рекомендуется использовать вложенные семейства для следующих элементов:

– базовый модуль фиксированной длины (1 м) с точным поперечным сечением, включая внутренние каналы для теплоносителя и теплоотдающие ребра;

– торцевые заглушки с резьбовыми патрубками для подключения к трубопроводам;

– подвижный подвес (с возможностью перемещения оси крепления вдоль профиля для адаптации к существующим конструкциям перекрытия).

Родительское семейство управляет количеством модулей через параметр «Количество секций», что автоматически изменяет общую длину, массу, тепловую мощность и гидравлическое сопротивление. Такой подход обеспечивает высокую степень параметризации при минимальном объеме исходных геометрических построений.



а) б)

Рисунок 1 – Общий вид параметрических семейств водяных инфракрасных излучателей (Flower 125 (а) и Flower 225 (б)) в среде Autodesk Revit
(Источник: Составлено автором)

Параметризация геометрии

В семейство вводятся параметры экземпляра и типа, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры геометрии цифрового двойника излучающего профиля

Параметр	Единица	Тип	Примечание
Длина L	м	тип	1…6 м, шаг 1 м
Высота подвеса H	м	экземпляр	От 3 до 20 м
Угол наклона (при необходимости)	°	экземпляр	От 0 до 15°
Количество подвесов	шт.	вычисл.	= округление (L / 3) + 1

Геометрическая модель включает само тело профиля (алюминиевый сплав AlMgSi0,5), теплоотдающие ребра (при наличии) и монтажные отверстия. В соответствии с требованиями уровня детализации LOD 300…350 (по классификации [4]) обеспечивается точное положение габаритов и точек крепления.

Параметризация теплотехнического расчета

Ключевой элемент цифрового двойника отопительного оборудования – это встроенный расчет тепловой мощности. Для этого в семейство вводятся параметры, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Теплотехнические параметры

Параметр	Обозначение	Формула
Температура теплоносителя на входе	$T1$	= задается пользователем
Температура теплоносителя на выходе	$T2$	= задается пользователем
Температура воздуха в помещении	tв	= из свойств помещения или задается пользователем
Средняя температура теплоносителя	tср	= $(T1 + T2)/2$
Температурный напор	ΔT	= tср − tв
Удельный тепловой поток	qуд	= $a \cdot \Delta T$^m
Тепловая мощность одного профиля	Qпр	= qуд · L
Суммарная мощность системы	Qсум	= $\sum Q$пр

Коэффициенты a и m определены экспериментально для конкретного типа профиля. Например, для профиля Flower 125: a = 2,2528, m = 1,2414; для профиля Flower 225: a = 2,8717, m = 1,2614 [4]. Эти значения вводятся в семейство в виде скрытых параметров типа.

Важно, что при изменении любого входного параметра (например, tв при переходе на дежурный режим отопления) тепловая мощность пересчитывается мгновенно. Проектировщик сможет в реальном времени подбирать количество и длину профилей под заданные теплопотери помещения без выполнения внешних расчетов.

Параметризация гидравлического расчета

Для корректного подбора диаметров подводящих трубопроводов и балансировки системы цифровой двойник должен автоматически вычислять гидравлические характеристики. В семейство вводятся параметры, представленные в таблице 3.

Таблица 3 – Гидравлические параметры

Параметр	Формула	Примечание
Расход теплоносителя G	= Qпр / ($c \cdot (T1 - T2)$)	кг/ч
Площадь сечения канала fкан	= задается в типе профиля	м^2
Скорость воды V	= G / (3600 $\cdot \rho \cdot f$кан)	ρ – плотность воды
Число Рейнольдса Re	= $V \cdot d$вн / ν	ν – кинематическая вязкость
Коэффициент трения λ	= 0,11 · (Kэ / dвн + 68 / Re)^0,25	Kэ – 0,015 мм (алюминий)
Удельные потери на трение R	= λ · ($\rho \cdot V^2$) / (2 · dвн)	Па / м
Потери давления на профиле ΔPпроф	= $R \cdot L$	Па

Все вычисления выполняются непосредственно внутри семейства. Если располагаемый напор на ветке меньше суммарных потерь (с учетом местных сопротивлений), семейство может выдавать предупреждение через формулу условного оформления (текст ошибки).

Для обеспечения равномерного теплового комфорта в рабочей зоне помещения необходимо визуально контролировать область эффективного воздействия каждого излучающего профиля. В семейство встраивается параметрический контур, отображающий зону прямого инфракрасного облучения. На основе экспериментальных данных и рекомендаций производителя угол раскрытия потока принимается равным 90° [5].

Радиус зоны на уровне верхней границы рабочей зоны (как правило, на высоте 3 м от уровня пола) вычисляется по формуле:

$$R \text{ зоны} = H \text{ подвеса} - H \text{ р.з.}, \quad (1)$$

где H подвеса – высота установки профиля, м; H р.з. – высота верхней границы рабочей зоны, м.

При изменении высоты подвеса контур автоматически перестраивается. Это позволяет визуально контролировать перекрытие зон соседних излучателей и выявлять участки с недостаточным облучением. Зона может быть отображена в виде полупрозрачной заливки на видах плана и в 3D.

Заключение

Для повышения эффективности и качества проектирования систем лучистого отопления, а также для обеспечения их надежной эксплуатации необходимо использовать технологии информационного моделирования и концепцию цифровых двойников.

Предложен метод создания параметрических семейств (цифровых двойников) водяных инфракрасных излучателей в среде Autodesk Revit, включающий:

– геометрическую параметризацию (длина, высота подвеса);

– встроенные теплотехнические зависимости для автоматического расчета тепловой мощности по температурному напору;

– встроенные гидравлические зависимости для расчета расхода, скорости и потерь давления;

– параметрическую зону обслуживания для визуального контроля облучения рабочей зоны.

Интеграция цифрового двойника с системой мониторинга здания позволяет осуществлять предиктивное обслуживание, своевременно выявлять загрязнение поверхностей, рост гидравлического сопротивления и другие отклонения, что повышает надежность и энергоэффективность системы отопления.

Предложенный метод может быть адаптирован для отечественных программных комплексов (Renga, nanoCAD BIM) при условии поддержки параметризации и формул.

Список использованных источников

1. Бодров М.В., Смыков А.А. Снижение энергоемкости и повышение экологической безопасности производственных помещений при использовании систем лучистого отопления на базе водяных инфракрасных излучателей // Вестник МГСУ. – 2021. – Т. 16. – Вып. 12. – С. 1599–1607. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.12.1599-1607

2. Р НП «АВОК» 4.1.6–2009. Системы отопления с потолочными подвесными излучающими панелями. – М.: ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС», 2009. – 36 с.

3. В.П.Куприяновский, А.А.Климов, Ю.Н.Воропаев, О.Н.Покусаев, А.П.Добрынин, И.В.Понкин, А.А. Лысогорский. Цифровые двойники на базе развития технологий BIM, связанные онтологиями, 5G, IoT и смешанной реальностью для использования в инфраструктурных проектах и IFRABIM // International Journal of Open Information Technologies. – ISSN: 2307-8162 –Vol. 8 – No.3 – 2020. – С. 55–74.

4. Степанов А. В. Разработка уровней детализации (LOD) объектов в ПК Autodesk Revit / А. В. Степанов, Ю. В. Гильмиярова // Ползуновский альманах. – 2019. – № 2-2. – С. 100-102. *https://www.elibrary.ru/gdriev*

5. Системы лучистого отопления на базе водяных инфракрасных излучателей марки Flower: Рекомендации по проектированию. Версия 2.0. – Нижний Новгород: ООО «Флайг+Хоммель», 2023. – 48 с.

УДК 697.1

Особенности поддержания микроклиматических условий в объектах культурного наследия

*Логинова М.А., студент; Крылова Л.С., студент; Руин А.Е. *, ассистент кафедры отопления и вентиляции*

* Ответственный за переписку: ruin199920@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматриваются инженерные аспекты формирования и регулирования параметров микроклимата в зданиях – объектах культурного наследия (ОКН). Основное внимание сосредоточено на анализе существующих технических решений в области отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха применительно к различным типам памятников архитектуры. Обоснована недопустимость применения типовых инженерных методик и необходимость перехода к адаптивным системам на основе данных мониторинга. Приводятся примеры проектных решений, включая системы воздушного отопления с применением тепловых насосов, напольного лучистого обогрева и адаптивной вентиляции. Использование стандартного подхода часто приводит к локальным переувлажнениям конструкций. Адаптивные системы требуют более тщательной настройки по сравнению с типовыми. Как показано на примерах, тепловые насосы демонстрируют стабильную энергоэффективность. В целом мы полагаем, что предложенные решения позволяют минимизировать риски для уникальных интерьеров, но при обязательном условии постоянного мониторинга.

Ключевые слова: объекты культурного наследия, системы отопления и вентиляции, воздушное отопление, тепловые насосы, лучистое отопление, адаптивная вентиляция, температурно-влажностный режим.

Научный руководитель – ассистент кафедры отопления и вентиляции ННГАСУ, Руин Алексей Евгеньевич.

Введение

При проектировании систем микроклимата для объектов культурного наследия стандартные методики, отработанные на массовом жилье и офисах, дают сбои. Главная причина: приоритеты смещаются. Обычное здание проектируется под комфорт людей и энергоэффективность. Памятник архитектуры – под сохранность конструкций и интерьеров, даже в ущерб комфорту.

Типовое решение (например, радиаторное отопление) создаёт локальные зоны с пониженной влажностью и перепады температур по высоте помещения. В результате – риск пересыхания живописи, расслоения кладки, конденсата на холодных поверхностях. Альтернатива – адаптивные системы, которые подстраиваются под текущие показатели влажности, температуры и заполнения людьми. Они сложнее в настройке, но позволяют минимизировать риски. При этом тепловые насосы в таких системах демонстрируют устойчивую энергоэффективность. Обязательное условие – постоянный мониторинг.

При анализе инженерных решений по отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха для объектов культурного наследия использовался комплекс нормативных, методических и научных источников [1–9].

Рисунок 1 – Система отопления в Усадьбе Рукавишниковых (Источник: Составлено автором)

Классификация объектов культурного наследия (ОКН) с позиции инженерного проектирования

С точки зрения выбора стратегии климатизации все ОКН делятся на четыре категории. Каждая диктует свои приоритеты и ограничения.

– Музейные здания с постоянной экспозицией (дворцы, усадьбы, исторические особняки)

Главную сложность мы видим в необходимости поддержания стабильного микроклимата не только во всём объёме помещения, но и в локальных зонах размещения особо чувствительных экспонатов (живопись, графика, текстиль, дерево). Перед нами как перед инженерами встаёт вызов: совместить современное климатическое оборудование с историческими интерьерами, то есть обеспечить скрытый монтаж.

– Культовые сооружения (храмы, соборы, церкви)

Специфику этих объектов мы видим в крайне неравномерном графике заполнения людьми (во время служб – пиковые тепловлаговыделения, в остальное время – почти пустое здание). Кроме того, нами учитывается наличие монументальной живописи (фресок) непосредственно на ограждающих конструкциях. Мы считаем, что система должна оперативно реагировать на пиковые нагрузки и переходить в экономичный дежурный режим, не допуская резких скачков влажности.

– Неотапливаемые памятники (руины, консервируемые объекты)

Для себя мы определили, что здесь приоритетом является не комфорт человека, а сохранность конструкции. Главную угрозу мы видим в циклах замерзания-оттаивания воды в толще кладки. Из инженерных мероприятий нами выделяются водоотведение, дренаж и в отдельных случаях локальный электроподогрев наиболее уязвимых элементов.

– Объекты промышленного наследия (фабрики, мануфактуры, вокзалы XIX – начала XX века)

Нами выявлены характерные черты этих объектов: большие внутренние объёмы, металлические или деревянные конструкции перекрытий, значительные площади остекления.

Особенности проектирования мы видим в борьбе со стратификацией воздуха по высоте и предотвращении конденсации влаги на металлических поверхностях.

Системы отопления: отказ от конвекции в пользу излучения и воздуха

Изначально большинство памятников либо не отапливались, либо обогревались печами. В советский период, когда здания приспосабливали под хозяйственные нужды, повсеместно монтировали водяное радиаторное отопление. С точки зрения сохранности ОКН – одно из худших решений.

На наш взгляд, конвективные потоки создают мощный восходящий ток нагретого воздуха, который поднимает пыль и аэрозоли, что ведёт к ускоренному загрязнению и деструкции красочного слоя. Температура поверхности радиатора, как нами отмечено, значительно выше температуры воздуха, что создаёт локальные зоны с пониженной относительной влажностью. Кроме того, мы наблюдаем вертикальный градиент температур: в помещениях высотой 10–15 м и более тёплый воздух скапливается под потолком, не достигая рабочей зоны.

Современные альтернативы, которые мы рассматриваем:

– Низкотемпературное лучистое отопление (тёплый пол)

Нами видятся следующие преимущества: отсутствие видимых приборов (важно для художественных интерьеров), тепло передаётся излучением, минимизируя конвекцию и движение пыли. Ограничения, которые мы выявили: температура поверхности пола не должна превышать 24–26 °С, инерционность системы не позволяет быстро реагировать на резкие изменения теплопоступлений. По нашему мнению, часто требуется комбинирование с другими системами.

– Системы воздушного отопления, совмещённые с вентиляцией

Почему мы считаем это перспективным: гибкость управления, особенно для объектов с большими внутренними объёмами. Мы предлагаем отказаться от радиаторов и использовать разделение на независимые контуры по функциональным зонам. Кольцевая схема с тепловым насосом, как мы убедились, позволяет утилизировать тепло, выделяемое людьми, и перераспределять его в зоны с пониженной температурой.

Вентиляция и кондиционирование: адаптивные стратегии и прецизионное оборудование

Высокая естественная инфильтрация через неплотности исторических окон – это одновременно и механизм «дыхания» стены, и источник неконтролируемого влагопритока. При массовом скоплении людей требуются значительные объёмы свежего воздуха.

Предлагается управлять вентиляцией по датчику абсолютной влажности. Вентилятор включается только тогда, когда абсолютное влагосодержание наружного воздуха ниже внутреннего. В противном случае приток влажного воздуха блокируется. Адаптивная вентиляция такого типа удерживает относительную влажность ниже критической для плесени на протяжении большей части года.

Воздухообмен рассчитывается для нескольких характерных режимов: отсутствие посетителей, минимальное заполнение (10%), среднее (50%), максимальное (100%). Это позволяет оптимизировать производительность оборудования.

В зонах с особо чувствительными экспонатами применяется прецизионное оборудование с точностью поддержания температуры ±0,5 °С, относительной влажности ±2 %. Обязательные элементы: многоступенчатая фильтрация и изотермическое увлажнение паром.

Система «тёплый пол» в объектах культурного наследия

Тёплый пол допустим только при условии, что сам пол не является предметом охраны. А именно: историческое напольное покрытие утрачено или отсутствует; помещение подсобное или промышленное. Категорический запрет действует, когда демонтаж или термическое воздействие на подлинное покрытие нарушает требования сохранности ОКН. Решение принимается индивидуально на основании акта государственной историко-культурной экспертизы.

Заключение

Проектирование систем отопления, вентиляции и кондиционирования для объектов культурного наследия требует отказа от шаблонных решений и индивидуального подхода к каждому зданию. Выбор технических решений должен опираться на данные длительного мониторинга температурно-влажностного режима и результаты теплофизических расчётов ограждающих конструкций.

Список использованных источников

1. СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий» : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 15 мая 2024 г. № 327/пр : дата введения 16 июня 2024 г. – 74 с. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/1306326592* (дата обращения: 06.06.2026). – Текст : электронный.

2. ГОСТ Р 55945-2014 «Общие требования к инженерно-геологическим изысканиям и исследованиям для сохранения объектов культурного наследия» : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 августа 2014 г. № 912-ст : дата введения 1 января 2015 г. – 20 с. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/1200108851* (дата обращения: 06.06.2026). – Текст : электронный.

3. АВОК Стандарт 1-2004 «Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена» : утвержден и введен в действие постановлением бюро президиума НП «АВОК» от 9 июня 2004 г. – Москва : АВОК-ПРЕСС, 2004. – 13 с.

4. МДС 31-9.2003 «Православные храмы. Том 2. Православные храмы и комплексы. Пособие по проектированию и строительству (к СП 31-103-99)». – М. : ГУП ЦПП, 2003. – 222 с. – URL: https://www.helpeng.ru/public/normdoc/mds/mds_31-9.2003.pdf (дата обращения: 06.03.2026). – Текст : электронный.

5. Исследование, расчёт оптимальных параметров микроклимата помещений и содержание неотапливаемых памятников истории и культуры: Методические рекомендации / Росреставрация, Проектный институт по реставрации памятников истории и культуры «Спецпроектреставрация». – М., 1992. – 23 с. – URL: *https://www.restsouz.ru/upload/guidelines/046-Tihomirov-A-V-Raschet-optimalnyh-parametrov-mikroklimata-neotaplivaemyh-pamyatnikov-istorii-i-kultury.pdf* (дата обращения: 06.03.2026). – Текст : электронный.

6. Кочев А.Г. Микроклимат православных храмов: дис. … д-ра техн. наук. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2006. – 499 с.

7. СП 118.13330.2022 «Общественные здания и сооружения» : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 мая 2022 г. № 389/пр : дата введения 20 июня 2022 г. – 46 с. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/351102147* (дата обращения: 06.06.2026). – Текст : электронный.

8. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» : межгосударственный стандарт : введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2012 г. № 97-ст : дата введения 1 января 2013 г. – 18 с. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/1200095053* (дата обращения: 06.03.2026). – Текст : электронный.

9. Гельфонд, А. Л. О мемориальных памятниках в творчестве архитектора С. А. Тимофеева / А. Л. Гельфонд // Приволжский научный журнал. – 2021. – № 4(60). – С. 165-172. – EDN WXHIRQ.

УДК 624.9

Ресурсосбережение в инженерных системах теплоснабжения

Лотфуллина К.А., магистрант; Корягин М.В., канд. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: misha.koryagin@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В научной статье автор рассматривает понятие ресурсосбережения в инженерных системах. Выявлены цели ресурсосбережения, а также рассмотрены методы его применения на примере индивидуального теплового пункта. В данной статье были обозначены преимущества использования индивидуальных тепловых пунктов, выявлены способы снижения потребления тепловой энергии, рассмотрены элементы энергосбережения и их назначение. Автор акцентирует внимание на автоматизации тепловых пунктов, указывает преимущества установки автоматизированных систем теплоснабжения. На основании этого произведен расчет эффективности энергосберегающего мероприятия для жилого здания, в котором организован узел учета тепловой энергии. В результате рассчитаны следующие параметры: часовая нагрузка здания, расход тепловой энергии на отопление и ее экономия, а также срок окупаемости мероприятия. Автором делается вывод о важности роли ресурсосбережения, в частности, автоматизации систем теплоснабжения в работе индивидуальных тепловых пунктов.

Ключевые слова: ресурсосбережение, автоматизация, затраты, индивидуальный тепловой пункт, тепловая энергия.

Введение

Ресурсосбережением называют комплекс мероприятий, направленных на рациональное использование и экономное расходование ресурсов в системах отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и других инженерных системах.

Целями ресурсосбережения являются:

– снижение энергетического потребления за счет оптимизации инженерных систем;
– рациональное применение ресурсов;
– повышение эффективности эксплуатации систем;
– автоматизация и совершенствование управления инженерными системами;
– снижение затрат материальных ресурсов в процессе производства;
– повышение качества выпускаемой продукции;
– повышение прибыли за счет энергосберегающих мероприятий.

В данной статье рассмотрены методы ресурсосбережения на примере индивидуального теплового пункта.

Теоретической и нормативно-технической базой для данной статьи послужили учебная, справочная литература, а также актуальные своды правил [1-6].

Энергосберегающие мероприятия

Индивидуальные тепловые пункты (ИТП) обеспечивают эффективную передачу тепла от источников к потребителям, отвечают за регулирование и распределение тепловой энергии

внутри зданий и сооружений. Одним из главных преимуществ ИТП является автоматизация управления теплоносителем, что позволяет снизить энергозатраты до 60%.

Снижение затрат тепловой энергии может быть обусловлено наличием в ИТП теплоизоляции трубопроводов и оборудования, пластинчатых теплообменников, а также средств автоматизации, погодного регулирования и дистанционного управления.

Важную роль в энергосбережении играет модернизация оборудования. Установка пластинчатых теплообменников вместо кожухотрубных позволяет минимизировать потери энергии за счет компактной конструкции и высокого коэффициента теплообмена, а применение насосов с частотным регулированием помогает снизить потребление тепловой энергии на 20 – 40%.

В таблице 1 представлены элементы ресурсосбережения теплового пункта и их назначение.

Таблица 1 – Элементы ресурсосбережения ИТП

Наименование элемента	Назначение
Тепловая изоляция трубопроводов и оборудования	Снижение потери тепла при транспортировке горячей воды, защита оборудования от внешних воздействий
Пластинчатый теплообменник	Обеспечение более высокого обмена тепла благодаря конфигурации пластин и малой площади оборудования
Циркуляционный насос	Обеспечение быстрой транспортировки нагретого теплоносителя потребителю
Запорно-регулирующая арматура	Снижение потери энергии за счет герметичности соединений, уменьшение нагрузки на насосы
Контроллеры и датчики	Управление работой оборудования, погодное регулирование, диспетчеризация
Узел учета тепловой энергии	Учет потребления и расчет стоимости тепловой энергии
Мембранный расширительный бак	Компенсация изменения объема теплоносителя при его нагревании и охлаждении

Автоматизация тепловых пунктов

Рассмотрим более подробно автоматизацию теплового пункта.

Автоматизация индивидуальных тепловых пунктов является одним из главных критериев эффективной эксплуатации инженерных систем благодаря простой эксплуатации и возможности контролировать работу ИТП без дополнительных затрат на его обслуживание.

Преимущества автоматизированного теплового пункта:

– оптимизация работы инженерных систем;

– снижение потребления энергоресурсов;

– снижение затрат на эксплуатацию;

– поддержание заданных параметров теплоносителя (температуры, давления) без участия человека;

– контроль работы оборудования в дистанционном режиме;

– улучшение качества теплоснабжения для потребителей.

Организация теплового пункта подразумевает расчет эффективности мероприятия с целью получения коммерческой выгоды в натуральном и денежном выражении для жилого здания с годовым потреблением тепловой энергии на цели отопления Q = 482 Гкал. В здании предусмотрен узел учета тепловой энергии.

Фактическая часовая нагрузка здания определяется по формуле:

$$q_{ч} = \frac{Q}{z \cdot 24}, \text{Гкал/ч} \quad (1)$$

где Q – годовое потребление тепловой энергии на отопление здания, Гкал; z – продолжительность отопительного периода, сут.

$$q_{ч} = \frac{482}{205 \cdot 24} = 0,098 \text{ Гкал/ч}$$

Часовая нагрузка при организации дежурного отопления и снижении температуры воздуха в помещении в нерабочее время:

$$q_{ч(д)} = q_{ч} \cdot \frac{(t_{в(д)} - t_{н(ср)})}{(t_{в} - t_{н(ср)})}, \text{Гкал/ч} \quad (2)$$

где $t_{н(ср)}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С; $t_{в}$ – расчетная температура воздуха в помещении, °С; $t_{в(д)}$ – расчетная температура воздуха в помещении в нерабочее время, °С.

$$q_{ч(д)} = 0,098 \cdot \frac{(14 - (-3,2)}{(20 - (-3,2)} = 0,073 \text{ Гкал/ч}$$

Расход тепловой энергии на отопление здания при 8-ми часовом рабочем дне вычисляется по формуле:

$$Q_{д} = (q_{ч} \cdot 8 + q_{ч(д)} \cdot 16) \cdot z_{р} + q_{ч(д)} \cdot z_{в}, \text{ Гкал} \quad (3)$$

где $z_{р}$ – количество рабочих дней в отопительном периоде; $z_{в}$ – количество нерабочих дней в отопительном периоде.

$$Q_{д} = (0,098 \cdot 8 + 0,073 \cdot 16) \cdot 137 + 0,073 \cdot 68 = 272,39 \text{ Гкал}$$

Экономия тепловой энергии от внедрения дежурного отопления за отопительный период:

$$\Delta Q_{д} = Q - Q_{д}, \text{ Гкал} \quad (4)$$

$$\Delta Q_{д} = 482 - 272,39 = 209,61 \text{ Гкал}$$

Общая экономия тепловой энергии при учете снижения теплопотребления на 7% за счет устранения перетопов в осенне – весенний период:

$$\Delta Q = \Delta Q_{д} + k \cdot Q, \text{Гкал} \quad (5)$$

где k – коэффициент эффективности регулирования тепловой нагрузки в осенне-весенний период.

$$\Delta Q = 209,61 + 0,07 \cdot 482 = 243,35 \text{ Гкал}$$

Годовая экономия в денежном эквиваленте определяется по формуле:

$$\Delta Э = \frac{\Delta Q \cdot T}{1000}, \text{ тыс. руб} \quad (6)$$

где T – тариф на тепловую энергию, руб/Гкал.

$$\Delta Э = \frac{243,35 \cdot 1427,2}{1000} = 347,31 \text{ тыс. руб}$$

При реализации мероприятия «Организация автоматизированного теплового пункта» в здании за отопительный период достигается экономия в размере 347,31 тыс. руб.

Объем инвестиций в данное мероприятие, исходя из совокупных затрат на разработку проекта узла учета, оборудование и монтаж, составит 130 тыс. руб.

Срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{INV}{\Delta Э}, \text{год} \quad (7)$$

где INV – объем инвестиций в данное мероприятие.

$$DP = \frac{130000}{347310} = 0,37 \text{ года}$$

Таким образом, срок окупаемости составляет приблизительно 4 месяца.

Заключение

Таким образом, ресурсосбережение играет важную роль в работе тепловых пунктов, так как позволяет существенно минимизировать затраты энергетических ресурсов и рационально их использовать.

Автоматические системы управления дают возможность контролировать параметры рабочей среды в режиме реального времени в зависимости от погодных условий, снизить теплопотребление, а также повысить качество услуг, оказываемых конечным потребителям.

По результатам расчета эффективности мероприятия срок окупаемости приблизительно равен 4 месяцам.

Список использованных источников

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. – 8-е изд., стереот./Е.Я.Соколов. – М.Издательский дом МЭИ, 2006. – 472 с.: ил.

2. СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов» – М.: Минстрой РФ, ГУП ЦПП, 1997 – URL: *https://docs.cntd.ru/document/871001264?ysclid=mpqyjkqvva679308009*

3. СП 510.1325800.2022 «Тепловые пункты и системы внутреннего теплоснабжения» – М., 2022. – URL: *https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/142677/*

4. СП 131.13330.2025 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология» – М.: Минстрой России, 2025. – URL: *https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/432245/*

5. Мадорский Б.М., Шмидт В.А. М13 Эксплуатация центральных тепловых пунктов, систем отопления и горячего водоснабжения. – М., Стройиздат, 1971. – 168 с.: ил.

6. Фаликов В.С., Витальев В.П. Автоматизация тепловых пунктов: Справочное пособие. – М. Энергоатомиздат, 1989. – 256 с.: ил.

УДК 631.547.3, 697.1

Особенности поддержания параметров микроклимата теплиц

*Ляуданскас Н.В. *, студент; Морозов М.С., старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: nikitalaudanskas@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматриваются особенности проектирования систем микроклимата в теплицах для различных овощных культур, а также приводится общая информация о факторах, влияющих на способности роста и плодоношения растений, таких как освещение, температура и влажность воздуха и температура грунта. Также рассказывается о системах поддержания параметров микроклимата в теплицах, которые могут работать как отдельно, так и совместно с друг другом. В статье приведены данные параметров температуры, влажности воздуха, для таких овощей как огурец, томат и лук репчатый в различные периоды роста, а именно плодоношение и выращивание, а также температурные показатели для ночного и дневного периодов, они сведены в таблицу и представляет собой диапазоны величин, при которых растения будут максимально эффективно развивать корневую систему, будут активно давать плоды и расти без болезней, свойственных растениям.

Ключевые слова: теплицы, микроклимат, сельскохозяйственные здания, растениеводство, энергоэффективность.

Введение

Основным типом культивационных сооружений для выращивания овощных культур являются теплицы. Они оснащаются разнообразным инженерно-техническим оборудованием, обеспечивающим в них необходимые параметры микроклимат. Данные параметры важно поддерживать в оптимальных диапазонах, так как они значительно влияют на рост, развитие культур, а отклонение от расчетных параметров микроклимата приводит к ухудшению качества овощей и экономическим убыткам [1].

Важные климатические параметры

Температура воздушной среды зависит от типа выращиваемых овощных культур. В среднем она должна находиться в диапазоне от 18 до 25°C днём и от 10 до 15°C ночью. Важно также следить за температурой почвы, так как холодная почва, особенно весной, замедляет развитие корневой системы и усвоение питательных веществ.

Уровень влажности воздуха в теплице необходимо поддерживать в районе 60–80%. Слишком низкая влажность может привести к увяданию и засыханию листьев, а слишком высокая, приведет к развитию грибковых заболеваний. Важно не допускать чрезмерного увлажнения, так как существует верхний предел влажности, который составляет около 85%.

Так же важную роль играет освящение, светильники в теплицах выполняют две основные функции: досвечивание в пасмурные дни и полноценное освещение в тёмное время суток. Для разных культур нужны различные спектры и интенсивность освещения. Например, рассада овощей требует больше красного спектра, а зелень лучше растёт при синем свете. Продолжительность светового дня должна составлять 12–16 часов в зависимости от типа

растений. Искусственное освещение не должно полностью заменять солнечный свет, а служить лишь для продления светового дня.

Световые системы на основе:

1) Светодиодных ламп (LED): позволяют точно настраивать спектр, почти не нагреваются. Позволяют создавать «световые рецепты» под конкретную культуру: например, больше синего для зелени и базилика, красного – для томатов и клубники.

2) Люминесцентные лампы (ЛЛ): подходят для рассады и молодых растений, дают мягкий, равномерный свет с преобладанием синего спектра. Отличаются низкой теплоотдачей, что позволяет размещать их близко к растениям.

3) Дуговых натриевых (ДНАТ): мощные лампы с высокой интенсивностью света, особенно в жёлто-красной части спектра. Широко применяются на этапе цветения томатов, перца, огурцов. Главный недостаток – это сильное тепловыделение и значительное энергопотребление.

4) Металлогалогенных (ДРИ): дают белый свет с уклоном в синий спектр, идеальны для вегетативной фазы. Часто комбинируются с ДНАТ для эффективного роста овощных культур.

Вентиляция так же важная деталь при организации микроклимата в теплицах, так как позволяет контролировать перегрев, высокую влажность и недостаток углекислого газа.

Конструктивные особенности

Стены и кровли теплиц делают из материалов, пропускающих лучистую солнечную энергию: стекло, полиэтиленовые пленки [2]. По периодам эксплуатации теплицы подразделяются на зимние и весенне-летние. Зимние теплицы предназначены для круглогодичного выращивания овощей. В весенне-летних теплицах наряду с овощами выращивают рассаду. Основными выращиваемыми культурами в теплицах являются огурцы и томаты, а также зимние посевные и выгонные культуры: лук, салат, редис.

Существует система для до увлажнения, а также охлаждения называемая СИОД.

Система испарительного охлаждения и до увлажнения (СИОД) – это комплекс оборудования для теплиц, который создаёт туман или распыляет мелкие капли воды, чтобы снизить температуру и повысить влажность воздуха, создавая оптимальные условия для роста располагаемых в них растений.

В теплицах в холодный период года следует предусматривать несколько основных самостоятельных систем водяного отопления: шатровую, цокольную, подпочвенную, контурную надпочвенную, надпочвенную. В теплицах для дополнительного отопления могут использоваться лампы накаливания. Они устанавливаются на высоте 0,5…1,5 м таким образом, чтобы лучистый поток от них был направлен в рабочую зону. Газовоздушный обогрев возможен путем непосредственного сжигания газа в теплице или нагревания воздуха в газовоздушных калориферах. Как правило, используют комбинированный обогрев, когда в теплицу поступает теплота от продуктов сгорания газа и от нагретого воздуха. В этом случае отпадает необходимость в применении генераторов углекислого газа, т. к. при сжигании газа в воздух поступает достаточное количество CO_2. При пропаривании грунта для его обеззараживания температура на глубине 0,3 м должна быть не менее 70 °С. Продолжительность пропаривания должна быть не менее 10 ч при давлении пара под пленкой 50…80 Па. Подачу пара осуществляют по специальному паропроводу. Вентиляция теплиц в холодный период года при отсутствии воздушного отопления осуществляется только за счет инфильтрации через наружные ограждения. В теплый период года способы снятия перегрева делятся на три группы: предупреждение перегрева, устранения перегрева, комбинированное снятие перегрева. Наиболее перспективна комплексная система снятия перегрева, которая заключается в ступенчатом включении отдельных ее элементов в периоды увеличения интенсивности солнечной радиации по временам года и в течение 21 светового дня.

Эффективность такой системы заключается в использовании в продолжении длительного периода пассивных и неэнергоемких конструктивных элементов систем обеспечения параметров микроклимата (фрамуги, проемы, аэрационные шахты) и кратковременно включаемых активных элементов: механической вентиляции и установок водоаэрозольного охлаждения. Требуемые значения параметров внутреннего воздуха: температуры ($t_в, °C$), относительной влажности ($\varphi_в, \%$), и концентрации углекислого газа (CO_2, мг/м³) [3, 4, 5]. Они должны быть обеспечены в пределах рабочей зоны, т. е. части объема теплицы, занятой растениями. Высота рабочей зоны принимается до верхнего уровня биомассы. По мере роста растений она увеличивается от 0,3…0,5 м до 2,5 м. Культивационные сооружения характеризуются высокой относительной влажностью почвы. Максимально допустимая скорость воздуха в теплице не должна превышать 1,0 м/с.

Таблица 1 – Сведенья о температурных показателях (воздуха и грунта) для овощных культур

Овощные культуры	Температура в периоды, °С		Оптимальная температура поверхности грунта, $\tau_{гр}$, °С
	дневной	ночной	
1	2	3	4
Огурец (выращивание)	22…24	17…18	22…24
Огурец (плодоношение)	24…26	17…18	22…24
Томат (выращивание)	20…22	15…16	≥18
Томат (плодоношение)	22…26	15…16	≥18
Лук репчатый	20…26		-

Таблица 2 – Сведенья о параметрах воздушной среды для различных овощных культур

Овощные культуры	Концентрация CO_2 по объему, К, %	Скорость движения воздуха $v_в$, м/с
1	2	3
Огурец (выращивание)	0,2…0,3	-
Огурец (плодоношение)	0,2…0,3	0,25…0,3
Томат (выращивание)	0,2…0,3	-
Томат (плодоношение)	0,2…0,3	0,3…0,5
Лук репчатый	0,2…0,3	-

Таблица 3 – Сведенья о влажности воздушной среды и почвы для овощных культур

Овощные культуры	Относительная влажности воздуха, φв, %	Содержание влаги в почве, %
1	2	3
Огурец (выращивание)	75…80	70…80
Огурец (плодоношение)	80…85	90
Томат (выращивание)	60…65	70…80
Томат (плодоношение)	60…65	-
Лук репчатый	70…80	-

Заключение

В заключении можно сказать, что показатели температуры, влажности и параметры качества воздуха и почвы должны строго поддерживаться в необходимом для роста растений диапазоне не только для разных культур, но также и у одной культуры в разные периоды роста. А для контроля параметров микроклимата существует множество как отдельных устройств, так и взаимосвязанных, наиболее сложноустроенных систем, при работе которых в полной мере восполняются все необходимые для овощных культур потребности.

И в зависимости от периода года и погодных условий контроль над условиями роста овощных культур может в значительной степени изменяться и параметры микроклимата в теплицах могут изменяться достаточно динамично в течении одного дня. Что говорит о сложности поддержания расчетных параметров микроклимата в теплицах и о необходимости применения индивидуального подхода для каждого вида теплиц и выращиваемой в ней овощной культуры. Приведенные в статье требования по расчетным параметрам микроклимата дает понимание об необходимости обеспечения индивидуальных параметров в окружающей растения среды и о возможности выращивания разных культур в одном тепличном комплексе.

Список использованных источников

1. Бодров В.И. Отопление и вентиляция сельскохозяйственных зданий [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пос. / В.И. Бодров, М.В. Бодров; Нижегор. гос. архитектур. – строит. ун – т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. – 281 с.

2. Гордеев, А.С. Энергосберещение в сельском хозяйстве / А. С. Гордеев, Д.Д. Огородников, И.В. Юдаев. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 400 с.

3. Федотов, В.А. Растениеводство / В. А. Федотов, С. В. Кадыров, Д. И. Щедрина, О. В. Столяров – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 328 с.

4. Котов, В.П. Овощеводство: Учебное пособие / Котов В.П., Адрицкая Н.А., Пуць Н.М., Улимбашев А.М., Завьялова Т.И.. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 496 с.

5. Коломейченко, В.В. Полевые и огородные культуры России. Корнеплоды: монография / В. В. Коломейченко. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 500 с.

УДК 628.8 : 636.1

Создание и поддержание параметров микроклимата коневодческих предприятий

*Мангушева Ю. А. *, студент; Бодров М. В., докт. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: mangusheva_04@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрены основные подходы к проектированию и обеспечению параметров микроклимата на коневодческих предприятиях в круглогодичном цикле эксплуатации. Приведены нормативные значения микроклиматических параметров помещений содержания лошадей, выполнен анализ наиболее распространённых схем вентиляции конюшен, включая приточно-вытяжную систему с естественным и механическим побуждением. Обоснована необходимость зонирования параметров микроклимата в зависимости от назначения помещений: денники, конюшни для содержания, манежи, левады. Особое внимание уделено зимнему периоду эксплуатации, когда основными проблемами становятся высокая влажность, низкая температура и накопление аммиака.

Ключевые слова: ключевое слово 1, ключевое слово 2 (5-10 ключевых слов или словосочетаний).

Благодарности. Исследование выполнено в рамках конкурса «Амбассадоры науки», проводимого в рамках программы развития ННГАСУ, реализуемой по программе академического лидерства «Приоритет 2030».

В коневодческих предприятиях (конно-спортивные комплексы, племенные конюшни, конные заводы и др.) предъявляются повышенные требования к микроклиматическим параметрам внутренней среды. Лошади отличаются высокой чувствительностью к нарушению температурно-влажностного режима, загазованности и запылённости воздуха. Из внутренних причин, влияющих на микроклимат конюшни, отметим: архитектурные решения здания конюшни; расположение технологического оборудования внутри помещения; порядок размещения и выгула лошадей, работающие осветительные и нагревательные приборы, машины и агрегаты технологического обеспечения. Однако, самое большое влияние на микроклимат оказывают сами животные, размещенные в этом помещении [1, 2].

Для разных технологических групп лошадей установлены различные оптимальные параметры. В таблице 1 авторами представлены рекомендуемые значения для наиболее распространённых условий содержания (согласно нормам НТП-АПК.1.10.04.001-00). Предельно допустимая концентрация углекислого газа не должна превышать 0,25 % по объёму, сероводорода – 5 мг/м³

Ключевым параметром при проектировании вентиляции является минимально необходимый воздухообмен. Для конюшен определяющим фактором часто служат влаговыделения и накопление аммиака, так как лошади выделяют значительное количество водяного пара с дыханием и через кожу.

Для взрослой лошади в покое влаговыделения составляют около 150–200 г/ч, для спортивной лошади в работе – до 400–500 г/ч. . На практике расчёт по углекислому газу даёт меньшие значения, поэтому за расчётный принимается воздухообмен по влаговыделениям или по аммиаку.

Таблица 1 – Технологические нормы микроклимата конюшен

Технологическая группа	Температура внутреннего воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость воздуха зимой, м/с	ПДК аммиака, мг/м³
Лошади в покое	+4…+8	50–70	до 0,3	10
Спортивные лошади	+8…+12	50–70	до 0,3	10
Жеребые кобылы	+10…+14	60–70	до 0,2	5
Молодняк до 1 года	+12…+16	60–75	до 0,2	5

Для поддержания нормативных параметров воздуха в коневодческих предприятиях не требуется значительных затрат на отопление, поскольку лошади сами выступают основным источником теплопоступлений. Одна лошадь выделяет в среднем 6000 кДж/ч тепла, поэтому в конюшнях поддержание микроклимата достигается за счёт правильно организованной приточно-вытяжной вентиляции [3, 4]. Точные значения тепловыделений в зависимости от массы и физиологического состояния приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технологические нормы микроклимата конюшен

Технологическая группа лошадей	Живая масса, кг	Нормы выделения общей теплоты, кДж	Нормы выделения углекислоты, л	Нормы выделения водяных паров, г
Жеребцы– производители	1000	5995	215	672
Кобылы жеребые	800	5110	183	573
Кобылы с жеребятами	800	7870	282	881
Кобылы и мерины	800	4265	153	477

Для коневодческих предприятий наиболее распространены три типа вентиляции: естественная, механическая и комбинированная (смешанная).

Естественная вентиляция (за счёт ветрового и гравитационного давления) используется в небольших конюшнях и в тёплый период года. Её преимущества – низкая стоимость и энергонезависимость, а к недостаткам можно отнести зависимость от погодных условий и сложность регулирования [5].

Механическая (принудительная) вентиляция позволяет точно поддерживать заданный воздухообмен независимо от внешних условий. Однако её применение требует тщательного расчёта, чтобы избежать избыточной подвижности воздуха и шума. Для конюшен оптимальны системы с частотным регулированием вентиляторов.

Комбинированная схема устроена следующим образом: естественный приток наружного воздуха через регулируемые клапаны в стенах и механическая вытяжка из верхней зоны. Такое решение широко применяется в современном проектировании как наиболее надёжное и энергоэффективное.

Наиболее распространённой схемой является приточно-вытяжная вентиляция с естественным побуждением и механическим резервированием на зимний период. Вытяжные шахты рекомендуется располагать в зоне максимального скопления вредностей (проходы, места сбора жизнедеятельности лошадей). В холодный период года для снижения относительной влажности и предотвращения конденсата необходимо подогревать приточный воздух. В зимний период года основной задачей является не столько повышение температуры,

сколько снижение относительной влажности и предотвращение конденсата на ограждающих конструкциях. Прямой нагрев воздуха в конюшнях экономически нецелесообразен, поэтому чаще всего применяется подогрев приточного воздуха в приточных установках.

Эффективным энергосберегающим решением является использование грунтовых теплообменников – каналов, заложенных ниже глубины промерзания. Зимой наружный воздух, проходя по каналам, предварительно подогревается до +2…+5 °С, а летом – охлаждается до +15…+18 °С. Это позволяет снизить затраты на отопление и кондиционирование на 30…40 %.

Поддержание микроклимата в заданных пределах невозможно без дорогостоящей и надежной системы автоматизации. Минимальный набор датчиков включает: датчики температуры и влажности в зоне содержания животных, датчик аммиака, датчик перепада давления для контроля загрязнения фильтров. Сигналы от датчиков поступают на контроллер, который управляет частотой вращения вентиляторов, положением клапанов и нагревом приточного воздуха.

На крупных коневодческих предприятиях целесообразно выделять функциональные зоны с различными требованиями к микроклимату:

– зона денников – повышенные требования к чистоте воздуха, отсутствие сквозняков, температура +8…+12 °С;

– зона манежа – увеличенный воздухообмен, снижение запылённости, возможно понижение температуры до +6…+8 °С;

– зона хранения кормов – низкая влажность (не более 60 %), отдельная система вентиляции, исключающая перетекание запахов в зону содержания животных;

– подсобные и бытовые помещения – нормируются по санитарным правилам для административно-бытовых зданий.

Ключевое требование при проектировании систем обеспечения параметров микроклимата – исключить перетекание загрязнённого воздуха из «грязных» зон (навозохранилище, тамбуры, кормокухня) в «чистые» зоны (денники, манеж). Это достигается созданием отрицательного дисбаланса воздуха в «грязной» зоне (преобладание вытяжной вентиляции над приточной) и положительного дисбаланса в «чистой» зоне коневодческого предприятия.

Список использованных источников

1. Григорьев, М. Ф. Использование ресурсосберегающих технологий в продуктивном коневодстве / М. Ф. Григорьев, А. И. Григорьева, Е. Д. Алексеев. – Уфа : Научно-издательский центр «Аэтерна», 2025. – 98 с. – ISBN 978-5-00249-378-4. *https://elibrary.ru/trokq*

2. Бурдов, Г. Н. Зоогигиена и основы проектирования животноводческих объектов / Г. Н. Бурдов, Л. А. Шувалова, И. В. Мель. – Ижевск : Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. – 168 с. *https://elibrary.ru/ylcupz*

3. Микроклимат производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений / В. И. Бодров, М. В. Бодров, Е. Г. Ионычев, М. Н. Кучеренко ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАС, 2008. – 623 с. – ISBN 978-5-87941-526-1. *https://elibrary.ru/wonhzn*

4. Бодров, В. И. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха производственных зданий сельхозназначения / В. И. Бодров, Л. М. Махов, Е. В. Троицкая. – Москва : Издательство АСВ, 2014. – 240 с. – ISBN 978-5-4323-0025-6. *https://elibrary.ru/wnscxv*

5. Суханова, П. А. Применение лучистого отопления для помещений коневодческих предприятий / П. А. Суханова // Colloquium-Journal. – 2020. – № 24-1(76). – С. 45-47. *https://elibrary.ru/bnvesl*

УДК 697

Повышение эффективности использования системы отопления за счет её перевода в режим охлаждения

Метелкин И.И., студент; Кириллов С.Д., студент; Грималовская И.П., канд. техн. наук, доцент; Смыков А.А., канд. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: deprazv@ya.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается инновационный подход к повышению эффективности эксплуатации инженерной инфраструктуры зданий путем трансформации системы отопления в систему лучистого охлаждения в летний период. Автор обосновывает целесообразность использования существующей сети трубопроводов и теплообменных поверхностей для устранения их сезонного простоя и снижения нагрузки на традиционные системы кондиционирования. В качестве доступного хладоносителя предлагается использование водопроводной воды с естественным температурным потенциалом +10…+15 °С.

Особое внимание уделено технической реализации гибридной схемы охлаждения и решению проблемы конденсации влаги на отопительных приборах. Описан механизм контроля точки росы через применение узлов смешения и датчиков влажности, позволяющий поддерживать безопасный температурный режим поверхностей. В работе представлены ключевые преимущества предлагаемого решения: повышение рентабельности инженерных сетей, существенная экономия электроэнергии, улучшение теплового комфорта и снижение капитальных затрат при проектировании. Статья демонстрирует высокий потенциал адаптации отопительных систем как перспективного направления в области энергоэффективного и экологичного строительства.

Ключевые слова: лучистое охлаждение, система отопления, энергоэффективность, точка росы, гибридное кондиционирование, водопроводная вода, экономия электроэнергии, тепловой комфорт.

Научный руководитель – доцент кафедры отопления и вентиляции ННГАСУ, канд. техн. наук Смыков Александр Анатольевич.

В современной практике проектирования инженерных систем промышленных и гражданских объектов традиционно наблюдается строгое сезонное разделение функций: система отопления эксплуатируется исключительно в зимний период, оставаясь незадействованным на протяжении 5–6 месяцев в году. В то же время пиковые тепловые нагрузки в летний период требуют значительных энергетических затрат на работу систем кондиционирования, и, к сожалению, в нашей стране практически не применяются альтернативные устройства кондиционирования воздуха [1].

Основная идея предлагаемого подхода заключается в трансформации существующей системы отопления в систему лучистого охлаждения в летний период. Данная система основана на принципе радиационного теплообмена между охлажденными поверхностями и человеком, минуя промежуточный нагрев всего объема воздуха [2]. Вместо полной остановки циркуляции предлагается использовать трубопроводы и теплообменные поверхности для

отвода избыточного тепла из помещений. В качестве первичного хладоносителя рассматривается водопроводная вода, поступающая из внешних сетей. Обладая температурой в диапазоне +10…+15 °С, такая вода является доступным энергетическим ресурсом, потенциал которого в классических схемах охлаждения игнорируется.

Интеграция системы отопления в процесс кондиционирования не подразумевает полный отказ от фреоновых или чиллерных систем, а направлена на создание эффективной гибридной схемы. Лучистое охлаждение, обеспечиваемое радиаторами, напольными или потолочными контурами, берет на себя значительную часть явных теплопоступлений (тепло от ограждающих конструкций, оборудования и солнечной радиации) [3]. При этом классическое кондиционирование работает в облегченном режиме, обеспечивая осушение воздуха и точное поддержание температурных параметров. Использование водопроводной воды в качестве хладоносителя в системе лучистого охлаждения позволяет существенно снизить нагрузку на компрессорное оборудование кондиционеров, что ведет к прямой экономии электроэнергии [4].

Использование нагревательных приборов систем отопления, в частности радиаторов или ребристых труб в качестве охлаждающих устройств, при пропуске через них холодной воды приводит к значительной неравномерности температур в объеме помещения и сопровождается конденсацией влаги на поверхности приборов [5]. Для предотвращения выпадения конденсата необходимо поддерживать температуру хладоносителя на безопасном уровне (выше температуры точки росы в помещении, представлено на рис. 1).

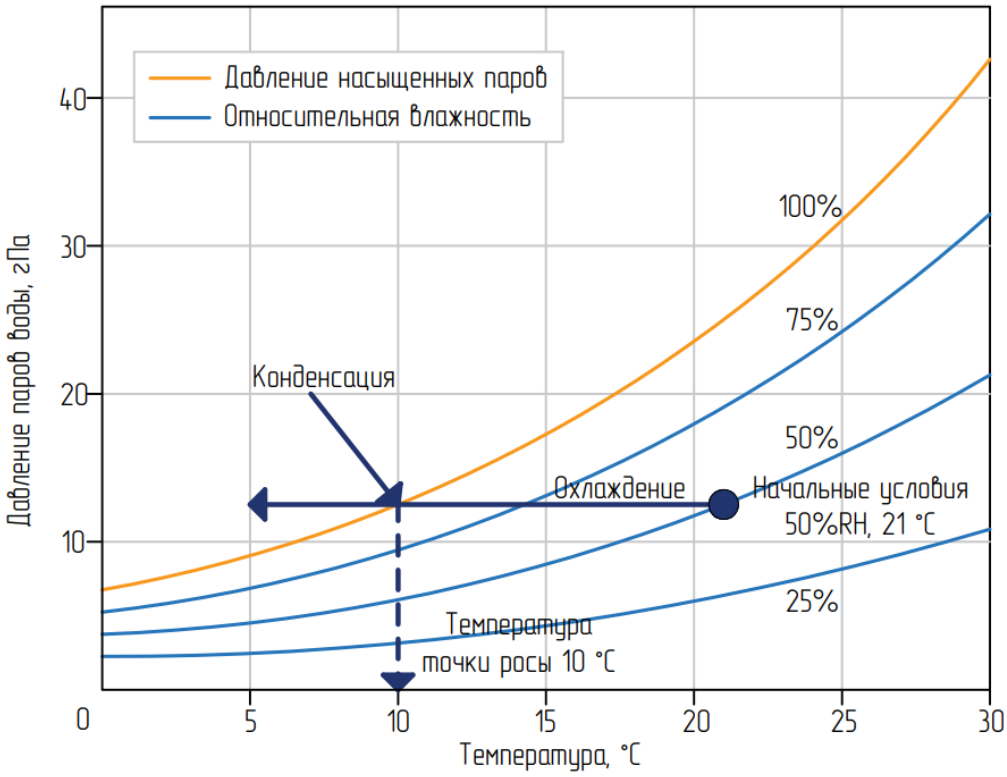


Рисунок 1 – График зависимости температуры точки росы от влажности воздуха в помещении (Источник: Составлено автором)

Система должна быть оснащена узлами смешения и датчиками влажности. Принцип работы заключается в том, что трехходовой смесительный клапан подмешивает теплую воду из обратного трубопровода к холодной, повышая её температуру до требуемого уровня. Датчик влажности непрерывно передает показания по текущей точке росы и управляет клапаном

таким образом, чтобы температура подаваемой воды всегда оставалась на 2–3 °С выше критической отметки выпадения влаги.

Перевод системы отопления в режим охлаждения позволяет достичь следующих результатов:

1) Повышение рентабельности: снижение срока окупаемости инженерных сетей за счет их круглогодичной эксплуатации;

2) Энергосбережение: существенное сокращение потребления электроэнергии системами кондиционирования в зависимости от типа объекта;

3) Повышение комфорта: снижение градиента температур и уменьшение подвижности воздуха, характерных для интенсивной работы кондиционеров;

4) Снижение капитальных затрат: возможность выбора систем кондиционирования меньшей мощности при проектировании новых объектов.

Для оценки потенциала системы необходимо технико-экономическое обоснование эффективности гибридной системы. Были приняты расчетные параметры микроклимата согласно ГОСТ 30494–2011: температура воздуха 24 °С при относительной влажности 50%. По графику (представлено на рис. 1) определена температура точки росы, равная 12,9 °С.

С целью исключения конденсации на охлаждающих поверхностях, температура хладоносителя на входе в контур после узла смешения принимается 16 °С. Температура на выходе из контура – 19 °С. При таком температурном графике средняя температура поверхности пола составляет 19 °С, что соответствует нормам комфорта.

Удельный тепловой поток лучистого охлаждения рассчитывается на основании коэффициента теплообмена согласно DIN EN 1264:

$$q_{\text{охл}} = \alpha_{\text{общ}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{п}}), \quad (1)$$

где $q_{\text{охл}}$ – удельный тепловой поток, Вт/м²; αобщ – общий коэффициент теплоотдачи для охлаждающего пола, который, согласно DIN EN 1264, принимается равным 7 Вт/(м²·°С); $t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха, °С; $t_{\text{п}}$ – температура поверхности пола, °С.

$$q_{\text{охл}} = 7 \cdot (24 - 19) = 35 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Общая холодопроизводительность гибридной системы в рассматриваемом помещении составит:

$$Q_{\text{охл}} = q_{\text{охл}} \cdot S_{\text{акт}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{охл}}$ – общая холодопроизводительность, Вт; $S_{\text{акт}}$ – активная площадь охлаждаемой поверхности, принимаемая равной 16 м².

$$Q_{\text{охл}} = 35 \cdot 16 = 560 \text{ Вт}.$$

Оценка энергоэффективности перевода системы отопления в режим охлаждения водопроводной водой:

$$K = \frac{Q_{\text{охл}}}{Q_{\text{от}}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где K –энергоэффективность перевода системы, %; $Q_{\text{от}}$ – теплопроизводительность системы отопления в холодный период года, принимаемая равной 1200 Вт.

$$K = \frac{560}{1200} \cdot 100\% = 46{,}7\%.$$

Перевод системы позволяет скомпенсировать 46,7% от общих теплоизбытков помещения. Остаточная нагрузка, равная 640 Вт поддерживается маломощной классической сплит-системой.

Так как лучистое охлаждение осуществляется за счет прямого потока водопроводной воды (или через промежуточный теплообменник) без работы фреонового компрессора, затраты электроэнергии идут исключительно на работу циркуляционного насоса (около 15–25 Вт). При среднем холодильном коэффициенте бытовых кондиционеров, снижение электрической нагрузки компрессора только на одно помещение составит:

$$\Delta N = \frac{Q_{\text{охл}}}{EER}, \quad (4)$$

где ΔN – снижение электрической нагрузки компрессора, Вт/пом.; EER – холодильный коэффициент, принимаемый равным 3.

$$\Delta N = \frac{560}{3} \approx 186 \ \frac{\text{Вт}}{\text{пом.}}.$$

В масштабе здания площадью 1000 м² чистая экономия электроэнергии в пиковые летние часы превысит 9 кВт, что подтверждает высокую технико-экономическую целесообразность предложенной схемы.

Адаптация системы отопления под задачи летнего охлаждения является перспективным направлением в области энергоэффективного строительства. Использование естественного температурного потенциала водопроводной воды превращает пассивную в летнее время инфраструктуру в активный инструмент управления микроклиматом, обеспечивая значительную экономическую выгоду и снижая экологическую нагрузку на здания.

Список использованных источников

1. Скопин, К. М. Система панельно-лучистого отопления (охлаждения) / К. М. Скопин. –Текст: непосредственный // Молодой ученый.– 2024. – № 36 (535). – С. 31–36.

2. Кудрявцева, Т. В. Сравнительный анализ практики применения систем кондиционирования и панельно-лучистого охлаждения производственных зданий / Т. В. Кудрявцева, А. А. Смыков // Тепломассообмен в системах отопления и вентиляции: Сборник докладов II конференция молодых ученых ННГАСУ, Нижний Новгород, 29 апреля 2025 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 24–25. *https://elibrary.ru/item.asp?id=88960760*

3. Малявина, Е. Г., Ахвердашвили, Р. Г. Расчет температурной обстановки, формирующейся в процессе лучисто-конвективного теплообмена в помещении // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 3 (92). – С. 120–125.

4. Нестеренко, А. В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха / А. В. Нестеренко. – Москва : Высшая школа, 1971. – 170 с.

5. Кувшинов, Ю. Я. Панельно-лучистое охлаждение помещений / Ю. Я. Кувшинов, Д. Н. Зинченко, С. Г. Булкин. – Текст: непосредственный // АВОК: Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: журнал по вентиляции, отоплению, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике, 2007. – №5. – С. 8–14.

УДК 697.1

Методы повышения энергетической эффективности жилых зданий. Отечественный и зарубежный опыт

Некипелова П.С., студент; Пылаев А.Н., аспирант; Бодров М.В., заведующий кафедрой, доктор техн. наук, доцент.*

* Ответственный за переписку: nekipelova415@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы повышения энергетической эффективности жилых зданий, проанализированы основные источники теплопотерь в зданиях, проведён обзор методов повышения энергоэффективности на территории Российской Федерации и зарубежом и проведено их сравнение. Предложено внедрение зарубежных решений инженерных систем для экономии энергоресурсов, а также для снижения экологической нагрузки.

Ключевые слова: энергосбережение, повышение энергетической эффективности, VAV-клапан, фрикулинг, нормативная документация.

Научный руководитель – зав. кафедрой отопления и вентиляции ННГАСУ, доктор техн. наук, доцент Бодров Михаил Валерьевич.

В настоящее время вопрос об энергосбережении стоит особо остро. В следствие научно-технического прогресса, потребление энергетических ресурсов неукротимо возрастает с каждым годом. В нынешних условиях эффективность использования энергетических ресурсов является одним из факторов устойчивого экономического роста страны, а нерациональное энергопотребление ведет к дефициту [1].

В Российской Федерации одними из крупнейших потребителей материальных и энергетических ресурсов являются строительство и ЖКХ [2].

В настоящее время технологии систем с минимальным потреблением энергии, а также систем с применением средств утилизации теплоты активно развиваются: новые способы разрабатываются, а старые модернизируются.

В Российской Федерации основополагающими документами в сфере регулирования энергоэффективности зданий (с практической точки зрения) являются [3, 4].

В [3] приведены основные требования, касающиеся теплозащитных характеристик ограждающих конструкций и энергетических показателей зданий.

Данный документ оказывает огромное влияние на проектирование систем отопления, т.к. в нем установлены нормативные теплозащитные характеристики конструкций. Следует отметить, что [3] при расчетах учитывает только климатические особенности региона застройки при этом игнорируя экономическую составляющую [5].

Нормируемые параметры работы климатических систем, а также способы рекуперации тепла в системах ОВиК, применение энергоэффективного оборудования при эксплуатации зданий отображены в [4].

Основными методами повышения энергоэффективности зданий в РФ являются:

– архитектурно-планировочные решения;

– повышение теплозащитных свойств ограждающих конструкций;

– применение энергоэффективных систем ОВиК;

– контроль и учет энергопотребления.

Касаемо повышения энергоэффективности уже построенных зданий, то в Российской Федерации это происходит на этапе капитального ремонта. Следует упомянуть основные мероприятия, проводимые при этом:

– замена отопительных приборов и установка на них терморегулирующих устройств;

– утепление магистральных трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения;

– утепление ограждающих конструкций;

– заделка щелей в светопрозрачных конструкциях мест общего пользования;

– установка доводчиков на входные двери подъезда (помогает снизить избыточную инфильтрацию);

– переработка схемы индивидуального теплового пункта (например, замена схемы с элеватором на схему с насосами или дополнительная установка погодозависимого регулирования в схему автоматизации).

Согласно статистике, приведенной в [6] эффект энергосбережения от перечисленных выше мероприятий достиг в среднем 55,35%. Оцененный период окупаемости составил 3,8 года.

Зарубежный поход к нормативным документам в области энергоэффективности построен на совершенно иной концепции: во главе угла стоят директивы, разработанные Европейским союзом (ЕС), которые основаны главным образом на декарбонизации и формировании устойчивого развития энергетической отрасли. Аналоги российских сводов правил или законов составляются на уровне отдельных государств.

Основными методами повышения энергоэффективности зданий в ЕС являются:

– расчеты оптимального с точки зрения затрат уровня требований, которые включают в себя оценку стоимости жизненного цикла зданий и их элементов для определения экономически целесообразного уровня энергоэффективности;

– минимальные требования к энергоэффективности (MEPR) – это базовые стандарты энергоэффективности, которым должны соответствовать новые здания и здания, находящиеся в процессе капитального ремонта.;

– сертификаты энергоэффективности (EPC), в рамках которых оценивается уровень энергоэффективности здания и даются рекомендации по его повышению;

– Здания с почти нулевым потреблением энергии (NZEB) – это высоко энергоэффективные здания, характеризующиеся крайне низким годовым энергопотреблением, в значительной степени покрываемым за счет энергии, производимой из возобновляемых источников на месте или поблизости;

– от государств-членов требуется разработать стратегию поддержки реновации национального фонда жилых и нежилых зданий, как государственных, так и частных, путем повышения уровня их энергоэффективности и декарбонизации с целью экономически эффективного преобразования существующих зданий в NZEB до 2050 года.

Отдельно стоит упомянуть зарубежные решения инженерных систем, которые еще не стали общепринятыми в Российской Федерации, хотя по мнению авторов, имеют очень большой потенциал: системы общеобменной вентиляции с применением VAV-клапанов и системы холодоснабжения со встроенным фрикулингом.

Установленное количество свежего воздуха обеспечивается независимо от времени суток и загрузки помещений, но поддержка 100% производительности в режиме частичной или нулевой загрузки приводит к нерациональному перерасходу тепловой и электрической энергии. VAV-клапан (от англ. Variable Air Volume – переменный объем воздуха) представляет собой регулирующее устройство, предназначенное для автоматического изменения расхода воздуха в системах вентиляции и кондиционирования. Подача свежего воздуха автоматически регулируется по запросу, например в зависимости от уровня CO_2. Основные преимущества –

сбережение энергии, широкие возможности управления, автоматическая регулировка расходов воздуха, индивидуальный комфорт.

VAV клапан состоит из корпуса, регулирующей поворотной заслонки, электропривода, блока управления и измерительного прибора (трубки Пито). При прохождении воздуха через клапан, трубки Пито измеряют эффективное давление воздуха, по данным показаниям вычисляется расход воздуха, вычисленное значение сравнивается с заданным и, в случае отклонения, электропривод регулирует угол поворота заслонки, до достижения требуемого расхода.

Управление положением заслонки может осуществляться несколькими способами. Room-контроллер может получать сигнал от следующих устройств: датчик качества воздуха, например датчик CO_2; датчик влажности; датчик температуры; датчик движения в помещении; переключатель света; считыватель ключ-карт; датчика открытия окна.

Фрикулинг представляет собой технологию в холодильных системах, предусматривающую использование естественного холода. Сущность его заключается в том, что в холодный период года жидкость охлаждается в специальном теплообменнике – драйкулере, где источником охлаждения является наружный воздух с низкой температурой.

Принципиальная схема холодильной системы с технологией фрикулинга приведена на рис.1.

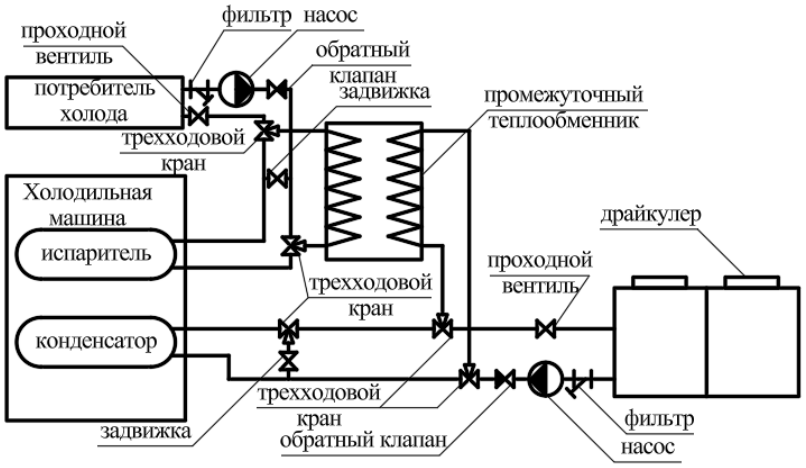


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы с технологией фрикулинга

Сравнение российской и европейской практики регулирования энергоэффективности зданий позволяет выявить принципиальные различия в методологических подходах, инструментах нормирования и стратегических целях развития отрасли, которые отражены в табл.1.

Таблица 1 – Сравнение российской и европейской практики регулирования энергоэффективности зданий

Критерий	Россия	Зарубежный опыт (ЕС)
Основной подход	Нормирование теплопотерь	Комплексная энергооценка
Нормативная база	СП, ГОСТ, ФЗ	Директивы ЕС, стандарты
Оценка эффективности	Расчетная	Расчетная + фактическая
ВИЭ	Развивается	Активно внедряется
Цель	Снижение энергопотребления	Декарбонизация (Zero emission)

Технологии повышения энергоэффективности, применяемые в ЕС, применимы на территории РФ при условии их адаптации к двум ключевым различиям: более суровому климату, что меняет сроки окупаемости и теплотехнические параметры, и разным подходам к регулированию. Следовательно, перспективы РФ заключаются не в копировании, а в адаптации европейского опыта через калибровку норм по климатическим зонам, внедрение расчетов стоимости жизненного цикла и переход к результативному (основанному на энергопотреблении) методу регулирования.

Список использованных источников

1. Энергосбережение в реконструируемых зданиях / А.Н. Дмитриев, П.В. Монастырев, С.Б. Сборщиков. Научное издание – М.: Издательство АСВ, 2008. – 208 с.

2. Фаррахов А.Г. Энерго– и ресурсосбережение в строительстве и городском хозяйстве Учеб. пособие / А.Г. Фаррахов. – М.: Издательство АСВ, 2016. – 168 с.

3. СП 50.13330.2024. Тепловая защита зданий: введ.16.06.2024 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. *https://docs.cntd.ru/document/1306326592* (дата обращения 08.04.2026) – Текст : электронный.

4. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: введ.01.07.2021// Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. *https://docs.cntd.ru/document/573697256?marker=7D20K3* (дата обращения 08.04.2026) – Текст : электронный.

5. Некипелова, П. С. К вопросу выбора энергосберегающих мероприятий при проектировании жилого фонда / П. С. Некипелова // Тепломассообмен в системах отопления и вентиляции : Сборник докладов II конференция молодых ученых ННГАСУ, Нижний Новгород, 29 апреля 2025 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 10-11. – EDN YCVOQY.

6. Пырков В. В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. –К.: II ДП «Такі справи», 2007. – 252 с.: ил.

УДК 621.548

Основы применения ветряных энергоустановок

Поздникина Е.В.., студент; Плотникова В.В., студент; Алексеевнина Д.С., студент*

* Ответственный за переписку: tes84@inbox,ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Рассмотрена история развития ветровой энергетики в нашей стране и за рубежом. Представлена технологическая и энергетическая классификация устройств ветровой энергетики. Рассмотрены преимущества и недостатки ветровых электроустановок, а также перспективы использования ветрогенераторов в Российской Федерации.

Ключевые слова: ветровая энергетика, ветроэнергетическая установка, линии электропередач, ветрогенераторы.

Научный руководитель – заведующий кафедрой отопления и вентиляции ННГАСУ, доктор техн. наук, доцент Бодров Михаил Валерьевич

Благодарности. Исследование выполнено в рамках конкурса «Амбассадоры науки», проводимого в рамках программы развития ННГАСУ, реализуемой по программе академического лидерства «Приоритет 2030».

Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) – установка для преобразования кинетической энергии ветрового потока в электрическую энергию или совершение какой-либо механической работы.

Первые ветрогенераторы применялись в Древнем Китае, Вавилоне, Египте, еще во 2 тысячелетии до н.э. В странах Европы (Италия, Франция, Испания, Англия, Нидерланды) ветрогенераторы стали применяться начиная с XI-XII веков, а к концу XVII века первые ветродвигатели появились в нашей стране. Вплоть до XIX века ветровые и водяные турбины были основными источниками энергии, пока не были вытеснены устройствами, использующими энергию пара.

В 20-30 гг. XX века произошло широкое внедрение ветрогенераторов в СССР и США. В 1931 г. в Крыму была построена крупнейшая на тот момент в мире ветроэлектростанция (ВЭС) мощностью P = 100 кВт, в 1941 г. ветряная турбина мощностью P = 1,25 МВт была построена в США.

Дополнительный толчок в развитии ВЭУ получили в 70-х годах XX века под влиянием мирового энергетического кризиса.

На данный момент серийное производство ВЭУ налажено в Нидерландах, Дании, Швеции, Великобритании, Германии, США и других странах [1].

Применение ВЭУ в России тормозит, в первую очередь, их высокая удельная капиталоемкость по сравнению с традиционными установками, использующими невозобновляемые энергетические ресурсы. Основным требованием для места строительства ВЭС является наличие высокой среднегодовой скорости ветра $v_{ветр} \geq 6$ м/с.

В зависимости от геометрии ветроприемного устройства и его положения относительно направления потока ветра ветроэнергетические установки классифицируются на ВЭУ с горизонтальной или вертикальной осью вращения и безлопастные.

С точки зрения принципа действия ВЭУ делятся на [2, 3]:

– использующие подъемную силу (однолопастные, двухлопастные, трехлопастные, многолопастные, ротор Флеттнера, парусный ротор, буксировочный ротор, ротор Дарье, Н-ротор Дарье);

– концентраторные (турбина в канале, ветроагрегат с диффузором, канального типа, дельта-концентратор, концентратор Бервиана);

– использующие силу лобового сопротивления (ротор Савониуса, чашечный анемометр).

В соответствии с типом используемого генератора ветроэнергетические установки подразделяют на ВЭУ с синхронным и асинхронным генераторами. Ветроэнергетические установки также классифицируются по отношению собственной электрической мощности Р, кВт, к полной мощности энергосистемы Рс, к которой они подключаются [4]:

– класс А ($P > P_c$); ветроэнергетические установки не подключаются к энергосистеме, а предназначаются для поддержания определенного процесса, например, уличного наружного освещения или работы водяного насоса;

− класс В ($P \approx P_c$); ветроэнергетические установки подключаются к небольшой изолированной отдаленной энергосистеме; в таких случаях ВЭУ является дополнительным источником электроэнергии, позволяющим сэкономить дизельное топливо, затрачиваемое на работу дизельгенератора;

− класс С ($P < P_c$); ветроэнергетические установки подключаются к коммунальным энергосистемам большой мощности; в этом случае ВЭУ используются по прямому назначению, при наличии излишков электроэнергии она подается в городскую энергосистему.

Рассмотрим основные преимущества использования ВЭУ.

1) Практическая неисчерпаемость: ветер есть везде и постоянно, в отличие от угля, газа, нефти или другого органического топлива.

2) Экологичность: при работе ветровые электростанции не выбрасывают в атмосферу CO_2, NO_x, сажу и другие загрязнители. Это ключевой инструмент в борьбе с глобальным потеплением. Отметим, что для эксплуатации ВЭУ также не требуется оборотная и технологическая вода для охлаждения (как на АЭС или ТЭС).

3) Низкая операционная стоимость: после строительства ветропарка стоимость производимой электроэнергии очень низкая, так как «топливо» (ветер) бесплатно.

4) Энергетическая независимость: страны, использующие ветер, меньше зависят от импорта ископаемого топлива, закупки электроэнергии и колебаний мировых цен на энергетику в целом.

5) Быстрота возведения: строительство ВЭС занимает сравнительно небольшой промежуток времени, в отличие от АЭС или ГЭС, срок возведения которых может занимать несколько лет.

Однако, повсеместное применение ветровой энергии сдерживается рядом проблемных факторов и недостатков [5].

1) Нестабильность (переменчивость): сила ветра в конкретной местности строительства не всегда достаточна для производства электроэнергии. Мощность генерации может упасть до нуля в штиль или, наоборот, резко вырасти при шторме, что создает проблемы для энергосистем (нужен постоянный баланс). Требуются системы накопления энергии (аккумуляторы, ГАЭС) или резервные электростанции, что крайне усложняет систему распределения электрической энергии по абонентам.

2) Зависимость от места строительства: ВЭС эффективны только в регионах с сильными и постоянными ветрами (морские побережья, горные перевалы, степи). Удаленность таких мест от потребителей требует строительства дорогих линий электропередач (ЛЭП).

3) Визуальное загрязнение и шумовой эффект: ветряные станции издают низкочастотный шум, обычно безопасный для людей, но приводящий к гибели некоторых животных, рыб и млекопитающих (например, дельфинов).

4) Экологическая угроза загрязнения при утилизации лопастей ветряков, выполненных из композитных материалов (стекло– или углепластик), которые не перерабатываются. Отработанные лопасти либо закапывают на полигонах, либо сжигают.

5) Очень низкая плотность мощности: чтобы заменить одну крупную «традиционную» ТЭС или АЭС нужны сотни ветряных устройств, занимающих огромную площадь поверхности.

Потенциал использования ветрогенерации в Российской Федерации огромен (побережья Северного Ледовитого, Тихого океанов, степи юга), но используется крайне слабо (около 1….1,5 % в энергобалансе нашей страны). Имеющиеся основные действующие ветропарки: Адыгейская ВЭС, Кочубеевская ВЭС, Мариинская ВЭС (Ростовская обл.), Ульяновская ВЭС и др. являются пока экспериментальными испытательными полигонами для изучения особенностей получения и использования ветровой энергетики [6].

Авторы отмечают, что основным препятствием применения ВЭУ в России является относительно низкая стоимость природного газа, что не позволяет конкурировать дешевой энергии ТЭС с ветровой электроэнергией, а также суровый климат и большая протяженность ЛЭП.

Список использованных источников

1. Сячин, И. А. Ветровая энергетика / И. А. Сячин // Избранные доклады 65-й Юбилейной университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых : Сборник докладов, Томск, 25 апреля 2019 года. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – С. 1026-1027. *https://elibrary.ru/zixhqn*

2. Рашитов, А. Р. Перспективные технологии ветровой и солнечной энергетики / А. Р. Рашитов, Л. П. Андрианова // Инновационная наука. – 2016. – № 11-2. – С. 51-53. *https://elibrary.ru/wzunut*

3. Касимов, Ф. Ш. Котеленко, С. В. Развитие ветровой энергетики / С. В. Котеленко, А. В. Чижкин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 12. – С. 72-76. *https://elibrary.ru/glmnel*

4. Ступина, С. М. Экология и ветровая энергетика / С. М. Ступина, А. А. Гудсков // Аллея науки. – 2022. – Т. 2, № 12(75). – С. 403-406. *https://elibrary.ru/jboiay*

5. Рашковская, Я. В. Ветровая энергетика как ESG-повестка зелёной энергетики в России / Я. В. Рашковская // Мировые тенденции и перспективы развития инновационной экономики : материалы XIII научно-практической конференции молодых ученых, Москва, 18 апреля 2024 года. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2024. – С. 144-149. *https://elibrary.ru/qobspm*

6. Гурбандурдыева, Г. О. Ветровая и солнечная энергетика мира: ключевые показатели отрасли и перспективы / Г. О. Гурбандурдыева, К. Какабай // Состояние и перспективы развития современной науки и образования : сборник статей X Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 05 июня 2025 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2025. – С. 130-136. *https://elibrary.ru/qsaowp*

УДК 697.1

К вопросу энергосбережения многоэтажных жилых зданий

*Светлова Е.П. *, студент; Руин А.Е., ассистент*

* Ответственный за переписку: lenaswetl@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье приведены исследования о возможности выполнения требований об энергосбережении многоквартирных жилых домов на основании приказа от 17 ноября 2017 г. № 1550/пр «Об утверждении требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений». В качестве объекта исследования был принят пятиэтажный, двухсекционный многоквартирный жилой дом, расположенный в городе Казань. В рассматриваемом здании для компенсации тепловых потерь предусмотрена система отопления, а также для обеспечения расчетного воздухообмена предусмотрена естественная вытяжная вентиляция с притоком воздуха через оконные клапаны. Исследования основывались на определении удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию многоквартирного жилого дома для различных вариантов энергосберегающих мероприятий (при различных значениях сопротивления теплопередачи). В результате был сделан вывод что в настоящее время невозможно обеспечить требования нормативного документа только за счет изменения сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций. Для обеспечения требований документа необходимо предусмотреть устройство механической приточно-вытяжной вентиляции с утилизаторами теплоты вытяжного воздуха.

Ключевые слова: энергосбережение, тепловой контур здания, энергоэффективность, многоквартирные жилые дома, удельный расход тепловой энергии.

Введение

В настоящее время на территории Российской Федерации активно ведется проектирование и строительство жилого фонда (по данным Федеральной службы государственной статистики за 2025 было введено в эксплуатацию 108,14 млн. м² жилой площади), что делает вопрос об энергосбережении более значимым. Помимо этого, актуальность проведенных исследований продиктована необходимостью реализации общих и частных положений Федерального закона от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности …» [1], а также необходимостью разработки энергоэффективных систем обеспечения параметров микроклимата жилых помещений согласно «Энергетической стратегии России на период до 2050 года» [2].

Материалы и методы

Энергосбережение в многоквартирных жилых зданиях, характеризуется уменьшением удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

Согласно приказу «Об утверждении требований…» [3] для вновь возводимых зданий (в том числе многоквартирных жилых домов) нормируемую (базовую) удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию необходимо уменьшать в зависимости от даты реализации проекта, так:

– на 20% по отношению к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию после 1 июля 2018 г. [3];

– на 40% по отношению к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию после 1 января 2023 г. [3];

– на 50% по отношению к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию после 1 января 2028 г. [3];

В качестве объекта исследования выбран двухподъездный, пятиэтажный многоквартирный жилой дом, расположенный в г. Казань. На рис. 1 представлен план первого этажа. Многоквартирный жилой дом оснащен автоматизированной системой отопления необходимой для компенсации тепловых потерь в жилых помещениях. В здании предусмотрена естественная вытяжная вентиляция, компенсация вытяжного загрязненного воздуха осуществляется приточными оконными клапанами.

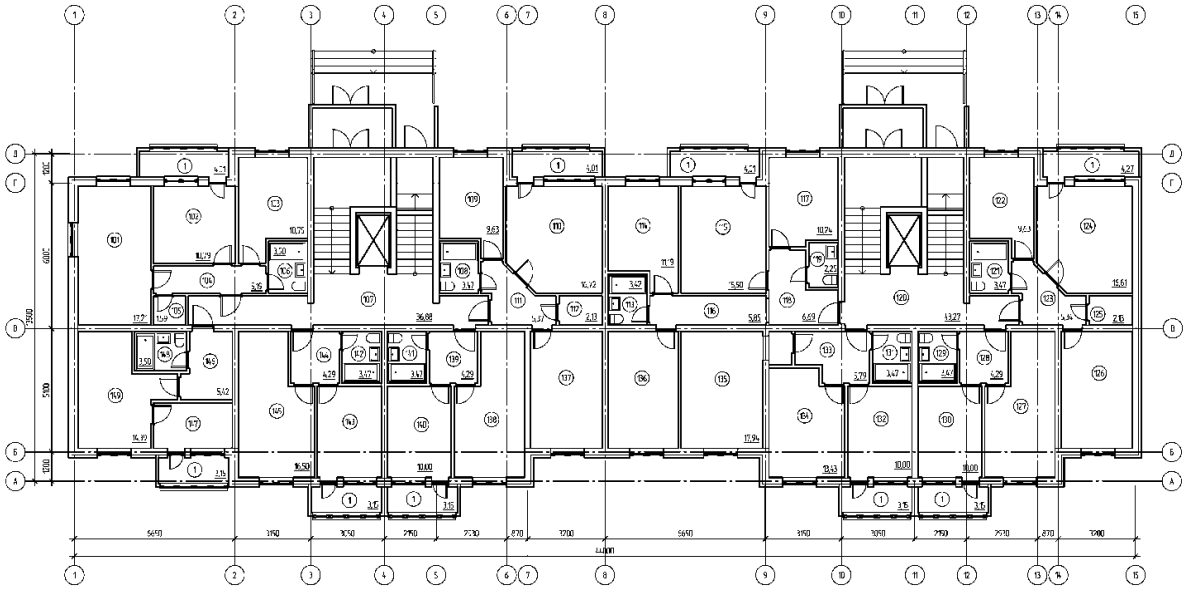


Рисунок 1 – План первого этажа рассматриваемого здания (Источник: Составлено автором)

Состав наружных ограждающих конструкций приведен в таблице 1.

В исследовании были рассмотрены шесть вариантов с различной толщиной теплоизоляции наружных ограждающих конструкций:

– 1 вариант: подбор состава ограждающих конструкций осуществлялся исходя из обеспечения минимально необходимого сопротивления теплопередаче:

$$R_0^{\text{норм}} = \frac{(t_\text{в} - t_\text{н})}{\Delta t^\text{н} \alpha_\text{в}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}, \quad (1)$$

где $t_\text{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С [4]; $t_\text{н}$ – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С [5]; $\Delta t^\text{н}$– нормируемый средний перепад между температурной внутреннего воздуха и поверхности ограждения, °С [4]; $\alpha_\text{в}$– коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м^2·°С) [6].

– 2 вариант: подбор состава, ограждающих конструкций осуществлялся исходя из обеспечения требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{тр}}$, (м^2 · °С)/Вт, определяется по [6];

– 3 вариант: подбор состава ограждающей конструкции осуществлялся исходя из обеспечения требуемого удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию;

– 4 вариант: подбор состава ограждающей конструкции осуществлялся исходя из уменьшения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию до 20%, относительно требуемого;

– 5 вариант: подбор состава ограждающей конструкции осуществлялся исходя из уменьшения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию до 40%, относительно требуемого;

– 6 вариант: подбор состава ограждающей конструкции осуществлялся исходя из уменьшения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию до 50%, относительно требуемого;

Таблица 1 – Состав наружных ограждающих конструкций

Наименование слоя ограждающей конструкции	δ, м	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot °\text{C}}$	$R, \frac{\text{м}^2 \cdot °\text{C}}{\text{Вт}}$
Стена			
Штукатурка цементно-песчаная	0,02	0,93	0,022
Газосиликат	0,25	0,26	0,962
Минеральная вата	*	0,04	*
Штукатурка цементно-песчаная	0,02	0,93	0,022
Покрытие			
Железобетонная плита	0,16	2,04	0,078
Цементно-песчаная стяжка	0,04	0,93	0,043
Каменная вата	*	0,04	*
Гипсоволокнистый лист	0,03	0,38	0,079
Перекрытие над неотапливаемым подвалом			
Железобетонная плита	0,16	2,04	0,078
Цементно-песчаная стяжка	0,04	0,93	0,043
Каменная вата	*	0,04	*
Асбестоцементные листы, 2 слоя	0,012	0,47	0,026

Примечание: * – толщина теплоизоляционного слоя принималась индивидуально для каждого рассматриваемого варианта.

Результаты исследования

Был проведен расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий по формуле (1), согласно [4]:

$$q_{\text{от}}^{\text{р}} = k_{\text{об}} + k_{\text{вент}} - \beta_{\text{КПИ}}(k_{\text{быт}} + k_{\text{рад}}), \quad (1)$$

где $k_{\text{об}}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м^3·°С), определяется в соответствии с приложением Д [4]; $k_{\text{вент}}$ – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м^3·°С), определяется в соответствии с приложением Б [4]; $k_{\text{быт}}$ – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/(м^3·°С), определяется в соответствии с приложением Б [4]; $k_{\text{рад}}$ – удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м^3·°С), определяется в соответствии с приложением Б [4]; $\beta_{\text{КПИ}}$ – коэффициент полезного использования теплопоступлений, определяется в соответствии с приложением Б [4].

Результаты расчетов удельной характеристики расхода тепловой энергии приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий

Наименование	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6
$k_{об}, \frac{Вт}{м^3 \cdot °С}$	0,2299	0,1418	0,1129	0,1015	0,0989	0,0910
$k_{вент}, \frac{Вт}{м^3 \cdot °С}$	0,2177	0,2177	0,2177	0,2177	0,1525	0,1199
$\beta_{КПИ}$	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445
$k_{быт}, \frac{Вт}{м^3 \cdot °С}$	0,0551	0,0551	0,0551	0,0551	0,0551	0,0551
$k_{рад}, \frac{Вт}{м^3 \cdot °С}$	0,0317	0,0317	0,0317	0,0317	0,0317	0,0317
$q_{от}^{р}, \frac{Вт}{м^3 \cdot °С}$	0,4090	0,3208	0,2919	0,2806	0,2127*	0,1722**
$q_{от}^{тр}, \frac{Вт}{м^3 \cdot °С}$	0,359	0,359	0,359	0,2872	0,2154	0,1795

* – требование выполнено с учетом применения утилизаторов теплоты вытяжного воздуха, коэффициент эффективности теплоутилизатора, $k_{эф}$=0,3;

** – требование выполнено с учетом применения утилизаторов теплоты вытяжного воздуха, коэффициент эффективности теплоутилизатора, $k_{эф}$=0,45.

Заключение

На основании проведённого исследования можно сделать вывод, что в настоящее время только изменение толщины утеплителя не является достаточной мерой для повышения энергоэффективности здания. А выполнение требований нормативных документов по снижению удельной характеристики потребления тепловой энергии на отопление и вентиляции возможно только при устройстве механической приточно-вытяжной вентиляции.

Список использованных источников

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. 01.03.2026) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. https://docs.cntd.ru/document/902186281 (дата обращения 10.03.2026)

2. Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 12.04.2025 № 908-р. // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. https://docs.cntd.ru/document/1312459681 (дата обращения 10.03.2026)

3. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 17 ноября 2017 г. №1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений».

4. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Стандартинформ. – 2013. – 15 с.

5. СП 131.13330.2025 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – М.: Минстрой России. – 2025. – 245 с.

6. СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М.: Министерство регионального развития Российской Федерации. – 2024. – 100 с.

УДК 697.92

Системы отопления многоквартирных жилых домов

*Светлова Е.П. *, студент*

* Ответственный за переписку: lenaswetl@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье приведены основные свойства наиболее распространенных систем отопления. Однотрубные системы получившее наибольшее распространение во времена СССР являются более затратными в оснащении оборудованием в виду тенденции типизации того времени, а также не дает возможности индивидуально регулирования параметры микроклимата для отдельных потребителей и не дает возможности для индивидуального расчета фактического потребления теплоты. Двухтрубные системы более эффективные системы отопления, появляется возможности индивидуального учета тепловой энергии (при устройстве поэтажного коллектора), а также становится возможным регулирования температуры внутреннего воздуха каждым отдельным потребителем. Индивидуальные поквартирные системы отопления с устройством квартирных котлов дают возможность учета фактического потребления тепловой энергии каждым потребителем, исключают дополнительные потери теплоты от транзитных трубопроводов.

Ключевые слова: отопление, энергоэффективность, энергосбережение, многоквартирные жилые дома, микроклимат.

Научный руководитель – ассистент кафедры отопления и вентиляции ННГАСУ Руин Алексей Евгеньевич.

В настоящее время для поддержания комфортной температуры в многоквартирных жилых домах (МЖД) применяется водяная система отопления. Она обеспечивает расчетные параметры микроклимата в помещении, и от её эффективности зависит комфорт проживания в квартирах людей. В условиях постоянного роста требований к энергоэффективности и комфорту вопросы оптимизации отопления выходят на первый план. Актуальность статьи обусловлена необходимостью поиска оптимальных решений в сфере внутреннего теплоснабжения многоквартирных жилых домов.

Любая система отопления, которая применяется на территории Российской Федерации в многоэтажных жилых домах поимущественно является водяная система отопления, которая состоит из источника тепловой энергии, индивидуального теплового пункта, магистралей и стояков. Преимущество данной системы: высокая теплоемкость теплоносителя; возможность менять в широком диапазоне температуру воды; равномерная температура воздуха в помещении. Недостатки: высокое гидростатическое давление; монтаж требует большого количества строительных работ и необходим бесперебойный нагрев теплоносителя.

В нашей стране большое распространение имеет центральная конвективная система отопления, которая за счет локального нагрева воздуха от отопительных приборов (радиаторы) нагревает воздух в обслуживаемых помещениях создавая комфортные параметры микроклимата для людей. Минусами данной системы являются неравномерный прогрев помещения (рисунок 1) и зависимость потребителей от общедомой системы отопления [1].

Большое распространение на территории нашей страны во времена СССР получила однотрубная система отопления (рисунок 2). В такой системе подача теплоносителя происходит последовательно по одному трубопроводу ко всем отопительным приборам [2].

Распространение эта система получила за счет популярного движения в то время – типизации в строительном производстве. В виду этого системы отопления имеют значительный перерасход санитарно-технических материалов, что отрицательно сказывается на настоящей тенденции снижения себестоимости строительства. Также система отопления объединяет несколько потребителей (по стоякам), что приводит к невозможности обеспечения индивидуальных потребностей потребителей и их зависимости от других потребителей. Для решения этой проблемы устанавливают замыкающие участки (перемычки, байпасы) между трубами, что позволяет перекрывать радиатор без отключения всей системы [].

Рисунок 1 – Радиаторное отопление (слева), панельно-лучистое напольное отопление (справа) (Источник: Составлено автором)

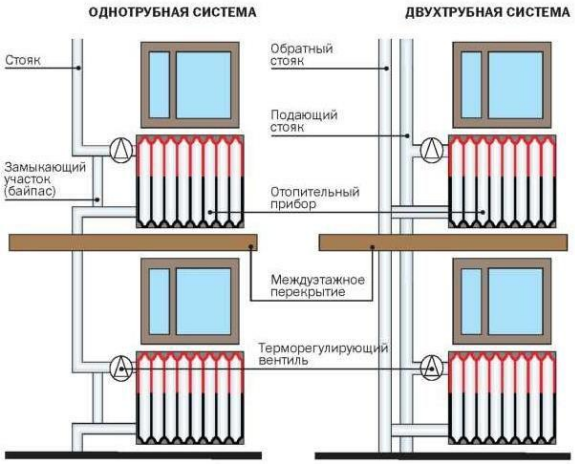


Рисунок 2 – Однотрубная (слева) и двухтрубная система отопления МЖД (справа) (Источник: [3])

В настоящее время установка однотрубной системы отопления многоэтажного дома новой постройки встречается крайне редко, за исключением проведения капитального ремонта старого жилого фонда [4]. Большее распространение получила двухтрубная система водяного отопления (рисунок 2), которая представляет собой одну из наиболее эффективных систем отопления в МЖД. Ее главным отличием является наличие обратного трубопровода, который собирает остывшую воду от каждого радиатора и транспортирует ее в обратно к источнику теплоты для дальнейшего нагрева. Такой способ позволяет равномерно распределять теплоту между радиаторами и индивидуально регулировать микроклимат помещений.

Наиболее распространенным видом системы является система с установкой поэтажных распределительными коллекторами оборудованных регулирующей арматурой и приборами учета тепловой энергии.

Еще одной из разновидностей системы отопления является панельно-лучистое отопление. Отопительные панели представляют монолитные железобетонные плиты, внутри

которых расположены змеевики или регистры, изготовленные из стальных труб или труб из термостойкого стекла. Они бывают трех типов: потолочные, напольные и стеновые.

Греющие элементы располагаются во внутренних и наружных ограждающих конструкциях. Теплообмен осуществляется за счет лучеиспускания нагретой поверхности в инфракрасном диапазоне. При этом радиационная температура при лучистом отоплении превышает температуру внутреннего воздуха. Основными преимуществами данной системы являются: оптимальное распределение температуры по объёму помещения; отсутствие циркуляции пыли, так как нет конвекции; гигиеничность и безопасность; отсутствие промерзаний и застойных зон в помещении при использовании бетонных панелей в наружных ограждающих конструкциях. Главные недостатки такой системы – сложность профилактики и высокая стоимость капитального ремонта, а также существенные бесполезные потери теплоты (до 40%) при размещении панелей в наружных ограждения. [5]

Также современные многоэтажные жилые дома стали оснащать поквартирными (индивидуальными) системами отопления. Данная система отопления представляет собой устройство индивидуального квартирного котла (источник теплоты) для нужд отопления и горячего водоснабжения (ГВС). Характерным отличием данной системы является индивидуальное разведение инженерных систем (отопления и ГВС) от отопительного котла в пределах одной квартиры, что позволяет более удобное управление системами отопления и приготовления горячей воды. Она обеспечивает возможность отопления квартиры в период межсезонных колебаний климатических показателей наружного воздуха, позволяет проводить полный учет фактически затраченных энергоресурсов на теплоснабжение. За счет индивидуальной регулировки снижается расход тепловой энергии, тем самым, повышается энергоэффективность здания. Минусами системы является обустройство квартир дополнительным защитным оборудованием на случай утечки природного газа, а также индивидуального или общедомового дымохода.

Заключение

В результате можно сделать вывод, что водяная система отопления остается наиболее распространенным вариантом теплоснабжения МЖД, выбор которой зависит от требуемой энергоэффективности, бюджета и потребностей застройщика, доступности газа. Оптимальным решением для новых построек является двухтрубная система с индивидуальными поэтажными коллекторами, обеспечивающая максимальный комфорт и требуемую энергоэффективность.

Список использованных источников

1. Сухов, В. В. Инженерные сети : учебное пособие / В. В. Сухов ; под редакцией В. В. Сухова. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2019. – 179 с. – ISBN 978-5-528-00377-1. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: *https://e.lanbook.com/book/164857* (дата обращения: 10.04.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей. Текст : электронный.

2. Проектирование системы отопления по схеме Ленинградка: от концепции до эффективной реализации // Energy Systems : [сайт]. – URL: *https://clck.su/zVAly* (дата обращения: 10.04.2026) – Текст : электронный

3. Стоит ли делать однотрубную систему отопления для дома // tgorlovka.com : [сайт]. – URL: *https://clck.su/FHhoT* (дата обращения: 10.04.2026) – Текст : электронный

4. Отопление многоэтажных домов // ИНТЕХ : [сайт]. – URL: *https://www.air-ventilation.ru/Otoplenie-mnogoetazhnyh-domov.htm* (дата обращения: 10.04.2026) – Текст : электронный.

5. Система панельно-лучистого отопления // StudFiles – файловый архив студентов : [сайт]. – URL: *https://studfile.net/preview/9067359/page:45/* (дата обращения: 10.04.2026) – Текст : электронный.

УДК 697.1

Особенности проектирования систем вентиляции и кондиционирования в школах

Успенский В.Н., студент; Перфилов Д.Ю., студент; Козлов С.С., старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: vlaaduspen777@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В докладе рассмотрены особенности проектирования систем вентиляции и кондиционирования для школ. Проведен анализ нормативных требований (СанПиН, СП) и принципов зонирования помещений (классы, спортзал, столовая, лаборатории). Итогом работы стал вывод о необходимости разделения вентиляционных систем, приоритете локальной вытяжки и внедрении энергоэффективных решений для создания безопасного микроклимата.

Ключевые слова: вентиляция, школа, СанПиН, воздухообмен, микроклимат.

Научный руководитель –старший преподаватель кафедры вентиляции и отопления ННГАСУ, Козлов Сергей Сергеевич.

Введение

Общеобразовательное учреждение в современном понимании представляет собой многофункциональный инженерный объект, где микроклиматические параметры играют определяющую роль в сохранении здоровья обучающихся и качестве усвоения материала. Одним из важнейших элементов инженерной инфраструктуры, остающимся, как правило, незаметным для участников образовательного процесса, выступает система принудительного воздухообмена и температурного регулирования. Именно корректность проектных решений в области вентиляции определяет не только чистоту воздушной среды в рекреациях и учебных кабинетах, но и соответствие учреждения жестким санитарно-гигиеническим нормативам, а также длительность эксплуатации отделочных материалов.

Актуальность астоящего исследования продиктована повышением требований надзорных органов к условиям пребывания детей (действующий СанПиН 2.4.2.2821-10) и усложнением технического оснащения школ. Просчеты, допущенные на стадии разработки вентиляционных схем, влекут за собой серьезные негативные последствия: от ухудшения самочувствия детей и падения концентрации внимания на уроках до формирования устойчивой вирусной среды и предписаний со стороны Роспотребнадзора. Дополнительную сложность представляет необходимость интеграции вентиляционных систем в общую архитектуру здания с учетом современных норм энергосбережения и акустического комфорта.

Материалы и методы

В данной реферативной работе в качестве материалов использованы нормативно-правовые документы и техническая литература по проектированию вентиляции [1-5]. Методы исследования включают анализ нормативной базы, функциональное зонирование школьных помещений, сравнение типов систем кондиционирования и способов воздухораспределения, а

также расчетные методики определения воздушного баланса, параметров местных отсосов и оценки энергоэффективности.

Результаты и обсуждение

1.Дифференцированные параметры микроклимата.

Установлено, что для различных зон школы нормируются разные показатели. В учебных классах температура должна поддерживаться в диапазоне 18–24 °С, относительная влажность – 40–60 %, скорость движения воздуха – не более 0,1 м/с. Для спортивных залов допустима более высокая подвижность воздуха (до 0,2 м/с) при температуре 17–20 °С, а в пищеблоке (горячем цехе) допускается температура до 26 °С при условии эффективной работы местных отсосов.

2.Принцип функционального зонирования.

Необходимо разделение вентиляционных систем для помещений с разными источниками загрязнений. Пищеблок, лаборатории, санузлы и мастерские должны обслуживаться автономными системами, не связанными с вентиляцией учебных классов и коридоров. Это предотвращает перенос запахов, жировых аэрозолей и химических паров в «чистые» зоны.

3.Критическая роль местных отсосов.

Эффективность удаления загрязнений в горячем цехе и лабораториях напрямую зависит от правильного выбора и монтажа вытяжных зонтов и шкафов. Для пищеблока обязательна установка жироулавливающих фильтров (эффективность не менее 40 % для частиц 5–7 мкм), а для лабораторий скорость воздуха в рабочих проемах вытяжных шкафов должна составлять от 0,5 до 1,5 м/с в зависимости от класса опасности веществ.

4.Воздушный баланс и контроль CO_2.

Показано, что поддержание качества воздуха в классах требует точного расчета воздухообмена с учетом количества учащихся. Применение датчиков CO_2 позволяет автоматически регулировать подачу свежего воздуха, снижая энергопотребление в периоды отсутствия детей. Для предотвращения перетекания запахов в «грязных» зонах поддерживается пониженное давление, а переток воздуха из смежных помещений должен составлять 10–60 % от удаляемого расхода.

5.Энергоэффективные решения.

Целесообразно применение систем с рекуперацией тепла (экономия 50–70 % тепловой энергии), инверторных компрессоров и EC-вентиляторов. Рекуператоры позволяют передавать тепло от удаляемого воздуха приточному в зимний период, а в летний – частично охлаждать и осушать приток.

6.Требования пожарной безопасности.

Для соблюдения требований пожарной безопасности необходимо, чтобы системы пищеблоков проектировались с жироуловителями. Жировые фильтры подлежат ежедневной очистке, а над тепловым оборудованием (плиты, жарочные шкафы, фритюрницы) рекомендуется устанавливать системы пожаротушения (химические или водяные). В лабораториях запрещается работа в неисправном вытяжном шкафу или при отключенной вентиляции.

Проектирование школьной вентиляции осложнено противоречием между интенсивным воздухообменом и энергосбережением, которое решается за счёт датчиков CO_2 и рекуперации тепла. Ограничение скорости воздуха в классах (0,1 м/с) исключает настенные сплит-системы, требуя канальных или VRF-решений с подачей через потолок. В пищеблоке необходима отдельная приточная установка с избыточным давлением в обеденном зале для компенсации вытяжки и предотвращения запахов. Для лабораторий химии обязательны кислотостойкие воздуховоды и автономные вытяжные шкафы. Практическая реализация требует

индивидуального подхода, а модернизация существующих школ затруднена архитектурными ограничениями и необходимостью непрерывности учебного процесса.

Заключение

Проектирование вентиляции и кондиционирования школы – комплексная задача, требующая строгого соблюдения санитарных, строительных и противопожарных норм. Ключевыми принципами являются функциональное зонирование здания, разделение систем для «чистых» и «грязных» зон, приоритет локальной вытяжки над источниками загрязнений, точный расчет воздухообмена с контролем CO_2 и внедрение энергоэффективных решений.

Список использованных источников

1. Табунщиков, Ю. А. Энергоэффективные здания / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач, Н. В. Шилкин. – Москва : Информационно-издательское предприятие «АВОК-ПРЕСС», 2003. – 200 с.

2. Бродач М. М., Серегин А. И. Экологически ориентированные энергоэффективные решения для обеспечения безопасной внутренней среды: операционные // Журнал «АВОК». – 2024. – № 5. – С. 20–29. – URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=8671

3. Бирюков М. П. Исследование эффективности работы систем вентиляции для использования в учебном процессе : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 13.04.02 / М. П. Бирюков ; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. – Москва, 2024. – 120 с. – URL: http://elib.timacad.ru/dl/local/vkr-k11567.pdf

4. Ливчак А. В. Вытесняющая вентиляция в школах / А. В. Ливчак // Журнал «АВОК». – 2004. – № 8. – С. 22–30. – URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2665

5. Арустамян К. А. Вентиляция общеобразовательной школы с размещением дошкольного образовательного учреждения по ул. Титановой в г. Челябинск : выпускная квалификационная работа бакалавра : 08.03.01 – Строительство / К. А. Арустамян ; Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск, 2020. – 85 с.

УДК 697.9

К определению оптимального значения сечения воздуховодов

Шубин А.С, студент; Щукин А.М., студент; Суханов Д.В., студент; Козлов Е.С., канд. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: kinderman@list.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается методика определения экономически целесообразного сечения воздуховода в системе вытяжной вентиляции. Показано, что увеличение сечения приводит к снижению потерь давления в системе и, как следствие, к снижению энергопотребления нагнетателем. В то же время увеличение размеров воздуховода приводит к росту затрат на материалы и монтаж. Приведены аналитические зависимости для выявления оптимального диаметра канала, а также примеры для различных режимов работы системы. Установлено, что при значительной загрузке (6000 ч/год) и высокой стоимости электроэнергии (12 руб/кВт·ч) оптимальной можно считать скорость воздуха в каналах и воздуховодах около 2,5 м/с, что обеспечивает экономию до 7,5% по сравнению с традиционным подходом. Представлены графические зависимости суммарных затрат и относительной экономии от диаметра и площади сечения воздуховода.

Ключевые слова: воздуховод, вентилятор, оптимизация, приведённые затраты, энергоэффективность, диаметр, скорость воздуха, экономия.

Авторы выражают благодарность заведующему кафедрой, доктору технических наук, доценту Михаилу Валерьевичу Бодрову и научному руководителю канд. тех. наук, доценту Евгению Сергеевичу Козлову.

Введение

При проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха диаметр воздуховодов обычно назначается из условия ограничения максимальной скорости потока [1]. Этот подход гарантирует допустимый уровень шума, но не в полной мере учитывает экономическую составляющую: увеличение сечения снижает аэродинамическое сопротивление и, следовательно, потребляемую мощность вентилятора, однако повышает стоимость воздуховодов и их монтажа [2].

По нашему мнению, важным инженерным решением является определение оптимального диаметра канала (воздуховода), при котором суммарные приведённые затраты за период эксплуатации системы будут минимальными. В данной работе предлагается методика расчёта с учётом следующих основных параметров:

– стоимость электроэнергии;
– стоимость материалов и монтажа воздуховодов;
– стоимость вентилятора;
– годовая наработка системы;
– срок службы.

Целью исследования является разработка практических рекомендаций для проектировщиков по выбору экономически целесообразных вариантов сечений вентиляционных каналов.

Математическая модель

Затраты на воздуховод

Затраты на воздуховод определяются исходя из площади его боковой поверхности и стоимости материала с учётом монтажа.

Рассмотрим круглый стальной воздуховод постоянного диаметра D (м) длиной L (м). Расход воздуха Q (м³/с) задан.

Площадь боковой поверхности воздуховода:

$$S = \pi DL, \tag{1}$$

Затраты на материал и монтаж (руб):

$$C_{duct} = C_s \cdot \pi DL, \tag{2}$$

где C_s – стоимость 1 м² поверхности материала с учетом монтажа, руб/м²;

Затраты на вентилятор

Потери давления на трение (формула Дарси–Вейсбаха) [1]:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \vartheta^2}{2}, \tag{3}$$

где λ – коэффициент гидравлического трения; ρ = 1,2 – плотность воздуха, кг/м³;ϑ– скорость;

После подстановки:

$$\Delta P = \frac{8\lambda\rho LQ^2}{\pi^2 D^5}. \tag{4}$$

Мощность вентилятора (с учётом к.п.д., η) [4.3]:

$$N = \frac{Q\,\Delta P}{\eta} = \frac{8\lambda\rho LQ^3}{\pi^2 \eta D^5}. \tag{5}$$

Введём постоянный коэффициент (для перевода Вт в кВт):

$$k = \frac{8\lambda\rho}{\pi^2\eta} \cdot 10^{-3} (\text{при } \lambda = 0{,}02, \eta = 0{,}7). \tag{6}$$

Тогда:

$$N = k\frac{LQ^3}{D^5} (\text{кВт}). \tag{7}$$

Капитальные затраты на вентилятор (линейная аппроксимация) [4]:

$$C_{fan,cap} = k_f \cdot N, \tag{8}$$

где k – удельная стоимость вентилятора, руб/кВт;

Эксплуатационные затраты на электроэнергию за срок службы Tлет [5]:

$$C_{fan,op} = H \cdot T \cdot e \cdot N, \tag{9}$$

где H – годовое число часов работы; e – тариф, руб/кВт·ч;

Полные затраты, связанные с вентилятором:

$$C_{fan} = (k_f + H \cdot T \cdot e)N. \quad (10)$$

Суммарные приведённые затраты

$$C_{total}(D) = C_s \pi L D + (k_f + HTe) \cdot k \frac{LQ^3}{D^5}. \quad (11)$$

Обозначим:

$$A = C_s \pi L, B = (k_f + HTe) \cdot kLQ^3. \quad (12)$$

Тогда:

$$C_{total}(D) = AD + \frac{B}{D^5}. \quad (13)$$

Оптимальный диаметр

Условие минимума:

$$\frac{dC_{total}}{dD} = A - 5\frac{B}{D^6} = 0 \Rightarrow D_{opt}^6 = \frac{5B}{A}, \quad (14)$$

$$D_{opt} = \sqrt[6]{\frac{5B}{A}} = \sqrt[6]{\frac{5(k_f + HTe) \cdot kLQ^3}{C_s \pi}}. \quad (15)$$

Интересно, что D_{opt} не зависит от длины воздуховода L (при условии доминирования потерь на трение). Однако для коротких участков (<20 м) местные сопротивления могут повлиять на выбор оптимального варианта.

Оптимальная скорость

$$\vartheta_{opt} = \frac{4Q}{\pi D_{opt}^2} = \left(\frac{64 C_s}{5\pi^2 (k_f + HTe) \cdot kQ}\right)^{\frac{1}{3}}. \quad (16)$$

Оптимальная скорость обратно пропорциональна кубическому корню из расхода: чем больше расход, тем ниже оптимальная скорость.

Анализ соотношения затрат (на практическом примере системы вентиляции)

Исходные данные: $Q = 3600 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}, L = 100\text{м}, Cs = 1000 \frac{\text{руб}}{\text{м}^2}, \text{e} = 12 \frac{\text{руб}}{\text{кВт·ч}}, H = 6000\ \text{ч}, T =$ 15 лет.

На рисунке 1 показана зависимость суммарных затрат от диаметра воздуховода для рассмотренных данных. Минимальные затраты очевидны в диапазоне сечений 1,0–1,3 м.

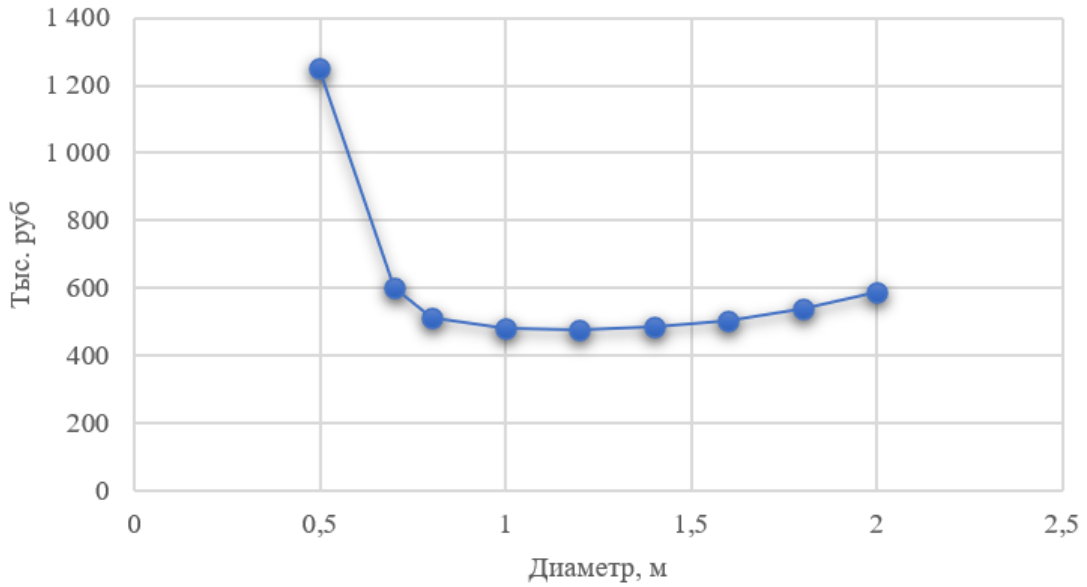


Рисунок 1 – Зависимость суммарных затрат от диаметра вентиляционного канала (Источник: Составлено автором)

Минимум достигается при D ≈ 1,2–1,3 м, что соответствует скорости около 2,5 м/с и не превышает максимально допустимую.

Диаграмма относительной экономии от площади сечения

Для наглядности построим зависимость экономии (в %) от площади сечения воздуховода (рис. 2).

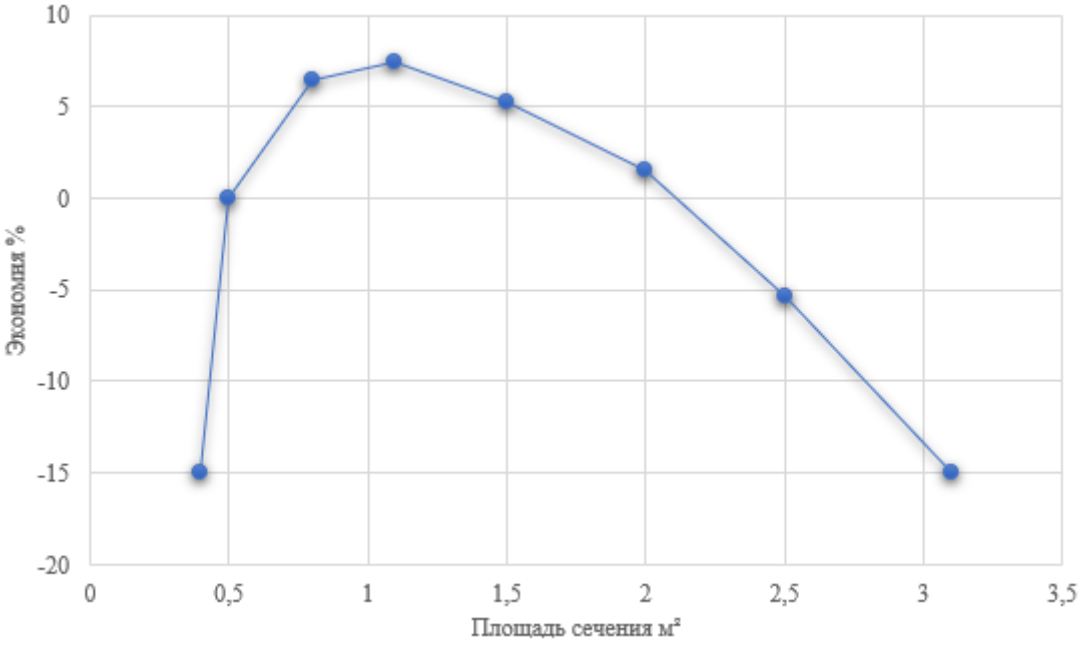


Рисунок 2 – Диаграмма относительной экономии от площади сечения (Источник: Составлено автором)

Максимальная экономия (~7,5%) достигается при площади сечения 1,0–1,2 м². Дальнейшее увеличение сечения ведёт к росту затрат на воздуховод, который не компенсируется снижением расходов на вентилятор. Необходимо отметить, что экономическая целесообразность определяется относительно стандартных методов проектирования.

Практические рекомендации

1) Для длинных магистралей (L > 50 м) с высокой годовой наработкой (>3000 ч) и при высокой стоимости электроэнергии (>7 руб/кВт·ч) целесообразно рекомендовать в проектировании скорость воздуха 3–5 м/с, что соответствует диаметру на 20–40% больше, чем при традиционном расчете. Экономия может достигать 15–30% [2].

2) Для коротких участков (L < 20 м), с малой годовой наработкой и невысокой стоимости электроэнергии увеличение диаметра неоправданно, в подобных системах доминируют местные и линейные сопротивления, стоимость фасонных деталей.

3) При значительной стоимости воздуховодов, также рекомендуется придерживаться традиционных норм проектирования.

4) Рекомендуется выполнять технико-экономический расчёт для каждого проекта, используя актуальные цены на материалы, оборудование и электроэнергию [4].

Выводы

– Разработана методика определения экономически оптимального диаметра воздуховода, учитывающая как капитальные, так и эксплуатационные затраты [4].

– Показано, что оптимальный диаметр не зависит от длины воздуховода (при преобладании потерь давления на трение) и обратно пропорционален корню шестой степени из стоимости воздуховода.

– Пример для варианта системы промышленной вентиляции ($Q = 3600\ \frac{м^3}{ч}, L = 100м, Cs = 1000\frac{руб}{м^2}, е = 12\frac{руб}{кВт{\cdot}ч}, H = 6000$ ч, $T = 15$ лет) показал, что оптимальное значение сечения воздуховода находится в диапазоне скорости 2–3 м/с, экономия относительно традиционного решения составляет ~7,5% [5].

– При снижении стоимости воздуховода до 500–700 руб/м² экономия возрастает до 20–30%, и применение увеличенных диаметров становится экономически оправданным и эффективным.

– Рекомендуется для каждого проекта проводить расчёт по изложенной методике, так как его результат в значительной степени зависит от региональных цен на материалы и энергоносители [4].

Список использованных источников

1. Каменев П.Н., Тертичник Е.И. Проектирование вентиляции. – М.: Издательство АСВ, 2015.

2. Караджи В.Г., Московко Ю.Г. Способы увеличения аэродинамической эффективности вентиляционных систем // АВОК, 2009. – № 5. – С. 28.

3. Галкина, Н. И. КПД систем вентиляции / Н. И. Галкина // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 2(45). – С. 103. *https://www.elibrary.ru/zeonun*

4. Богуславский Л.Д. Экономика теплоснабжения и вентиляции. – М.: Стройиздат, 1988. – 351 с.

5. СТО НП «АВОК» 2.2.4-2015 «Рекомендации по повышению энергоэффективности систем вентиляции и кондиционирования воздуха. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2015. – 23 с.

Инновационные технологии в геодезии, землеустройстве и кадастрах

УДК 528.88

Применение спутниковых данных OpenStreetMap для разработки учебного макета

Антошин Е.А., студент; Ануров М.А., студент; Петрова Л.Г., старший преподаватель кафедры Инженерной геодезии НГАСУ (Сибстрин)*

* Ответственный за переписку: e.antoshin@sibstrin.ru
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, Новосибирск

Аннотация. OpenStreetMap – это открытый картографический проект (геоинформационная система), которая создаётся и редактируется усилиями тысячи волонтёров по всему миру. Ключевое отличие OSM от других ГИС – привязка к географическим координатам, что позволяет не только визуализировать пространственные данные, но и связывать объекты с дополнительной информацией (например, данные о населении, исторических местах, типах зданий и сооружений). На сегодняшний день OSM применяется повсеместно: от прокладывания туристических маршрутов, до планирования или логистики для гуманитарных групп, коммунальных служб. На достоверность данных указывают некоторые примеры крупных организаций и сервисов, применяющих в своей работе OSM: «2ГИС», «Яндекс». В настоящее время для разработки учебно-методических пособий применяется множество различных видео и фоторедакторов, позволяющих создавать наглядные демонстрационные материалы. В первую очередь важна доступность, простота и экономичность используемых средств. В данной статье приводятся результаты исследований по изучению возможности применения вышеописанной геоинформационной системы в разработке наглядных учебных пособий, на примере создания физического макета трассы.

Ключевые слова: нивелирование, рельеф, профиль, геоинформационные системы, макет.

Введение

В настоящее время в преподавании все более актуальным является использование наглядных демонстраций при подаче материала. Уже доказано, что современное поколение не способно усваивать информацию так, как это было еще лет 20 назад: сейчас людям важна наглядность, конкретная визуализация процессов и принципов через трёхмерные модели, видео анимации, наглядные цветные картинки и так далее. Современные технологии стали настолько доступными, что сейчас каждый человек может установить на свой портативный компьютер любой графический видео– или фоторедактор. Разработано множество программ для трёхмерного моделирования как объектов, так и физико-химических процессов. Но не все программные комплексы имеют свободный доступ: к каким-то программам, например, требуется оформление платной подписки, какие-то программы могут быть достаточно сложными, т.е. для работы в этих программах требуется дополнительная подготовка в виде прохождения каких-то обучающих программ, курсов и т.д., что опять же несёт дополнительную финансовую нагрузку. Таким образом, в наше время для разработки учебно-методических пособий требуются оптимальные, доступные и экономичные способы. В учебной программе по изучению геодезии также важную составляющую играет применение спутниковых снимков и картографических данных.

Применение геоинформационных систем

Геоинформационные системы (ГИС) – это компьютерные технологии, которые собирают, хранят, анализируют и визуализируют пространственные данные (графические координаты, карты, спутниковые снимки) вместе с сопутствующей информацией [1]. Ключевыми преимуществами ГИС являются многослойность карт, масштабируемость, трёхмерное представление, автоматический расчет площадей и расстояний. В современном мире ГИС широко применяются в земельном и природном кадастре, экологии, для прогнозирования стихийных бедствий, в транспортных и навигационных системах, при создании схем инженерных коммуникаций, электронных планов городов и многом другом. По оценкам, до 90% информации, с которой сталкивается человек, можно представить с помощью ГИС, что подтверждает огромный потенциал и динамичное развитие этих технологий. Таким образом, геоинформационные системы находят широчайшее применение в геодезии. В настоящее время существует огромное многообразие программного обеспечения по геоинформационным системам, такие как ArcGIS, ESRI, PostGIS, MapInfo, 2ГИС, NextGIS, QGIS и многие другие.

OpenStreetMap

Одной из таких систем является программа OpenStreetMap. OpenStreetMap – это открытый картографический проект, созданный усилиями тысяч волонтёров. Они собирают и редактируют данные из разных источников: спутниковых снимков, GPS-треков, а также местных знаний, полученных во время пеших прогулок. Любой зарегистрированный участник может редактировать карту. Опытные пользователи используют редактор JOSM для работы с крупными и сложными участками. Как и любая ГИС, OpenStreetMap работает с цифровыми данными, но ключевое отличие – привязка к географическим координатам. Это позволяет не только визуализировать пространственные данные, но и связывать объекты с дополнительной информацией (например, население, достопримечательности). Сегодня OpenStreetMap применяется повсеместно: от навигации до работы доставки, медицины, разработки игр и приложений [2,3]. На основе OSM создан, например, редактор Open Orienting Map для карт спортивного ориентирования. Основным и главным преимуществом OSM является её простота и общедоступность. Её можно легко найти в поисковых браузерах, пройти лёгкую регистрацию и сразу же приступить к работе. В OpenStreetMap интегрирован специальный редактор Open Orienting Map, который позволяет работать с выбранными участками местности, не переходя в какие-либо другие программы – это очень удобно. Таким образом, далее будет рассматриваться применение именно этой программы как инструмента для разработки учебно-методических пособий.

Геометрическое нивелирование

Одной из ключевых тем при изучении геодезии, в частности в курсе «Геодезия в строительстве», является тема изучения методов геометрического нивелирования, который особенно актуален при проектировании линейных объектов, таких как дороги, магистральные трубопроводы, линии электропередач, подземные коммуникации и прочее. По этой причине для дальнейшего исследования будет рассматриваться создание макета именно для демонстрации принципа геометрического нивелирования трассы. Нивелирование может производиться двумя способами: способом «вперёд» и «из середины». Самым распространённым и наиболее точным является второй метод, поскольку он автоматически компенсирует ошибки из-за не параллельности визирной оси и оси уровня, не требует измерения высоты прибора, что упрощает полевые работы и снижает число ошибок, позволяя быстро выполнять измерения при минимальных требованиях к горизонту. Также важным является выбор нивелира. По принципу действия различают три основных типа нивелиров:

оптические, цифровые и лазерные. Высокоточным считается цифровой (электронный) нивелир, автоматически считывающий данные с нивелирной рейки с помощью встроенной камеры и процессора. Высокая точность достигается прежде всего за счёт автоматизации процесса взятия отсчётов и практически полного исключения человеческого фактора [4]. В то время как при работе с оптическим нивелиром геодезист «вручную» считывает отсчёты по рейке, что повышает риск ошибок. Заявленная точность цифровых нивелиров составляет 0,3–0,4 мм на 1 км двойного хода, у некоторых моделей достигает 0,2 мм, тогда как у высокоточных оптических нивелиров погрешность на единицу расстояния составляет 0,1–0,4 мм/м. Дополнительной функцией цифрового нивелира является возможность измерения расстояния до рейки, что позволяет непрерывно контролировать равенство плеч. Для получения наиболее точных данных в исследовании взятие отсчётов по рейке с изготовленного макета будет проводиться с использованием высокоточного цифрового нивелира EFT L-0,7. В дальнейшем при использовании макета на практических занятиях, студенты могут брать отсчёты по рейке оптическим нивелиром вместо цифрового, ввиду незначительной погрешности при работе в аудиторных условиях.

Технологии макетирования

Существуют различные технологии создания макетов. Наиболее распространёнными являются макетирование с применением пенополистирола и создание макетов при помощи 3D-печати на принтерах из различных видов пластика. Основным материалом для печати макетов является пластик. Создание моделей на 3D-принтере имеет свою специфику: для вывода на печатный станок необходима воссозданная трёхмерная модель изделия в специальном программном комплексе. Размер изделия ограничен размером самой печатающей машины, т.е. при необходимости создания большого по габаритам изделия придётся либо искать принтер больших размеров (такие встречаются крайне редко, а печать на них стоит гораздо дороже), либо разбивать одну модель на разные части, проектировать (моделировать) объект по частям, а затем ещё и придумывать, как собрать все детали воедино. Кроме того, материал и услуги печати отнюдь не дешёвые, также как и требуются немалые знания и умения по работе в специализированном программном комплексе. Макетирование при помощи пенополистирола является более простым, экономичным и доступным, чем 3D-печать. Таким образом, для создания учебного пособия в виде макета оптимальнее всего использовать технологию изготовления из пенополистирола.

Изготовление макета

На основе спутникового снимка выбранного участка местности, взятого из картографического источника OpenStreetMap, во встроенном редакторе OpenOrientingMap была максимально достоверно воссоздана карта местности. Далее карта была экспортирована в программный комплекс ArchiCAD, предназначенный для информационного моделирования зданий, сооружений, интерьеров и ландшафтов. Этот шаг был принят лишь для того, чтобы предварительно увидеть, как будет выглядеть рельеф местности в объёме, и убедиться в том, что спутниковых снимков и открытых картографических источников вполне достаточно для выполнения подобных работ. После чего на основе карты местности и воссозданной модели был изготовлен физический макет, для которого в качестве материалов выступили пенополистирол, экструдированный пенополистирол, гипс и акриловые краски. Масштабы макета были приняты следующие: горизонтальный 1:1000, вертикальный 1:50, что позволяет более наглядно продемонстрировать рельеф местности. На поверхности макета был проложен разомкнутый пикетный ход с указанием известных отметок (реперов), точек визирования и линии трассы. В качестве отметок реперов были взяты номинальные значения, отличные от

действительных высот, поскольку для отображения принципов нивелирования трассы в этой привязке нет необходимости. Затем по изготовленному макету в лаборатории был смоделирован процесс взятия отсчётов по рейке с помощью цифрового нивелира. Данные были внесены в журнал технического нивелирования, журнал представлен на рис. 1, были посчитаны превышения и отметки точек. Важным моментом при расчёте стало приведение отметок реперов к вертикальному масштабу макета 1:50, поскольку без учёта этого параметра вычисления проводятся неверно.

Журнал технического нивелирования

Номера пикетов	Превышения (мм)	Отметки (м)	Номера пикетов	Превышения (мм)	Отметки (м)
Рп 1	-11	2,953	ПК 5	+51	+2,994
ПК 0	-27	+2,942	ПК 6	+33	+3,045
ПК 1	+23	+2,915	ПК 7	+32	+3,078
ПК 2	+25	+2,938	ПК 8	+25	+3,110
ПК 3	+13	+2,963	ПК 9	0	+3,135
ПК 4	+18	+2,976	Рп 2		+3,135

Рисунок 1 – Журнал технического нивелирования (Источник: Составлено автором)

По полученным отметкам был построен профиль трассы, представленный на рис. 2.

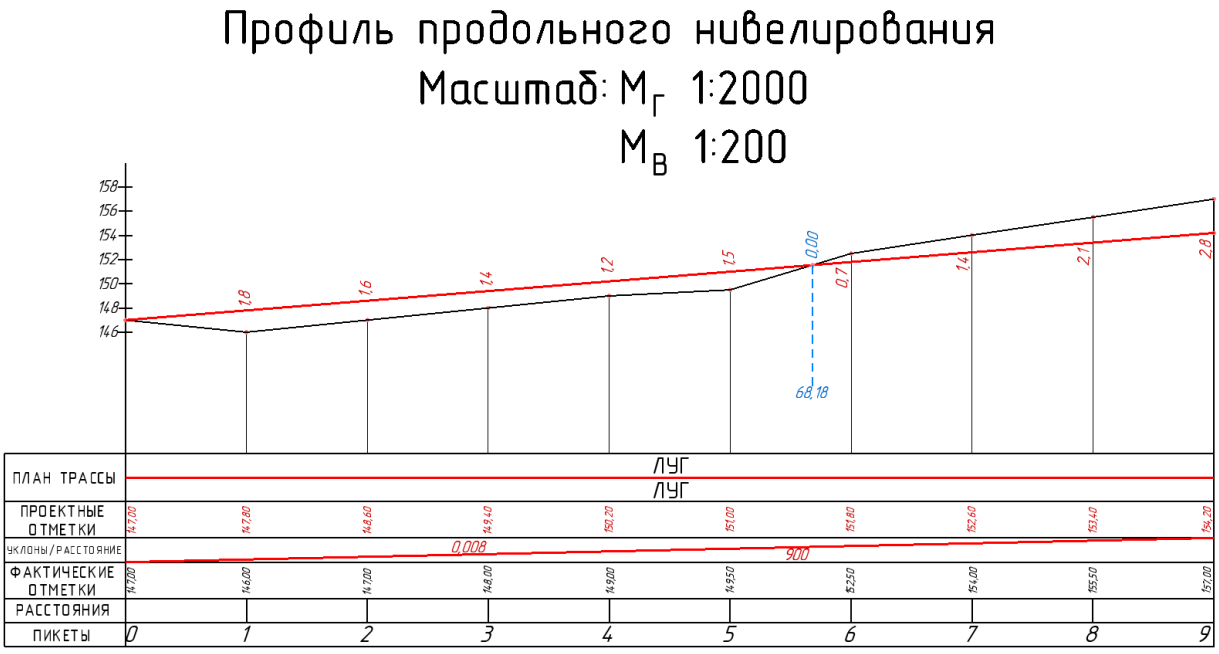


Рисунок 2 – Профиль трассы (Источник: Составлено автором)

Заключение

На основе проведённой работы были подведены итоги. Продукт – макет рельефа местности – это реальное физическое доказательство возможности применения такой общедоступной ГИС-системы, как OpenStreetMap, для разработки подобных учебно-методических материалов. Применение общедоступных спутниковых данных является достаточным и эффективным при разработке учебно-методических пособий. Для разработки подобных материалов не требуется особых навыков владения сложными программными комплексами, не требуется особых финансовых затрат.

На основе результатов проведённой работы было принято решение о дальнейшем рассмотрении применения разработанного макета как методического пособия для изучения нивелирования по квадратам, применяемом при топографической съёмке открытых участков местности в целях составления проекта вертикальной планировки и подсчёта объема земляных работ [5].

Список использованных источников

1. Гусева, А. Б. Геоинформационные системы / А. Б. Гусева ; Московский Государственный Горный Университет. – Москва : Московский Государственный Горный Университет, 2013. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/geoinformatsionnye-sistemy/viewer* (дата обращения: 01.04.2026).

2. Кривоногова, А. Е. Разработка приложения для расчёта оптимального маршрута для скорой помощи / А. Е. Кривоногова, А. И. Ворошилов, П. А. Буйвол, И. В. Макарова ; Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета. – Ижевск : Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова, 2023. – URL: *https://elibrary.ru/item.asp?id=54475807* (дата обращения: 03.04.2026).

3. Якушев, А. А. Создание интерактивной карты «Воздушные гавани» на территории Республики Беларусь / А. А. Якушев, И. В. Шаламов, С. С. Михайлов ; Белорусский государственный университет, Факультет географии и геоинформатики. – Минск : Белорусский государственный университет, 2022. – URL: *https://elibrary.ru/item.asp?id=50127027* (дата обращения: 30.03.2026).

4. Петрушин, А. Г. Исследование влияния внешних факторов на выполнение главного геометрического условия цифрового нивелира / А. Г. Петрушин, В. В. Панченко ; ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». – Донецк : Донецкий национальный технический университет, 2018. – URL: *https://elibrary.ru/item.asp?id=36330504* (дата обращения: 30.03.2026).

5. Попов, Г. В. Вертикальная планировка по результатам нивелирования на макете местности / Г. В. Попов, О. Н. Лыско // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2016. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/vertikalnaya-planirovka-po-rezultatam-nivelirovaniya-na-maketemestnosti/viewer* (дата обращения: 03.04.2026).

УДК 528.489

Определение геодезических координат с помощью анимационного контента: психолого-педагогические аспекты творческого метода

Будрин М. А., Будейская А. П., Охотникова П. Ю., студенты*

* Ответственный за переписку: budrin2006@gmail.com
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, Новосибирск

Аннотация. Рассматриваются особенности освоения темы геодезических координат студентами начальных курсов. Выделяются основные трудности, обусловленные абстрактным характером координатной системы и необходимостью развития пространственного мышления. В качестве решения предлагается применение анимационного контента, учитывающего различные каналы восприятия информации. Показано, что сочетание визуальных и аудиальных средств способствует более глубокому пониманию материала, ведь часто стандартного объяснения бывает недостаточно. Результаты апробации подтверждают повышение наглядности, снижение сложности темы и рост вовлечённости обучающихся.

Ключевые слова: Геодезические координаты, пространственное мышление, студенты, анимация, типы восприятия.

Благодарности. Авторы выражают благодарность научному руководителю Солнышковой Ольге Валентиновне, канд. пед. наук, доцент.

Введение

Изучение геодезических координат является одной из базовых тем при подготовке специалистов в области картографии и геодезии [1]. Она формирует базовые представления о положении объектов на поверхности Земли и лежит в основе дальнейшего изучения профильных дисциплин.

Мы заметили, что у студентов первого курса возникают затруднения при освоении данного материала. Основная причина заключается в том, что координатная сетка не имеет наглядного физического воплощения и требует развитого пространственного воображения.

Современные студенты по-разному воспринимают учебный материал, поэтому возникает необходимость подбирать более наглядные и понятные способы объяснения сложных тем.

Цель и задачи исследования

Мы предположили, что использование анимации может упростить понимание темы геодезических координат, что и стало основной целью данной работы.

Задачи исследования:

– выявить основные затруднения, возникающие у студентов при изучении темы;

– проанализировать роль стандартных типов восприятия в учебном процессе;

– разработать альтернативный способ объяснения материала;

– провести апробацию нашего подхода и оценить его результаты.

Теоретическое обоснование

Сложность темы геодезических координат во многом определяется её абстрактностью. Обучающимся необходимо оперировать понятиями, которые невозможно непосредственно наблюдать, что требует сформированного пространственного мышления. Согласно работам Ж. Пиаже [2], развитие таких представлений связано с этапами когнитивного развития личности.

С точки зрения деятельностного подхода, разработанного А.Н. Леонтьевым [3], успешность обучения зависит от того, насколько форма подачи информации соответствует особенностям восприятия учащегося. Выделяют четыре основных типа.

Визуальный – такие студенты лучше понимают материал, если видят его: схемы, рисунки, анимацию, цветовое восприятие. При объяснении геодезических координат визуалу достаточно наглядно понять, как располагаются параллели и меридианы. Сложность возникает, когда объяснение идет только на словах.

Аудиальный – эти студенты воспринимают информацию преимущественно на слух. Им важно услышать четкое, ритмичное объяснение, желательно с голосовыми акцентами. Для них полезно проговаривание определений на вслух, обсуждение в группе. Однако в традиционной лекции, где материал преподносится монотонно, аудиалы теряют нить.

Кинестетический – лучше всех решают практические задачи, но хуже всех слушают теорию. Таким студентам трудно понять координаты, просто глядя на карту или слушая лекцию.

Дискретный (логический) – воспринимают информацию через цифры, алгоритмы и структурные формулировки. Им не нужна яркая картинка или движение, достаточно четкого определения.

Поскольку большинство людей воспринимают информацию одновременно через несколько каналов [4], наибольшую эффективность демонстрирует мультимодальный подход, сочетающий различные способы представления учебного материала.

Материалы и методы

При разработке анимационного контента мы стремились не просто проиллюстрировать движение по широте и долготе, а создать запоминающуюся учебную ситуацию. Для этого мы ввели двух персонажей – начинающего геодезиста и его напарника. Студенты, как показал предварительный опрос, легко ассоциируют себя с этими героями, что снижает психологический барьер перед сложной темой.

Сюжетная линия построена так: персонажи получают практическую задачу – определить геодезические координаты заданной точки на топографической карте. Далее в диалоговой форме, без длинных монологов, последовательно вводятся ключевые определения (что такое параллель, меридиан, широта, долгота). Термины произносятся героями в ходе решения задачи. Такой формат, по нашему замыслу, позволяет удерживать внимание и снижает утомляемость, особенно у студентов с преобладанием кинестетического и визуального восприятия.

Тем не менее, все определения присутствуют – то есть повторяются в ключевые моменты (при появлении сетки, при расчете формул, при финальном ответе). За основу взяли рекомендации Берлянта по картографической наглядности [5], но адаптировали их под формат 3D-анимации (рис. 1).

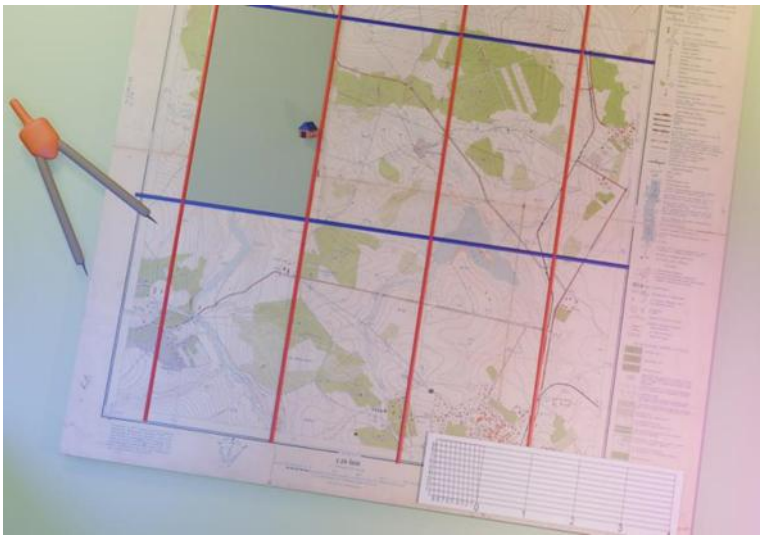


Рисунок 1 – Топографическая карта (Источник: Составлено автором)

При создании мультфильма мы использовали четыре приёма, которые показались нам самыми понятными для восприятия:

– визуальный ряд (цветовое выделение широты и долготы, рисунки и анимация);

– голосовое сопровождение – диктор проговаривает, что происходит на экране, также дополнительно добавили субтитры;

– образные ассоциации (например, в нашем мультфильме показано, как герои по шагу проходят 10 секунд и шаг по одной минуте);

– упрощение сложных терминов без потери смысла.

Апробацию провели на группе 27 человек первого курса. Им показали ролик дважды, а потом дали короткую проверочную работу по определению координат трёх точек на карте.

Результаты и обсуждение

По результатам тестирования группы мы видим положительное влияние анимационного формата на усвоение учебного материала по геодезии. По итогам опроса студентов были получены следующие данные: улучшение наглядности у 25 студентов; удобство повторения у 21 студента; повышение интереса к изучению у 23 студентов.

Мы выявили, что наибольший эффект наблюдается у студентов с преобладанием визуального и кинестетического восприятия. Вместе с тем положительную динамику мы отметили и у других групп, что подтверждает эффективность использования мультимодального подхода.

В целом полученные данные позволяют утверждать, что анимационный контент может служить эффективным дополнением к традиционным лекциям.

Заключение

В ходе работы было установлено, что традиционные способы объяснения темы геодезических координат не всегда обеспечивают достаточный уровень её понимания. Конечно, 3д мультфильм не заменяет полностью практические занятия. Однако он полезен для первичного знакомства с темой, а также для повторения. Использование анимационного контента позволяет сделать учебный материал более доступным и наглядным. (рис. 2)

Рисунок 2 – Кадр из анимационного ролика (Источник: Составлено автором)

Мы полагаем, что предложенный подход можно распространить и на другие разделы геодезии, требующие пространственного воображения.

Список использованных источников

1. Маслов, А. В. Геодезия / А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Ю. Г. Батраков. – Москва : Колос, 2006. – 286 с.

2. Пиаже, Ж. Психология интеллекта / Ж. Пиаже. – Санкт-Петербург : Питер, 2019. – 192 с.

3. Леонтьев, А. Н. Деятельность. Сознание. Личность / А. Н. Леонтьев. – Москва : Смысл, 2021. – 352 с.

4. Зимняя, И. А. Педагогическая психология : учебник / И. А. Зимняя. – Москва : Логос, 2020. – 384 с.

5. Берлянт, А. М. Картография : учебник / А. М. Берлянт. – Москва : Аспект Пресс, 2018. – 336 с.

УДК 711.7+656.2

Оценка вариантов расположения трамвайных путей для градостроительных проектов

*Захаров Н.А. студент; Иванов А.В. *, канд. экон. наук*

* Ответственный за переписку: alexanderivanov52@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Предложен метод оценки вариантов расположения вновь строящихся трамвайных путей с учётом стоимости изъятия земельных участков, строительства транспортной инфраструктуры и инвестиционной привлекательности расположенных в непосредственной близости с остановками земельных участков. Инструмент анализа основан на построении вариантов расположения путей с помощью алгоритма Дейкстры. Для оценки инвестиционного потенциала прилегающей территории использован статистический анализ реализуемых и планируемых инвестиционных проектов. Формирование будущих территориальных зон осуществляется в соответствии с подходами комплексного развития территории (КРТ), реализуемыми в Нижегородской агломерации. Апробация предлагаемого информационно-аналитического инструмента выполняется на примере планируемой трамвайной линии между Мызой и деревней Ольгино в Приокском районе Нижнего Новгорода. Для сравнения вариантов кроме алгоритма Дейкстры и экономических критериев оценки проектов применен метод Многокритериальной оценки проектов.

Ключевые слова: градостроительные проекты, многокритериальный анализ, комплексное развитие территории, рельсовый транспорт, оценка проектов, алгоритм Дейкстры.

Введение

Реализация проектов развития системы общественного транспорта в крупных городах сталкивается с необходимостью перепрофилирования функциональных и территориальных зон в условиях, когда ряд инфраструктурных объектов не могут быть изменены, а другие объекты обречены на низкую эффективность деятельности из-за сложившейся структуры землепользования. Возможность использования типовых инструментов анализа в этом случае существенно ограничена. Поиск вариантов объединения различных информационно-аналитических инструментов представляется актуальной и новой задачей [1-3].

Реализуемый в данной работе подход сформировался для оценки вариантов расположения трамвайных путей для вновь создаваемого маршрута между Мызой и Ольгино в Приокском районе Нижнего Новгорода. Начало маршрута располагается в одной из крупнейших промышленных зон города, где в основном располагаются предприятия радиоэлектронной промышленности, проектные и научно-исследовательские организации. Значительная часть маршрута проходит через густонаселенные микрорайоны Щербинки и Щербинки-2, одной из проблем в жизнеобеспечении которых является отсутствие дороги-дублера проспекта Гагарина, что приводит к задержкам транспортных потоков, загрязнению атмосферного воздуха выбросами твердых взвешенных и газообразных вредных веществ, а также высокому уровню шум и вибрации. Правительство Нижегородской области приняло решение проложить между промзоной Мызы и жилыми зонами Щербинок вплоть до Ольгина, а в перспективе и до Новинок трамвайную линию. Такое решение позволит за счет увеличения

доли перевозимого общественным транспортом пассажиропотока снизить нагрузку на пр. Гагарина. Таким образом, будут созданы условия для снижения риска возникновения задержек движения в часы пик для обширной территории.

В данной работе кроме очевидной проблемы автомобильных пробок предлагается перейти к комплексной оценке проблем и перспектив развития Приокского района на основе использования существенно большего количества критериев, чтобы при развитии города учитывать критерии устойчивого развития ООН.

Обзор международного и отечественного опыта влияния трамвайных систем

Вопрос влияния рельсового транспорта на морфологию города рассматривается в рамках концепции Transit-Oriented Development (TOD). Мировой опыт показывает, что транспортная артерия является не только средством передвижения, но и мощным инструментом капитализации территории.

Особого внимания заслуживает опыт Ганновера (Германия), а именно район Кронсберг, где развитие городской застройки велось параллельно со строительством трамвайных путей к выставке EXPO-2000, что позволило реализовать модель «города коротких путей» и обеспечить высокую плотность застройки при сохранении экологических коридоров. Этот опыт показывает, что рельсовый транспорт может служить катализатором комплексного развития территорий (КРТ), повышая стоимость недвижимости и экологическую привлекательность района.

Для формирования методической базы исследования был проведен сравнительный анализ, представленный в табл. 1, функционирования систем рельсового транспорта в ряде городов.

Таблица 1 – Анализ трамвайного транспорта по городам

Город	Скорость движения (средняя коммерческая, км/ч)	Интервалы движения (в часы пик / днём).	Пропускная способность (пассажиров/час в одном направлении по ключевым коридорам).
Кёльн (Германия)	26–30	5–10 мин / 10 мин	10 000–20 000
Иерусалим (Израиль)	20–25	5–8 мин / 10–15 мин	10 000–15 000
Ганновере (Германия)	22-28	3–7 мин / 10–15 мин	15 000–20 000
Волгоград (метротрам, Россия)	25–30	3–6 мин / 6–10 мин	20 000–25 000
Пермь (Россия)	18–22 (рост до 25–30 после модернизации)	5–10 мин / 10–15 мин	10 000–15 000
Нижний Новгород (Россия)	15–18 (рост до 18,4 к 2026–2028)	5–10 мин / 10–20 мин	10 000–15 000

Анализ показал, что для Нижнего Новгорода наиболее перспективным является путь создания обособленной инфраструктуры, способной конкурировать по времени в пути с личным автомобилем, что требует внедрения современных методов моделирования на этапе проектирования.

Материалы и методы исследования

В основу методического аппарата данной работы лег последовательный синтез инструментов инженерного проектирования и пространственного анализа. На начальном этапе в программную среду AutoCAD были интегрированы актуальные кадастровые планы территорий и цифровые планшеты масштаба 1:500, что в совокупности с подгруженной топографической съемкой позволило сформировать детальную цифровую подоснову. Для обеспечения фактологической точности модели проведено натурное обследование участка от остановки «Мыза» до деревни Ольгино, в ходе которого с помощью GNSS-оборудования в режиме RTK были верифицированы координаты ключевых инфраструктурных узлов и выявлены фактические границы застройки, не отраженные в архивных планах.

Дальнейшее моделирование транспортного каркаса осуществлялось через построение математического графа, узловые точки которого соответствуют потенциальным остановочным пунктам и пересечениям с существующей улично-дорожной сетью. Весь массив подготовленных геоданных был перенесен в среду QGIS для проведения итоговых расчетов. Поиск наиболее эффективных маршрутов реализован посредством алгоритма Дейкстры, позволяющего оптимизировать путь на основе системы весовых коэффициентов [4,5]. Веса ребер графа определялись через трехкомпонентный анализ, включающий оценку затрат на изъятие земельных участков, техническую сложность строительных работ с учетом рельефа и прогнозную инвестиционную привлекательность прилегающих территорий. В рамках развития системы планируется автоматизация обновления транспортного графа за счет интеграции данных из открытого картографического сервиса OpenStreetMap.

Результаты исследования

В ходе проведения многокритериального анализа в среде QGIS были определены и детально проработаны две основные траектории развития трамвайного сообщения. Визуализация предложенных проектных решений представлена на рисунке 1.

Первый вариант маршрута ориентирован на использование существующего транспортного коридора проспекта Гагарина. Линия предполагается к прокладке по левой стороне проспекта с последующим поворотом на улицу 40 Лет Победы до проектируемого разворотного кольца. Данное решение нацелено на обслуживание сложившихся пассажиропотоков, однако предварительный анализ указывает на значительные сложности, связанные с плотностью коммерческой застройки вдоль магистрали.

Второй вариант предусматривает более гибкую трассировку через Мызинскую улицу и улицу Кащенко с прохождением вдоль гаражных массивов и частного сектора в районе улицы Маршала Голованова. Несмотря на выявленную в ходе топографической съемки потребность в более сложном инженерном освоении территории, этот сценарий обладает высоким потенциалом и заслуживает более детального изучения с помощью информационно-аналитических методов, таких как алгоритм Дейкстры и методы многокритериального анализа, представленных в данной работе.

В данный момент ведется активная разработка и наполнение матрицы весовых коэффициентов для окончательного выбора между вариантами. Предварительная оценка показывает, что внутриквартальный сценарий (Вариант 2) позволяет минимизировать затраты на изъятие дорогостоящих участков вдоль федеральной трассы и создать условия для ревитализации депрессивных зон. Информационное моделирование подтвердило техническую возможность интеграции линии в существующую застройку улицы 40 Лет Победы с соблюдением всех нормативных требований. Итоговый выбор маршрута будет подтвержден после завершения формирования матриц затрат на строительство и оценки доходов от реализации проектов комплексного развития территории (КРТ).

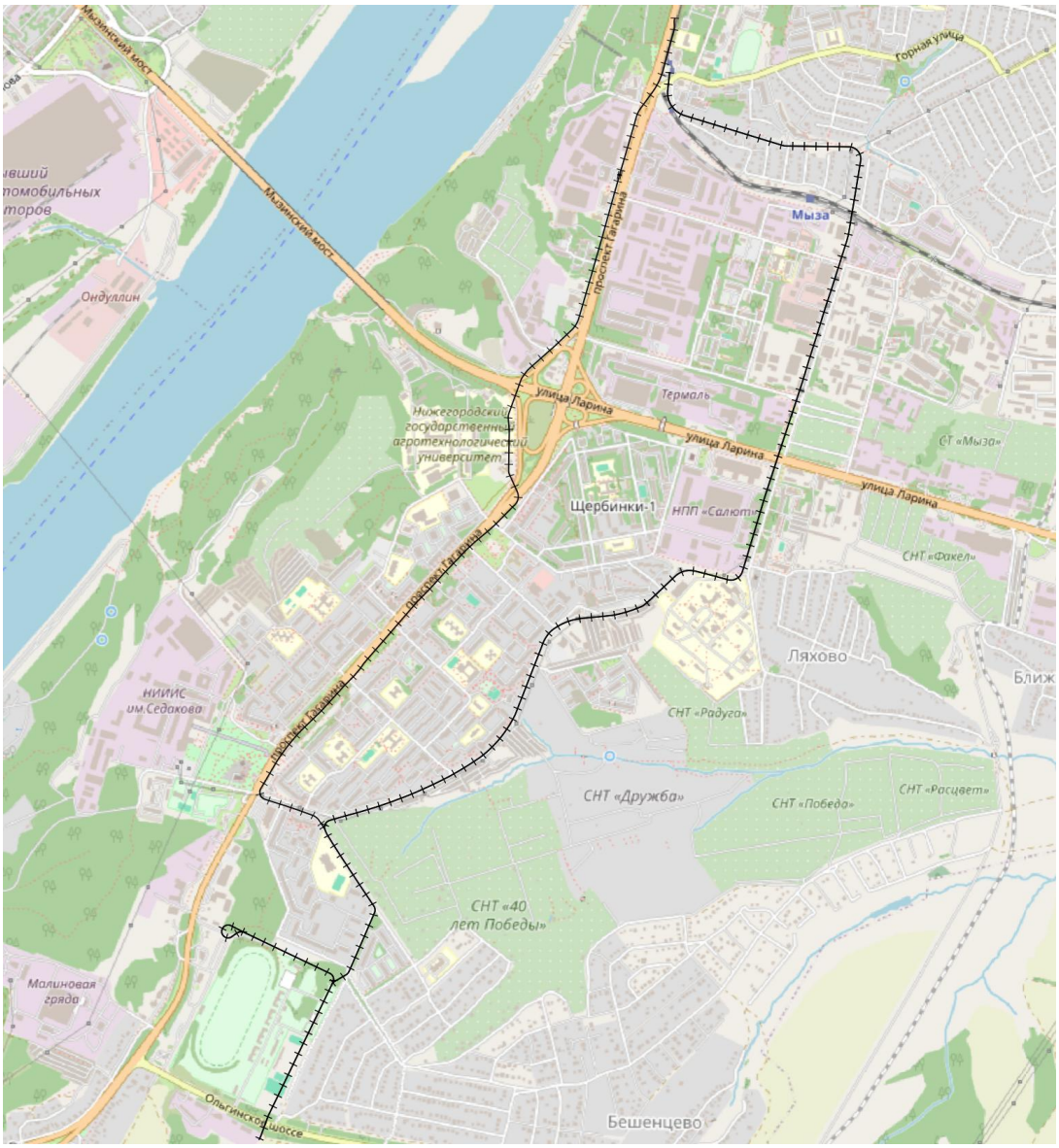


Рисунок 1 – Схема предложенных вариантов трассировки (Источник: Составлено автором)

Заключение

Проведенная работа подтверждает высокую эффективность совместного применения методов алгоритмического поиска и ГИС-технологий при планировании крупных линейных объектов. Использование точной топографической основы и данных GNSS-верификации на ранних стадиях проектирования позволяет существенно снизить риски возникновения пространственных коллизий.

В ходе исследования установлено, что алгоритм Дейкстры является гибким инструментом, позволяющим учитывать не только физическую длину пути, но и комплексные социально-экономические факторы. Разрабатываемая в настоящее время матрица критериев обеспечит доказательную базу для реализации проекта, который станет катализатором обновления Приокского района. Продление трамвайного сообщения до Ольгино позволит значительно разгрузить проспект Гагарина и повысить качество жизни населения за счет создания современной, экологичной и предсказуемой транспортной системы. Дальнейшие

изыскания будут сосредоточены на детальной проработке инженерных узлов и завершении формирования экономической модели проекта.

Список использованных источников

1. Теслер, К. И. Тенденции решения транспортных проблем в мегаполисах и эволюция проектного мышления / К. И. Теслер, М. А. Додонова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 4. – С. 45-57. – DOI 10.34031/2071-7318-2024-9-4-45-57. – EDN FLAOAZ.

2. Иванов, М. В. Анализ перспектив развития трамвайного транспорта в городах России / М. В. Иванов, Д. С. Кустов // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли : Сборник трудов Всероссийской научно-практической и учебно-методической конференции. В 8-ми частях, Санкт-Петербург, 15–19 мая 2023 года. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – С. 139-146. – EDN NTXYDR.

3. Поначугин В.А., Ширин В.Н. Особенности экономики городского электротранспорта: Учебное пособие. – Н.Новгород: Нижегород.гос. архит.-строит. ун-т, 2015, – 99 с.

4. Давыдовский, М.А. Модификация алгоритма поиска кратчайших путей Дейкстры на основе выбора одного маршрута. Цифровая трансформация транспорта: проблемы и перспективы: материалы III Международной научно-практической конференции «Цифровые технологии транспорта и логистики» / Под общ. ред. С.П. Вакуленко, В.Е. Нутович, А.С. Братуся, Э.К. Лецкого, О.Н. Ларина. – М.: РУТ(МИИТ), 2023. – С. 303-307.

5. Изотова Т.Ю. Обзор алгоритмов поиска кратчайшего пути в графе // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2016. – № 19. – С. 341-344.

УДК 528.94:004.9

Теоретические основы пространственного моделирования на базе многоуровневой и разнородной геоинформации

Зуев Д.Р., магистр*

* Ответственный за переписку: no3mpathy_work@mail.ru
Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические основания пространственного моделирования в геоинформатике при работе с многоуровневой и разнородной геоинформацией. Показано, что современная пространственная модель формируется не только как картографическое изображение, но и как цифровое представление объекта, территории или процесса, объединяющее геометрию, атрибутику, семантику, связи и временную компоненту. Раскрыто рабочее разграничение понятий «геоданные», «пространственные данные», «геоинформация», «геоинформационные технологии» и «геоинформационная система». Особое внимание уделено признакам разнородности и многоуровневости исходных данных, а также группам методов, применяемых для их согласования и анализа. Сформулирован вывод о необходимости интеграционного и иерархического подхода к пространственному моделированию.

Ключевые слова: пространственное моделирование, геоинформация, геоданные, пространственные данные, ГИС, разнородность данных, многоуровневость данных, цифровые двойники.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент кафедры экономики МИИГАиК Синицына Анна Львовна.

Введение

Развитие геоинформационных технологий изменило представление о пространственном моделировании. Если в классической картографической традиции модель территории чаще связывалась с картой как итоговой формой изображения, то в современной геоинформатике она выступает как более сложная цифровая конструкция. Такая конструкция может включать координатное описание объекта, атрибутивные сведения, топологические связи, временные срезы, расчетные показатели и сценарии изменения состояния территории.

Актуальность темы определяется тем, что управленческие и инженерные задачи все чаще требуют совместного анализа данных разного происхождения. В одном проекте могут использоваться картографические материалы, результаты геодезических измерений, данные дистанционного зондирования, статистика, сведения кадастра, транспортные события и потоковые сервисные данные. Эти массивы различаются по точности, масштабу, формату, времени обновления и смысловой структуре. Поэтому пространственное моделирование становится не только процедурой визуализации, но и способом согласования разнородных источников.

Цель статьи состоит в обобщении теоретических оснований пространственного моделирования на базе многоуровневой и разнородной геоинформации. Для достижения этой цели рассматриваются эволюция представлений о пространственной модели, понятийный

аппарат геоинформатики, признаки разнородности и многоуровневости данных, а также основные группы методов, используемых при построении пространственных моделей.

Материалы и методы

Материалом исследования послужили научные публикации по геоинформационному пространству, классификационному и геокогнитивному моделированию, пространственной статистике, цифровым двойникам и прикладному использованию пространственных данных в задачах территориального управления [1–8]. Дополнительно учитывались положения российской нормативной базы в сфере геодезии, картографии и пространственных данных, включая Федеральный закон от 30.12.2015 № 431-ФЗ и документы, связанные с Национальной системой пространственных данных.

Методическую основу составили системный, сравнительный и терминологический анализ. Системный подход позволил рассмотреть пространственную модель как результат движения данных от первичного наблюдения к интерпретированной геоинформации. Сравнительный подход использовался для разграничения разнородности и многоуровневости как двух самостоятельных свойств данных. Терминологический анализ применялся для уточнения соотношения понятий «геоданные», «пространственные данные», «геоинформация», «геоинформационные технологии» и «геоинформационная система».

При подготовке рукописи использовались инструменты искусственного интеллекта для сжатия исходного текста первой главы выпускной квалификационной работы и языкового редактирования. Содержательная проверка, отбор источников и итоговая редакция текста выполнены автором.

Результаты исследования

Эволюция пространственного моделирования связана с изменением самой информационной среды. На ранних этапах основой моделирования выступали карты, результаты наземных измерений и табличные материалы. Затем к ним добавились цифровые карты, базы пространственных данных, материалы дистанционного зондирования и навигационные наблюдения. Современный этап характеризуется распространением 3D– и 4D-представлений, городского информационного моделирования и цифровых двойников, где объект описывается не только геометрически, но и функционально [6–8].

Для корректного описания этого процесса необходимо разграничить базовые понятия. Под геоданными целесообразно понимать первичные результаты наблюдений, измерений, съемки и координатной фиксации. Пространственные данные представляют собой формализованные цифровые сведения об объектах и процессах, имеющих координатную привязку и пригодных для машинной обработки. Геоинформация возникает тогда, когда пространственные данные проходят отбор, структурирование, сопоставление и получают предметную интерпретацию. Геоинформационные технологии обозначают методы и процедуры работы с такими сведениями, а геоинформационная система выступает программно-организационной средой, в которой эти технологии реализуются.

Такое разграничение важно для пространственного моделирования, поскольку модель не строится непосредственно из «информации вообще». Она формируется через последовательность преобразований: получение геоданных, их структурирование в пространственные данные, аналитическую интерпретацию и последующее представление в форме карты, слоя, поверхности, сети, 3D-модели или цифрового двойника. В отечественных исследованиях эта логика связана с идеей единого геоинформационного пространства и с необходимостью согласования данных по координатной основе, структуре, классификации и правилам использования [1].

Первым ключевым свойством современной геоинформации является разнородность. Она проявляется в различии источников, форматов, систем координат, масштабов, точности, актуальности и тематического содержания. Например, один и тот же участок дорожной сети может одновременно присутствовать как элемент картографической основы, объект кадастрового описания, часть транспортного графа, место регистрации дорожно-транспортного происшествия и фрагмент потока навигационных данных. Для моделирования это означает, что данные должны быть приведены к сопоставимому виду до выполнения аналитических операций.

Вторым ключевым свойством является многоуровневость. Она отражает не разнообразие источников, а иерархию уровней описания одного объекта или территории. Один объект может анализироваться на уровне страны, региона, города, квартала и отдельного элемента инфраструктуры. В 3D-моделях аналогичную функцию выполняют уровни детализации, а в управленческих задачах – уровни принятия решений. Поэтому многоуровневость требует не только хранения разных слоев, но и правил перехода между уровнями без потери смысла объекта.

Разнородность и многоуровневость часто проявляются совместно, однако их нельзя отождествлять. Разнородность отвечает на вопрос о совместимости источников, а многоуровневость – о согласовании уровней представления. В первом случае на первый план выходят методы унификации, классификации, контроля качества и семантического согласования. Во втором случае значимы генерализация, агрегирование, детализация и иерархическое описание. Ошибка смешения этих признаков приводит к тому, что разные масштабы ошибочно трактуются как разные типы данных, а разные форматы – как уровни одной модели.

Сравнение основных групп методов пространственного моделирования представлено в табл. 1.

Таблица 1 – Основные группы методов пространственного моделирования

Группа методов	**Тип результата**	**Основная функция**	**Значение для разнородной и многоуровневой геоинформации**
Картографо-геометрические	Карты, слои, поверхности, сети	Фиксация положения, формы и пространственных отношений	Создают базовую пространственную основу для интеграции данных
ГИС-аналитические и классификационные	Зоны, оценки, тематические модели	Наложение слоев, ранжирование, классификация	Позволяют объединять источники при условии семантической согласованности [2]
Геостатистические	Поля, прогнозные поверхности, оценки неопределенности	Описание пространственной зависимости и интерполяция	Требуют подготовленных и сопоставимых массивов данных [5]
Пространственно-временные и 3D/цифровые двойники	Динамические модели, 3D-среды, цифровые двойники	Учет времени, состояния и уровней детализации	Обеспечивают анализ сложных городских и инфраструктурных систем [6–8]

Картографо-геометрические методы сохраняют значение базового уровня моделирования, поскольку обеспечивают локализацию объектов и создают понятную форму визуальной интерпретации. Однако при анализе сложных процессов они недостаточны сами по себе. ГИС-аналитические методы расширяют эту основу за счет наложения слоев, буферизации, сетевого анализа, классификации и многокритериальной оценки. В задачах территориального управления именно эта группа методов часто становится практическим связующим звеном между исходными данными и управленческим выводом [2–4].

Геостатистические методы позволяют работать с непрерывными полями, пространственной зависимостью и неопределенностью. Они применимы в мониторинге, экологическом анализе, оценке рисков и региональном прогнозировании. Их ограничение состоит в высоких требованиях к качеству и сопоставимости исходных данных: статистически корректная модель невозможна без предварительной подготовки источников, проверки их точности и согласования пространственной основы [5].

Наиболее сложный уровень образуют пространственно-временные модели, 3D-представления, CIM-модели и цифровые двойники. В этих подходах объект описывается как изменяющаяся система, имеющая геометрию, функции, состояние и связи с окружающей средой. Для городской и транспортной инфраструктуры такие модели позволяют не только представить объект в пространстве, но и оценить сценарии его развития, эксплуатации и влияния на территорию [6–8]. При этом возрастает значение стандартов, метаданных, правил обмена и нормативного обеспечения.

Таким образом, пространственное моделирование на базе многоуровневой и разнородной геоинформации следует понимать как интеграционный и иерархический процесс. Интеграционный аспект связан с объединением источников разной природы. Иерархический аспект связан с переходом между уровнями детализации, масштаба и управленческого анализа. На практике эти аспекты должны рассматриваться совместно, поскольку территориальная модель редко строится на одном источнике и одном уровне представления.

Заключение

Проведенное обобщение показывает, что пространственное моделирование в современной геоинформатике выходит за пределы создания картографического изображения. Оно представляет собой последовательное преобразование геоданных и пространственных данных в интерпретированную геоинформацию, пригодную для анализа, визуализации, прогноза и поддержки решений.

Главными условиями построения таких моделей выступают учет разнородности и многоуровневости данных. Разнородность требует согласования источников по формату, точности, семантике, координатной основе и времени обновления. Многоуровневость требует правил перехода между масштабами, уровнями детализации и территориальными иерархиями. Поэтому выбор методов пространственного моделирования должен зависеть не только от желаемой формы результата, но и от состояния исходной геоинформации.

Наиболее обоснованным является комбинирование картографо-геометрических, ГИС-аналитических, геостатистических, пространственно-временных и 3D-подходов. Такая комбинация позволяет формировать пространственные модели, которые одновременно сохраняют геометрическую определенность, аналитическую интерпретируемость и пригодность для практических задач управления территориями.

Список использованных источников

1. Геокогнитивные методы обеспечения анализа и прогнозирования социально-экономического развития территорий / А. П. Карпик, Д. В. Лисицкий, А. Г. Осипов, В. Н. Савиных // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – Т. 27, № 2. – С. 128–140. *https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-2-27-128-140*

2. Линкина, А. В. ГИС-ориентированное классификационное моделирование при управлении в организационных системах с неоднородной структурой пространственных элементов / А. В. Линкина, Н. А. Рындин // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, № 3. *https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.46.3.030*

3. Синицына, А. Л. Существующие проблемы в области сбора, интеграции и анализа многоуровневых и разнородных пространственных данных для решения задач управления и развития территорий / А. Л. Синицына, А. Л. Степанченко, О. А. Кувекина // Цифровизация землепользования и землеустройства:

тенденции и перспективы : материалы IV Международной научно-практической конференции. – Москва, 2024. – С. 175–182.

4. Архипов, А. С. Пространственное моделирование при развитии транспортной инфраструктуры в Московской области / А. С. Архипов // Московский экономический журнал. – 2024. – Т. 9, № 5. – С. 293–312. *https://doi.org/10.55186/2413046X_2024_9_5_250*

5. Cressie, N. A. C. Statistics for Spatial Data / N. A. C. Cressie. – 2nd ed., rev. and ill. – New York : Wiley, 1993. – 900 p. *https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119115151*

6. Eksert, P. A review on the 3D cartographic and spatiotemporal GIS models for safety of accidents in deep underground coal mines / P. Eksert, H. Akcin // Mining, Metallurgy & Exploration. – 2024. – Vol. 41. – P. 1221–1243. *https://doi.org/10.1007/s42461-024-00977-5*

7. Jiang, F. Digital twin enabled sustainable urban road planning / F. Jiang, L. Ma, T. Broyd, W. Chen, H. Luo // Sustainable Cities and Society. – 2022. – Vol. 78. *https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670721009082*

8. Tan, Z. Digital twins for sustainable design and management of smart city buildings and municipal infrastructure / Z. Tan, Z. Li // Sustainable Energy Technologies and Assessments. – 2024. – Vol. 64. *https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221313882400078X*

УДК 528.9:004.9

Основные методы формирования и анализа пространственных моделей на базе многоуровневой и разнородной геоинформации

Зуев Д.Р., магистр*

* Ответственный за переписку: no3mpathy_work@mail.ru
Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва

Аннотация. В статье рассматриваются основные методы формирования и анализа пространственных моделей, создаваемых на базе многоуровневой и разнородной геоинформации. Показано, что современная пространственная модель формируется как согласованное цифровое представление объекта, территории или процесса, объединяющее геометрию, атрибутику, семантику, связи и временную компоненту. Рассмотрены формы пространственного представления, этапы гармонизации исходных данных, способы интеграции слоев, методы перехода между уровнями детализации и основные аналитические процедуры. Обосновано, что методическая состоятельность пространственного моделирования определяется комплексированием процедур с учетом природы объекта, структуры данных, единицы анализа и цели исследования. Результаты могут быть использованы при выборе методической схемы для городских, инфраструктурных и сложных управленческих задач, требующих совместного анализа неоднородных пространственных источников.

Ключевые слова: пространственное моделирование, геоинформация, геоинформационные системы, разнородные данные, многоуровневые модели, пространственный анализ, интеграция данных.

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент кафедры экономики МИИГАиК Синицына Анна Львовна.

Введение

Современное пространственное моделирование в геоинформатике связано с переходом от картографического изображения территории к построению сложных цифровых моделей, пригодных для анализа, сопоставления и поддержки решений. В таких моделях карта сохраняет значение формы представления результата, однако уже не исчерпывает содержание моделирования. Пространственная модель может включать цифровой слой, поверхность, сеть, трехмерное описание, временной ряд или интегрированную структуру, объединяющую несколько типов данных [1].

Актуальность рассматриваемой темы определяется тем, что большинство прикладных задач территориального управления, мониторинга и инфраструктурного планирования решается на основе данных разного происхождения. В одном исследовании могут использоваться материалы дистанционного зондирования, геодезические измерения, кадастровые сведения, статистические таблицы, транспортные сети, реестры событий и ведомственные базы. Эти массивы различаются по формату, точности, масштабу, системе координат, времени обновления и семантической структуре. Поэтому построение

пространственной модели требует не простого накопления данных, а их методически организованного преобразования.

Цель статьи состоит в сжатом изложении системы методов формирования и анализа пространственных моделей на базе многоуровневой и разнородной геоинформации. Для достижения этой цели необходимо выделить основные формы пространственного представления, описать этапы формирования модели из неоднородных источников, показать уровни анализа таких моделей и определить критерии выбора методической схемы.

Материалы и методы

Материалом для статьи послужили положения второй главы выпускной квалификационной работы, посвященной методам формирования и анализа пространственных моделей. Содержательная основа исследования включает подходы геоинформационной науки, пространственной статистики, картографического моделирования, мультимасштабного представления данных и прикладной ГИС-аналитики [1–3]. При подготовке текста применялось сжатие и композиционная переработка материала главы; языковая редактура и сокращение текста выполнялись с применением инструмента искусственного интеллекта, при сохранении исходной логики и научного содержания работы.

В методическом отношении пространственное моделирование целесообразно рассматривать как последовательность взаимосвязанных процедур. На первом уровне определяется форма представления объекта: объектная, полевая, поверхностная, сетевая, трехмерная, пространственно-временная или гибридная. На втором уровне выполняется формирование модели из исходных данных, включая инвентаризацию источников, структурную и геометрическую гармонизацию, семантическое согласование и контроль качества. На третьем уровне модель используется как аналитическая основа для выявления пространственных различий, связей, концентраций, динамики и сценариев изменения.

Такой подход позволяет разграничить модель, метод и алгоритм обработки. Модель является результатом формализованного представления объекта или процесса. Метод определяет способ построения, преобразования или анализа этого представления. Алгоритм выступает конкретной вычислительной процедурой, реализующей метод в программной среде. Это разграничение важно, поскольку в прикладной практике нередко смешиваются форма результата, программный инструмент и исследовательская процедура.

Результаты исследования

Классификация методов пространственного моделирования может строиться по нескольким основаниям. Наиболее значимым для задач работы с разнородной и многоуровневой геоинформацией является основание, связанное с формой пространственного представления. Объектные модели описывают пространство через дискретные точки, линии и полигоны. Они удобны для учета объектов с относительно устойчивыми границами, пространственных соединений, буферизации и тематической классификации. Полевые и поверхностные модели, напротив, применяются тогда, когда исследуемое явление имеет непрерывное распределение. К ним относятся поверхности рельефа, поля загрязнения, плотности, доступности или интенсивности процессов [2, 4].

Сетевые модели используются для анализа систем, где решающее значение имеют связность, направление движения, расстояние по сети и возможность передачи потока. Это дорожные, инженерные, гидрографические и коммуникационные структуры. Пространственно-временные модели дополняют геометрическое описание временной координатой и позволяют рассматривать объект как процесс, обладающий последовательностью состояний, изменчивостью и ритмом обновления. Трехмерные и

гибридные модели применяются при необходимости учитывать объем, высотные характеристики, внутреннюю структуру объектов и связь нескольких форм представления в одной системе.

Формирование пространственной модели из разнородной геоинформации начинается с инвентаризации источников. На этом этапе определяется, какие данные задают пространственный каркас, какие выполняют функцию тематического наполнения, какие используются для верификации, а какие являются производными. Далее проводится структурная гармонизация: унифицируются форматы, поля, кодировки, единицы измерения и классификаторы. Без такой процедуры данные могут быть технически загружены в единую среду, но оставаться несопоставимыми по содержанию.

Следующим обязательным этапом является геометрическая гармонизация. Она включает геокодирование, геопривязку, преобразование систем координат, очистку геометрии и исправление топологических ошибок. Для пространственного моделирования это принципиально, поскольку даже небольшие расхождения в координатной основе могут приводить к неверному наложению слоев, ошибочному отнесению объекта к территории или искажению сетевых расчетов. После этого выполняется семантическое согласование: нормализуются категории, уточняется смысл атрибутов, сопоставляются классификаторы и правила описания объектов [5, 6].

Таблица 1 –Основные группы методов пространственного моделирования и их назначение

Группа методов	Основная форма данных	Типовой результат	Методическое значение
Объектные и картографо-геометрические	Точки, линии, полигоны	Слои, карты, зоны влияния	Фиксация положения, формы и отношений объектов
Полевые и геостатистические	Регулярные сетки, поверхности, наблюдения	Поля значений, прогнозные поверхности	Оценка непрерывных распределений и неопределенности
Сетевые	Графы, дуги, узлы, маршруты	Показатели связности, доступности, центральности	Анализ пространственных связей и перемещений
Мультимасштабные и генерализационные	Данные разных уровней детализации	Согласованные уровни представления	Переход между масштабами и территориальными уровнями
ГИС-интеграционные и классификационные	Разнородные тематические слои	Интегральные оценки, ранжирование, типологии	Совмещение источников и получение прикладного вывода
Пространственно-временные и 3D-ориентированные	Временные срезы, объемные и гибридные модели	Динамические модели, 3D-среды, цифровые двойники	Описание изменения состояния и сложной структуры объекта

Как видно из табл. 1, отдельные группы методов решают разные задачи и не заменяют друг друга. Объектные методы дают основу для локализации и тематического описания объектов. Геостатистические методы позволяют перейти от отдельных наблюдений к непрерывным оценкам и учитывать пространственную зависимость. Сетевой анализ необходим там, где расстояние определяется не прямой линией, а маршрутом, направлением, пропускной способностью или числом переходов. Мультимасштабные методы обеспечивают переход между уровнями детализации и предупреждают потерю смысла при агрегировании данных [7].

Анализ многоуровневых пространственных моделей также имеет иерархический характер. На первом уровне проводится описательный анализ: картографическое отображение, ранжирование, построение картограмм, расчет простых территориальных показателей и визуальная проверка пространственной структуры. Этот этап нельзя рассматривать как

второстепенный, поскольку именно он выявляет пропуски, выбросы, пространственные разрывы и несоответствия между источниками.

На локальном уровне применяются методы ближайшего соседства, буферизации, пространственного соединения, оценки плотности и кластеризации. Они позволяют изучать ближайшее окружение объекта, концентрацию событий и локальные очаги процесса. На уровне непрерывных распределений используются интерполяция, кригинговые и иные геостатистические процедуры, которые дают возможность оценивать значения в неохваченных участках пространства [2, 4]. На территориальном уровне применяются агрегирование, нормировка, корреляционный анализ, индексы и сопоставление районов или иных единиц анализа.

Особое место занимает сетевой анализ. Он меняет саму логику пространственной близости: объект может быть геометрически расположен рядом, но оставаться функционально удаленным из-за особенностей сети, барьеров, направления движения или ограничений доступа. Поэтому сетевые показатели связности, доступности и центральности являются необходимыми при анализе транспортной инфраструктуры, обслуживания территории и пространственной организации потоков.

Если исследователь переходит от описания к объяснению и прогнозу, используются корреляционные и регрессионные методы. Они позволяют проверить связь между пространственными признаками, оценить влияние факторов и выявить участки, где фактические значения существенно отклоняются от расчетных. Для событийных и счетных процессов применяются специальные модели, учитывающие частоту событий и объем среды, в которой эти события возникают. При наличии временной компоненты анализ дополняется построением временных профилей, сравнением срезов, выявлением трендов и оценкой устойчивости пространственных паттернов [3].

Комплексирование методов является ключевым условием методической состоятельности пространственного моделирования. Оно не означает механического объединения всех доступных процедур. Напротив, каждый последующий метод должен опираться на выбранную форму модели, состояние исходных данных, единицу анализа и цель исследования. Если объект дискретен, базовой становится объектная модель; если явление непрерывно, приоритет получают полевые и геостатистические методы; если процесс организован через перемещения и связи, необходима сетевая модель; если данные изменяются во времени, модель должна учитывать последовательность состояний.

Критериями выбора методической схемы выступают природа объекта, структура исходных данных, требуемый уровень детализации, наличие временной компоненты, допустимая степень обобщения, требования к качеству и интерпретируемости результата. Для разнородной геоинформации особенно важны гармонизация, пространственные соединения и контроль качества. Для многоуровневой информации приоритетными становятся генерализация, агрегирование, детализация и согласованный переход между масштабами. Для сложных прикладных задач наиболее продуктивны гибридные схемы, объединяющие объектный, сетевой, статистический и временной подходы [5, 6].

Заключение

Проведенное обобщение показывает, что пространственное моделирование на базе многоуровневой и разнородной геоинформации следует рассматривать как систему взаимосвязанных методов, а не как единичную техническую операцию. Его содержание включает выбор формы представления, подготовку и согласование исходных данных, построение модели, анализ пространственной структуры и интерпретацию результатов.

Основной методический вывод состоит в отсутствии универсального метода, одинаково пригодного для всех типов пространственных задач. Надежный результат достигается за счет

последовательного комплексирования процедур: от инвентаризации и гармонизации источников до локального, территориального, сетевого, статистического и пространственно-временного анализа. В этих условиях качество модели определяется не количеством использованных данных, а степенью их сопоставимости, обоснованностью переходов между уровнями и соответствием выбранных методов исследовательской задаче.

Практическое значение такой методической рамки состоит в возможности применять ее при анализе городских, инфраструктурных, экологических и управленческих процессов. Она позволяет заранее определить, какие данные должны быть согласованы, какие методы уместны на каждом уровне, какие ограничения связаны с разнородностью источников и каким образом результаты моделирования могут быть использованы для поддержки решений.

Список использованных источников

1. Longley, P. A. Geographic Information Science & Systems / P. A. Longley, M. F. Goodchild. – Hoboken, NJ : Wiley, 2015. – 477 p. – ISBN 978-1-118-67695-0.

2. Cressie, N. A. C. Statistics for Spatial Data / N. A. C. Cressie. – 2nd ed., rev. and ill. – New York : Wiley, 1993. – 900 p. – ISBN 978-0-471-00255-0. – URL: *https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119115151* (дата обращения: 26.03.2026).

3. Wikle, C. K. Spatio-Temporal Statistics with R / C. K. Wikle, A. Zammit-Mangion, N. Cressie. – Boca Raton : CRC Press, 2019. – 400 p.

4. Stein, M. L. Interpolation of Spatial Data: Some Theory for Kriging / M. L. Stein. – New York : Springer, 1999. – 247 p. – ISBN 0-387-98629-4.

5. Линкина, А. В. ГИС-ориентированное классификационное моделирование при управлении в организационных системах с неоднородной структурой пространственных элементов / А. В. Линкина, Н. А. Рындин // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, № 3. – DOI: 10.26102/2310-6018/2024.46.3.030.

6. Синицына, А. Л. Существующие проблемы в области сбора, интеграции и анализа многоуровневых и разнородных пространственных данных для решения задач управления и развития территорий / А. Л. Синицына, А. Л. Степанченко, О. А. Кувекина // Цифровизация землепользования и землеустройства: тенденции и перспективы : материалы IV Международной научно-практической конференции. – Москва, 2024. – С. 175–182.

7. Крылов, С. А. Автоматизация отбора общегеографических объектов при создании мультимасштабных карт / С. А. Крылов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2021. – DOI: 10.33764/2618-981X-2021-1-178-183. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-otbora-obschegeograficheskih-obektov-pri-sozdanii-multimasshtabnyh-kart/viewer* (дата обращения: 25.03.2026).

УДК 528.8.004.932

Технология обработки космических снимков для целей мониторинга чрезвычайной ситуации на Каховском водохранилище

*Королев В.А. *, студент*

* Ответственный за переписку: valkop2004@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Рассмотрена технология обработки космических снимков Landsat-8,-9 для мониторинга затопления территории ниже разрушенной плотины Каховской ГЭС в июне 2023 года. Исходные данные получены с портала EarthExplorer, обработка выполнена в QGIS. Для выделения водной поверхности использован модифицированный нормализованный водный индекс MNDWI по каналам зеленого и среднего инфракрасного диапазонов. По снимкам до и после аварии автоматической векторизацией рассчитаны площади зеркала воды. Методом пересечения векторных слоев оценена доля затопленных территорий в населенных пунктах Алешки, Кардашинка, Коханы и Херсон. Приведенный метод позволяет количественно характеризовать последствия чрезвычайных ситуаций по спутниковым данным среднего разрешения.

Ключевые слова: ДЗЗ, космические снимки, водный индекс, QGIS, Каховское водохранилище, мониторинг наводнений.

Научный руководитель – доцент кафедры геоинформатики, геодезии и кадастра ННГАСУ Ерискина Татьяна Олеговна.

Каховское водохранилище является составной частью комплекса каскада днепровских ГЭС. Водохранилища днепровского каскада представляют собой ряд из шести плотин, водохранилищ и гидроэлектростанций на Днепре. В каскад входят следующие водохранилища: Киевское, Каневское, Кременчугское, Каменское, Днепровское и Каховское. Общая площадь водного зеркала 6950 км2, полный объем 43,8 км3 воды. Наибольшая среди ГЭС является Днепровская с мощностью 1569 МВт [1]. Каскад служит для предотвращения наводнений, а также для улучшения инфраструктуры водного транспорта в регионе. Вода используется для охлаждения четырех атомных электростанций, в транспорте и в рыболовстве.

Каховская ГЭС является последней – шестой ступенью в каскаде гидроэлектростанций на Днепре. Расположена на территории Херсонской и Запорожской областей России и в Днепропетровской области Украины. Полный объём водохранилища – 18,18 км³, полезный – 6,78 км³, глубина – 8,4 м (макс. – 24 м). Нормальный подпорный уровень – 16 м, горизонт мёртвого объёма – 12,7 м, площадь зеркала при НПУ – 2155 км². Средний многолетний сток в створе гидроузла – 52,2 км³/год. Водохранилище используют для сезонного и годового регулирования стока, а также для регулировки высоких и катастрофических наводнений при полном использовании рабочего и резервного объёмов. Каховское водохранилище – основной источник водоснабжения этих территорий [2].

6 июня 2023 года произошло разрушение плотины Каховской ГЭС, в результате чего поднялся уровень воды ниже по течению и снизился в Каховском водохранилище. Это привело к затоплению поймы Днепра ниже плотины. В результате повышения уровня более чем на 5 м произошло затопление и подтопление на общей площади не менее 36 тыс. га, из которых около

2 тыс. га относятся к землям населённых пунктов и 670 га – к застройке и хозяйственным объектам [3]. Больше всего ущерб был нанесен населённым пунктам Алёшки, Кардашинка, Коханы и г. Херсон. Последствия повреждения плотины привели к обмелению Каховского водохранилища, его площадь уменьшилась почти вдвое: с 209,1 до 109,9 тыс. га. Было затоплено около 3 тыс. га пашни, 36 тыс. га выгонов и сенокосов. Население в 40 тыс. чел. было частично переселено на новые места. Под Каховское водохранилище отводилось 221,3 тыс. га сельскохозяйственных угодий, лесного фонда; в зоне затопления оказалось более ста колхозов и совхозов, более 90 населённых пунктов, подтапливались десятки сёл и ближайшие города [3]. В результате затопления ушло под воду не менее 12 кладбищ и несколько скотомогильников, в которых были захоронены животные, погибшие от сибирской язвы, вода размыла выгребные ямы, сети канализаций и уничтожила очистные сооружения. В результате в Днепр и Черное море попали возбудители болезней: сальмонеллы, ротавирусы, парагемолитикус, личинки гельминтов [4].

Для определения последствий наводнения применялись методы геоинформатики и дистанционного зондирования. Анализировались данные за период с 1 по 9 июня 2023 г., благодаря чему удалось сравнить гидрологическую ситуацию до и после повреждения Каховской ГЭС. Исследование проводилось по спутниковым снимкам Landsat-8, -9 уровня L2, прошедшие проверку атмосферных искажений и радиометрическую коррекцию. Выбор источников данных обусловлен их доступностью, у снимков пространственное разрешение 30 м/пиксель, что важно для картографирования водного зеркала. Снимки были взяты с портала EarthExplorer Геологической службы США (USGS), представляющий из себя наиболее авторитетный и универсальный инструмент для поиска и загрузки огромного массива геоданных. Обработка снимков производилась в программе QGIS 3.40.3-Bratislava.

В первую очередь был сформирован фонд разновременных космических снимков для исследуемой территории, представленный в таблице 1. Были взяты снимки не только с нулевой облачностью, но и часть снимков с облачностью для непрерывности временных рядов. Отсеивались снимки с заметными артефактами, такими как полоса пропущенных данных, солнечные блики.

Таблица 1 – Фонд разновременных космических снимков для исследуемой территории

Дата	Спутник	Имя файла
01.06.2023	Landsat Level-2	LC08_L2SP_179028_20230601_20230607_02_T1
01.06.2023	Landsat Level-2	LC08_L2SP_179027_20230601_20230607_02_T1
09.06.2023	Landsat Level-2	LC09_L2SP_179027_20230609_20230611_02_T1
09.06.2023	Landsat Level-2	LC09_L2SP_179028_20230609_20230611_02_T1

На рисунке 1 представлены космоснимки за 01.06.2023 (до затопления) и 09.06.2023 (после затопления), представляющие процесс затопления и поднятия уровня воды ниже плотины по Днепру. Было выполнено синтезирование изображения в «ложных» цветах. Использовалась комбинация 7-6-4, комбинация средних ИК-каналов и красного видимого канала. Эта комбинация дает изображение близкое к естественным цветам. Растительность отображается в оттенках темно и светло-зеленого, урбанизированные территории выглядят белыми, зелено-голубыми и малиновыми, почвы, песок и минералы могут быть очень разных цветов. Практически полное поглощение излечения в среднем ИК-диапазоне водой, снегом и льдом позволяет очень четко выделять береговую линию и подчеркнуть водные объекты на снимке. Затопляемые территории выглядят темно-синими и почти черными [5].

а б

Рисунок 1 – Спутниковые изображения Днепра ниже плотины: а – до затопления (01.06.2023); б – после затопления (09.06.2023) (Источник: Составлено автором)

Для выделения зеркала воды использовался водный индекс.

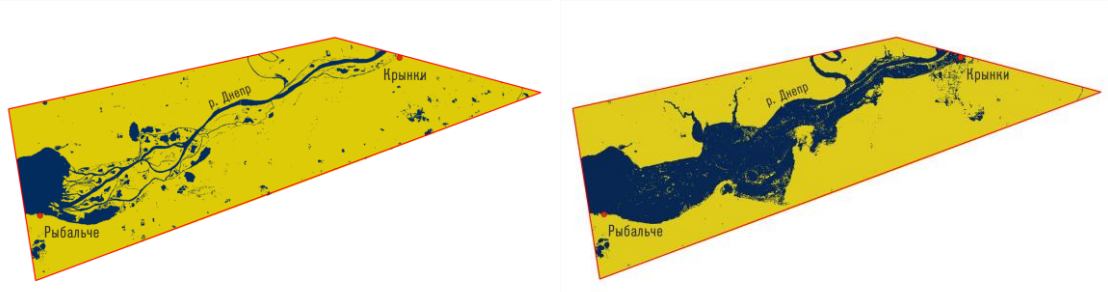
Модифицированный нормализованный разностный водный индекс – Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) – используется для обнаружения водных объектов на спутниковых изображениях. Значения колеблются от -1 до +1 (водные объекты принимают значения больше 0). Индекс MNDWI рассчитывается по формуле 1.

$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR}, \quad (1)$$

где $MNDWI$ – водный индекс; $GREEN$ – канал в зеленом диапазоне; $SWIR$ – канал в среднем инфракрасном диапазоне.

Для расчета индекса MNDWI используют каналы в зеленой (GREEN) и средней инфракрасной (SWIR) зонах. Это соответствует каналам B30 (GREEN), B70 (SWIR) для LANDSAT9. Для расчета индексного изображения после затопления открыли данные LANDSAT9: файл LC09_L2SP_179028_20230609_20230611_02_T1_SR_B3 и файл LC09_L2SP_179028_20230609_20230611_02_T1_SR_B7.

После выполнения автоматической векторизации вычислили площадь зеркала воды на территории от села Крынки до села Рыбальче. До затопления она была равна 219,38 км2, после затопления – 632,94 км2. Результаты векторизации представлены на рисунке 2.



а б

Рисунок 2 – Результат автоматической векторизации: а – до затопления; б – после затопления (Источник: Составлено автором)

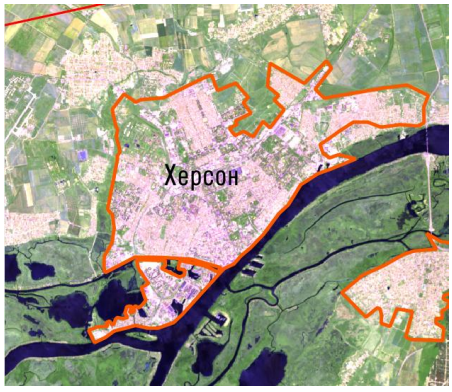
Также были проанализированы отдельные населенные пункты, наиболее пострадавшие от затопления (Алешки, Кардашинка, Коханы, Херсон). На рисунках 3 – 5 представлены снимки LANDSAT9 этих населенных пунктов до (01.06.2023) и после (09.06.2023) затопления.

а)

б)

Рисунок 3 – Снимки населенного пункта Алешки, подвергшегося затоплению

(а – до затопления, б – после затопления)

а) 

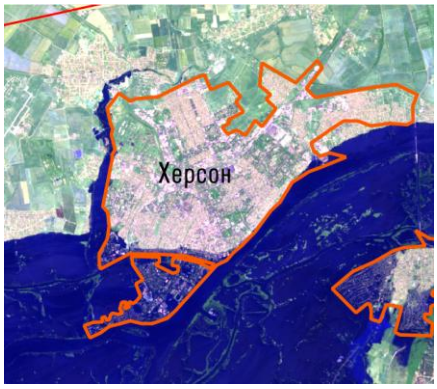
б) 

Рисунок 4 – Снимки населенного пункта Херсон, подвергшегося затоплению

(а – до затопления, б – после затопления)

а)

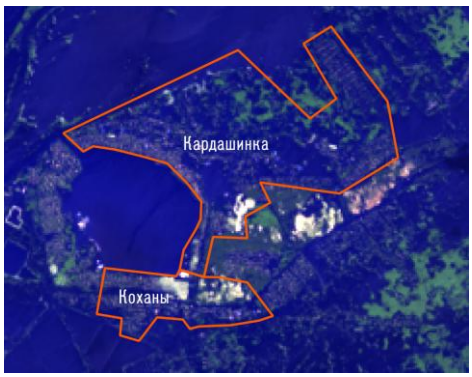
б) 

Рисунок 5 – Снимки населенных пунктов Кардашинка и Коханы, подвергшихся затоплению (а – до затопления, б – после затопления)

Для оценки ущерба выполнили геообработку векторных слоев «зоны затопления» и «границы населенных пунктов», используя функцию «Пересечение». В результате получили слой с затопленной территорией в границах населенных пунктов (рисунок 6). Вычислили общую площадь затопления, которая получилась равной 23,60 км2. Из этого 8,05 км2 затопленной территории населенного пункта Алешки, что составило 47% от всей площади пункта; 7,14 км2 – Кардашинки или 91% от всей площади; 1,33 км2 или 71% – Коханов и 7,07 км2 или 11% – Херсона.

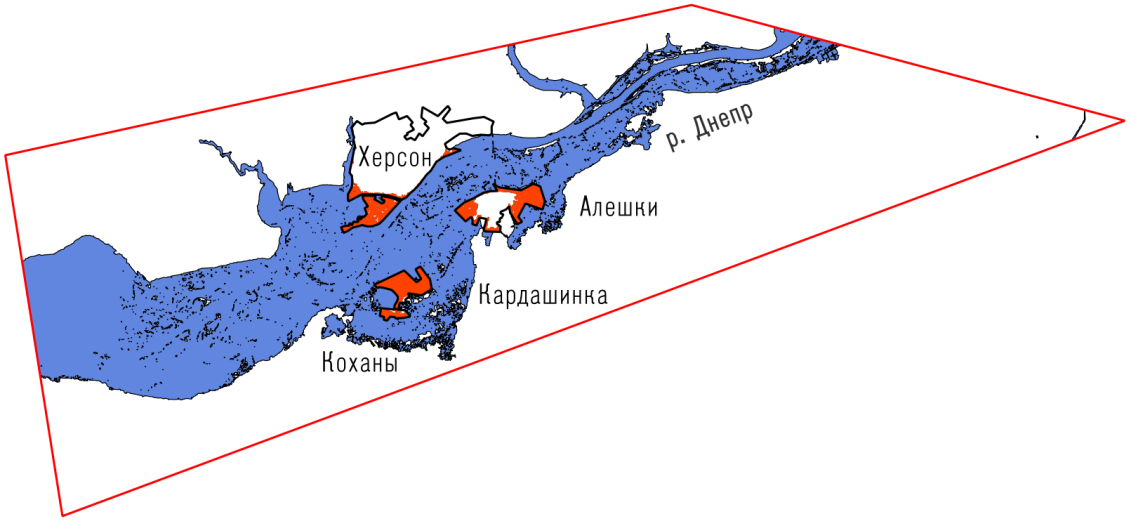


Рисунок 6 – Вычисление площади затопления в границах населенных пунктов (красный выделены зоны затоплений в границах населенных пунктов)

Для быстрой оценки масштаба наводнения метод с индексом MNDWI показал хорошие результаты. По снимкам Landsat удалось определить, как увеличилась площадь воды после разрушения плотины – с 219,38 до 632,94 км2. Отдельно по населенным пунктам было визуально видно насколько серьезный ущерб был нанесен затоплением. После анализа и вычислений был сделан вывод: в Кардашинке затопило 91% территории, в Коханах – 71%, в Алешках – 47%, в Херсоне – 11% территории. Применение данных методов целесообразно для целей мониторинга чрезвычайной ситуации на Каховском водохранилище.

Список использованных источников

1. Водный фонд Украины: Искусственные водоемы – водохранилища и пруды : справочник / под ред. В.К. Хильчевского, В.В. Гребня. – К. : Интерпрес, 2014. – 164 с. – (укр.). – (дата обращения: 26.03.2026). – Текст : электронный.

2. Каховская ГЭС // РИА Новости. – URL: *https://ria.ru/20230606/kakhovskaya_gidroelektrostantsiya-1876397680.html* (дата обращения: 26.03.2026)

3. Шинкаренко С.С. Последствия повреждения плотины Каховской ГЭС на реке Днепр / Шинкаренко С.С., Барталев С.А. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2023. – Т. 20. № 3. – С. 314-322. – DOI:10.21046/2070-7401-2023-20-3-314-322 (дата обращения: 27.03.2026). – Текст : электронный.

4. После потопа. Последствия разрушения Каховской ГЭС: опасность для людей и шанс для природы // Кедр.медиа. – URL: *https://kedr.media/research/posle-potopa/* (дата обращения: 26.03.2026)

5. Адамович Т.А. Использование различных комбинаций спектральных каналов космических снимков спутника Landsat 8 для оценки природных сред и объектов (обзор) / Адамович Т.А., Ашихмина Т.Я., Кантор Г.Я. // Теоретическая и прикладная экология. – 2017. –№2. – С. 9-18 – URL: *http://envjournal.ru/ari/v2017/v2/17202.pdf* (дата обращения: 31.03.2026)

УДК 347.235.11-047.36

Использование современных технологий мониторинга земель

Краснова А. И., магистр; Хаметов Т. И., профессор, д. э. н.

* Ответственный за переписку: krasnova_an@list.ru
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Аннотация. Использование современных технологий мониторинга земель способствует своевременному и точному обследованию территории. Обозначена значимость мониторинга земель для страны, изучены основные понятия мониторинга земель, а также изучены 8 передовых технологий в мире, которые уже используются в сфере строительства. Исследованы пути решения возникающих проблем в практике мониторинга. Предложены современные варианты отечественных и зарубежных технологий мониторинга использования и состояния земель.

Ключевые слова: мониторинг земель, современные технологии, использование земель, IT-индустрия, технологические возможности.

Современное развитие общества характеризуется ростом технологических возможностей, которые применяются в решении задач строительства, архитектуры и контроля за территориями. С увеличением антропогенной нагрузки на природные ресурсы, урбанизацию и климат появляется острая необходимость в точном и оперативном мониторинге земель.

Мониторинг рассматривается, как комплекс исследовательских процедур, который позволяет выявить характер изменений в конкретном объекте за определённый промежуток времени [1]. Он может быть постоянным или периодическим, локальным или глобальным.

Понятие, задачи и цель мониторинга земель описаны в статье 67 Земельного Кодекса Российской Федерации, где – Государственный мониторинг земель является частью государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) и представляет собой систему наблюдений, оценки и прогнозирования, направленных на получение достоверной информации о состоянии земель, об их количественных и качественных характеристиках, их использовании и о состоянии плодородия почв. Объектами государственного мониторинга земель являются все земли в Российской Федерации [2].

Государственный мониторинг земель подразделяется на мониторинг использования земель и мониторинг состояния земель.

При мониторинге использования земель осуществляется наблюдение за использованием земель и земельных участков в соответствии с их целевым назначением. При мониторинге состояния земель осуществляются наблюдения за изменением количественных и качественных характеристик земель, в том числе с учетом данных результатов наблюдений за состоянием почв, их загрязнением, захламлением, деградацией, нарушением земель, оценкой и прогнозированием изменений.

Таким образом мониторинг играет важную роль в сохранении экологии и устойчивом развитии территории. Он позволяет своевременно выявлять негативные изменения и предотвращать экологические катастрофы, появляется возможность не только фиксировать текущее состояние окружающей среды, но и прогнозировать изменения в будущем.

Развитие государственного мониторинга земель напрямую зависит от прогресса в IT-сфере. Данная индустрия имеет значительный рост в области современных технологий. Для

ГИС-сообщества особенно важна эта тенденция, так как эти технологии тесно связаны с геопространственной отраслью. Так в сфере строительства используют BIM моделирование, которое интегрировало эти технологии в свою деятельность.

По мнению экспертов, стандарты, интеграция данных о местоположении с картами и автоматизация являются тремя ключевыми драйверами, обеспечивающими гео-поддержку [3]. Новые технологии и инновации теперь объединяют физический, цифровой и биологический миры способами, которые фундаментально преобразуют человечество. Обычные граждане все больше ощущают их роль в повседневной жизни, а многие руководители компаний и их топ-команды все в большей мере осознают значимость и оценивают масштабы влияния вихря технологических прорывов на бизнес, выработку корпоративной стратегии и стойкость в конкурентной борьбе.

Согласно PricewaterhouseCoopers (PwC) было выделено 8 наиболее значимых передовых технологий. К ним относятся: интернет вещей, дополнительная и виртуальная реальность, блокчейн, искусственный интеллект, 3D печать, дроны, роботы.

Блокчейн – это постоянно растущий список записей, называемых блоками, связанных и защищенных с помощью криптографии.

Дроны (БПЛА) являются транспортными средствами, передвигающимися без человека на борту.

Искусственный интеллект (ИИ) – это методы и алгоритмы, способные выполнять задачи, обычно требующие человеческого вмешательства, такие как визуальное восприятие, принятие решений или перевод с одного языка на другой.

Виртуальная и дополнительная реальность позволяют расширить представление видимого физического мира с помощью визуальных эффектов, сгенерированных компьютером или полученных из реального мира (звука, видео, графиков, данных GPS) для улучшения пользовательского восприятия.

3D печать является технологией послойного производства, используемая для создания трехмерных объектов на основе цифровой модели.

Роботы – это машины автоматизирующие, дополняющие или помогающие человеческой деятельности, автономно или в соответствии с инструкцией.

Интернет вещей (IoT) это сеть приборов, транспортных средств, умных зданий и объектов, которые оснащены электроникой, датчиками подключенных к сети, чтобы собирать, обрабатывать и обмениваться данными.

При мониторинге использования и состояния земель эти технологии дают возможность выявлять незаконные застройки, оценивать состояние сельскохозяйственных угодий, фиксировать изменения границ земельного участка и др.

В России, для получения достоверной информации о состоянии земель, их использовании, качественных и количественных характеристик используется дистанционное зондирование земли, наземные обследования и использование государственного кадастра и реестра. Дистанционное зондирование Земли использует спутниковые снимки, аэрофотосъемку и данные с дронов для мониторинга территорий. Наземные обследования характеризуются полевыми исследованиями, которые проводятся с целью уточнения данных полученных дистанционно.

Данные государственного кадастра и реестра позволяют осуществлять анализ землеустроительной документации, изменения в границах объекта недвижимости, его целевого назначения, правового статуса и внесения этих данных на кадастровую карту.

Выше указанные современные технологии начали активно внедрятся на практике. Однако, они еще не в полной мере используются в геопространственном поле мониторинга. Вместе с тем, возникает ряд проблем, влияющих на экологические и экономические потери, то есть снижающие экономическую эффективность контроля.

Во-первых, система мониторинга за состоянием земельных участков функционирует на недостаточно уровне, вследствие чего увеличивается площадь заброшенных и деградированных земель.

Во-вторых, данные о землях и контроле их состояния хранятся на разных информационных платформах (в ведомствах, муниципалитетах, Росреестре, Россельхознадзоре и др.), отсутствует единая информационная система, которая бы не позволяла дублировать ошибки в кадастровых сведениях мониторинга использования и состояния земель, а способствовала своевременно их обновлять.

Решению этих проблем будет способствовать внедрение экономически выгодных, безопасных и масштабируемых современных технологий мониторинга. В этой связи, по мнению авторов, представляется целесообразным создание:

– Единой цифровой платформы мониторинга земель на основе искусственного интеллекта. На платформе будут выгружены спутниковые снимки, данные БПЛА, метеоданные и другие сведения позволяющие ИИ-ассистенту проанализировать территорию в целях ее мониторинга.

– Мобильного приложения для граждан, целью которого является выгрузка фото или видео материалов гражданами о нарушениях (мусор, незаконная вырубка и др.) использования земель с обозначением геолокации этого нарушения.

Заслуживает интерес зарубежная практика компании Niantic, где она является разработчиком игр и использует данные для создания большой геопространственной модели. В 2016 году, компанией была запущена игра PokemonGO, миллионы людей по всему миру собирали изображения мест, выполняя своеобразный квест в игре. Таким образом компания собрала изображения мест, их геолокацию и обучала искусственный интеллект для анализа и интерпретации физического пространства [4, 5].

В заключение, отметим, что необходимость в повышении эффективности управления земельными ресурсами, предотвращения деградации почв, борьбы с незаконным использованием земель особенно актуальна в современном мире. Внедрение IT-технологий в систему мониторинга территорий поспособствует оптимизации работы органов власти и позволит расширить возможности эффективность технологий мониторинга земель.

Список использованных источников

1. Сущность и виды мониторинга – URL: *https://kspu-archive.petrsu.ru/structur/kafedry/kaftech/course/course/chapter_9_1.htm* (дата обращения 24.03.2026)

2. Земельный Кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 30.01.2026) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2026) – URL: *https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/0b2b2f4d1871a081e0da8f1ff95bab2f1fecda1a/* (дата обращения 24.03.2026)

3. Гохман В.В., Третьяченко Д.А., компания ЭСРИ СНГ // Восемь прорывных технологий и их связь с геопространством – «ArcReview» – URL: *https://arcreview.esri-cis.ru/2019/12/25/geospatial-technologies/* (дата обращения 24.03.2026)

4. Дарья Арцыбшева // PokemonGO тайно обучала ИИ-карту с помощью игроков – «hi-tech» – URL: *https://hi-tech.mail.ru/news/118007-gejmery-v-shoke-pokemon-go-tajno-obuchila-ii-kartu-s-pomoshyu-igrokov/* (дата обращения 07.04.2026)

5. От покемонов к ИИ: Niantic создает цифровой двойник реального мира. – «SecurityLab» – URL: *https://www.securitylab.ru/news/554114.php* (дата обращения 07.04.2026)

УДК 004.93:551.435.83

Разработка программы-генератора размеченных синтетических данных для отладки поисковых алгоритмов карстовых воронок

*Лукьянченко Д.Д.[1] *, студент; Крашенинников М.С.[2], канд. техн. наук; Кошурина А.А.[2], канд. техн. наук*

* Ответственный за переписку: lukyanchenko.den@inbox.ru
[1] Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород
[2] Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород

Аннотация. В работе представлена программа-генератор размеченных синтетических данных, разработанная для отладки алгоритмов поиска мышиных норок на сельскохозяйственных полях. Программа-генератор выполнена в виде аддона к Blender и включает параметрическую генерацию сцены, автоматическое размещение целевых объектов в определенных местах сцены, синтез фоновой текстуры, пакетный рендер кадров и построение бинарных масок. Предусмотрены механизмы воспроизводимости набора данных, сохранения состояния рендера и безопасного продолжения прерванной генерации. Проверочный запуск показал, что для последовательности из 364 кадров сформированы все 364 пары «кадр-маска» без пропусков. Показано, что аналогичный подход может быть использован для подготовки больших размеченных выборок под задачу поиска карстовых воронок по данным БПЛА, аэрофотосъемки и спутникового мониторинга при соответствующей адаптации параметров сцены.

Ключевые слова: поисковые алгоритмы, разметка данных, компьютерное моделирование, синтетические данные, разметка изображений, мышиные норки, Blender, бинарная маска, отладка алгоритмов, карстовые воронки.

Введение

Карстовые воронки относятся к опасным экзогенным геологическим процессам. Они могут возникать на незастроенных и на освоенных территориях. Их появление создает риск деформаций зданий, дорог и инженерных сетей [1, 2]. Поэтому раннее выявление таких объектов является важной инженерной задачей [3].

Обнаружение подобных объектов может выполняться поисковыми алгоритмами. Для разработки и проверки алгоритмов поиска нужен размеченный набор данных, подготовка которого при натурной съемке является трудоемкой задачей постобработки. Основная трудность связана с ручной покадровой разметкой. Дополнительную сложность создает проверка влияния параметров съемки, характеристик камеры, условий освещения и фона. В результате подготовка данных заметно замедляет разработку алгоритмов [4, 5].

Одним из способов сократить этот этап является генерация размеченных синтетических данных, основой которого является априорное знание о положении и форме целевых объектов в каждом кадре. В процессе компьютерного моделирования фотореалистичных изображений автоматически генерируются пары «кадр-маска» (универсальный способ разметки), которые сразу могут быть использованы в разработке и отладке поисковых алгоритмов.

Текущая реализация генератора отлажена на объекте «мышиная норка». Этот объект используется как модель небольшого углубления рельефа. После настройки формы, масштаба и параметров фона тот же подход может быть применен к задаче поиска карстовых воронок.

Для корректной адаптации важно учитывать, что не каждое углубление является карстовым. При обучении алгоритма необходимо добавлять отрицательные примеры, похожие по форме, но иного происхождения.

Материалы и методы

Для создания сгенерированных фотореалистичных изображений рассматривались 3ds Max, Maya, Blender и Unreal Engine [6]. Эти среды позволяют настроить сцену и освещение, учесть параметры камеры и получать итоговый рендер. Для данной работе был выбран Blender, потому что в одной среде можно выполнять генерацию сцены, пакетный рендер, построение масок и ведение журнала состояния. Дополнительным преимуществом является программная настройка этапов через Python API.

Задача решалась поэтапно. Сначала задаются параметры сцены и выполняется валидация входных данных. Затем формируется таблица целевых объектов и собирается геометрия сцены. После этого запускается пакетный рендер кадров.

Обобщенная блок-схема алгоритма генерации и рендеринга показана на рис. 1. Эта поэтапная схема не привязана только к задаче поиска мышиных норок. При изменении формы объекта, масштаба сцены и параметров фона ее можно применять и в других прикладных задачах.

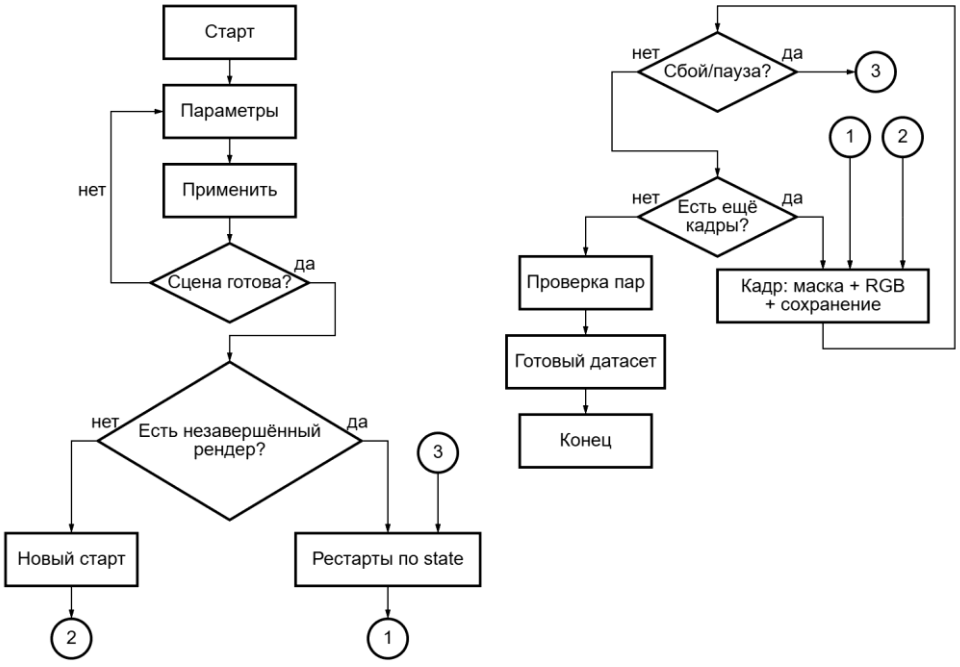


Рисунок 1 – Обобщенная блок-схема алгоритма генерации и рендеринга
(Источник: составлено автором Лукьянченко Д.Д.)

Рабочий процесс в среде Blender представлен на рис. 2. В интерфейсе аддона доступны настройки разрешения кадра, высоты, угла и поля зрения камеры, длительности моделирования, скорости камеры, автоматической и ручной ширины рабочей области, количества и плотности целевых объектов, параметров травяного фона, локального и глобального освещения, частоты кадров, а также путей сохранения рендера и масок.

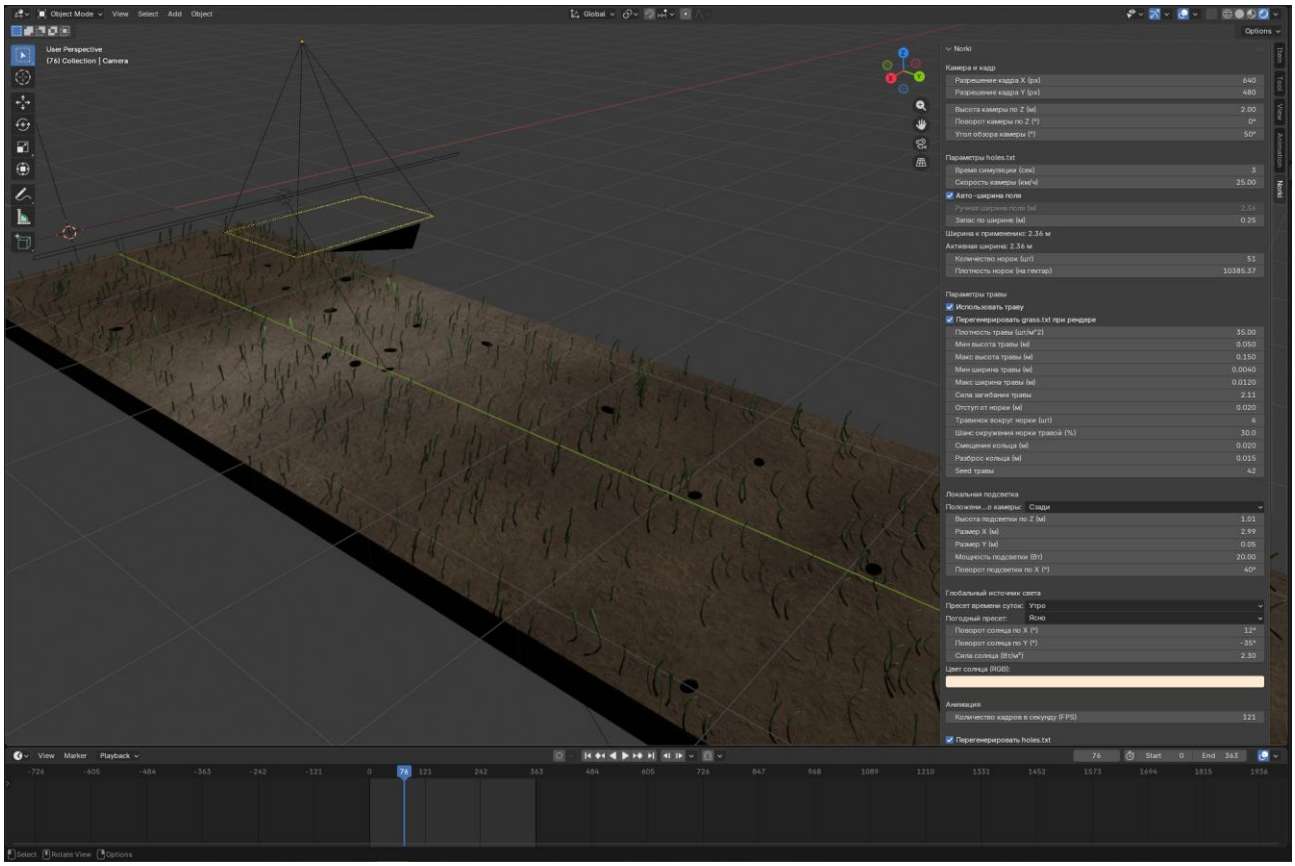


Рисунок 2 – Интерфейс аддона и фрагмент виртуальной сцены с мышиными норками (Источник: Составлено автором Лукьянченко Д.Д.)

Основной входной файл – это holes.txt. В нем для каждого целевого объекта записаны идентификатор, координаты центра, размеры полуосей, глубина и угол поворота. Длина синтезируемого участка вдоль маршрута съемки рассчитывается по формуле (1):

$$L = \frac{T \times V}{3{,}6}, \tag{1}$$

где L – длина сцены, м; T – время моделирования, с; V – скорость движения камеры, км/ч.

Число целевых объектов определяется по заданной плотности на единицу площади по формуле (2):

$$N = \lfloor \frac{\rho \times (L \times B)}{10000} \rfloor, \tag{2}$$

где N – число объектов; ρ – заданная плотность, шт/га; B – активная ширина рабочей области, м.

После генерации записи сортируются по продольной координате. Это нужно, чтобы объекты появлялись в кадре в правильном порядке при движении камеры. Для фона используется отдельный модуль grass.txt, задающий плотность травы и параметры её генерации. При переносе на карстовую задачу состав фоновых объектов может быть расширен. Маски формируются автоматически для каждого целевого объекта и синхронизируются с цветным кадром. Для каждого целевого объекта сначала строится контур в виде многоугольника, который приближает эллипс, после чего его вершины переводятся из координат сцены в координаты кадра. Затем выполняется растровая заливка внутренней области. Для надежной генерации реализован механизм контрольной точки: в служебном файле формата .JSON сохраняется журнал состояния процесса.

Результаты исследования

Технология была отработана на прикладной задаче поиска мышиных норок. Программа сформировала полный набор цветных изображений и соответствующих масок. Проверка показала синхронность серий: пропусков кадров нет, все изображения и маски сгенерированы корректно. Примеры на рис. 3, а-в подтверждают совпадение положения целевых объектов на цветных кадрах и на масках. Это означает, что генератор формирует готовый размеченный набор без ручной покадровой разметки. Скорость генерации данных зависит от вычислительных возможностей компьютера и выбранных параметров моделирования: длительность, частота кадров, размер сцены и др.

Рисунок 3, а) – Пример пары «кадр-маска» для кадра №60
(Источник: Составлено автором Лукьянченко Д.Д.)

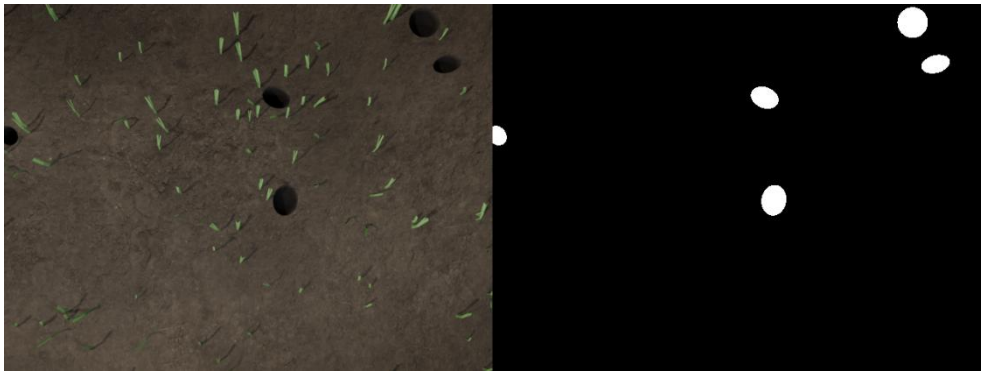


Рисунок 3, б) – Пример пары «кадр-маска» для кадра №180
(Источник: Составлено автором Лукьянченко Д.Д.)

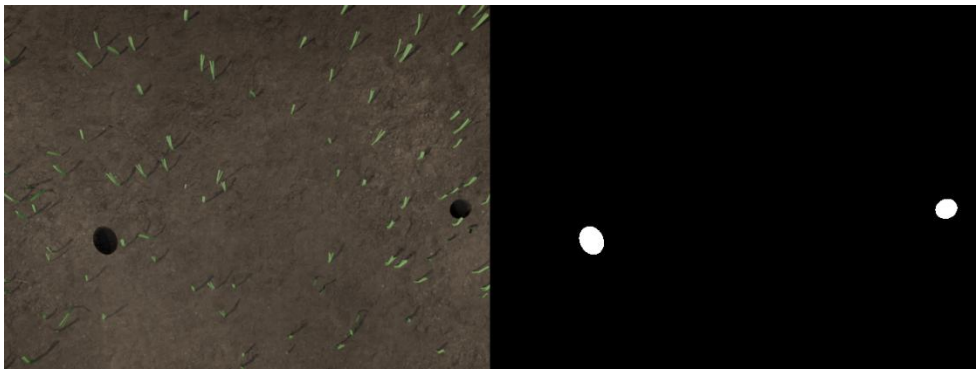


Рисунок 3, в) – Пример пары «кадр-маска» для кадра №300
(Источник: Составлено автором Лукьянченко Д.Д.)

Разметка масками выбрана по причине её универсальности, она сохраняет точный контур объекта и его площадь в кадре. В отличие от разметки прямоугольными рамками вокруг объекта и простыми геометрическими областями, маски дают более полную информацию для обучения алгоритмов сегментации и распознавания сложных форм (*https://habr.com/ru/companies/data_light/articles/868464/*, дата обращения: 02.04.2026; *https://habr.com/ru/companies/data_light/articles/852848/*, дата обращения: 02.04.2026).

Заключение

Разработанная программа-генератор позволяет создавать размеченные данные для отладки алгоритмов поиска углублений рельефа. Представленная технология проверена на задаче поиска мышиных норок, где подтверждена стабильная генерация пар «кадр-маска» и пригодность данных для обучения и проверки алгоритмов распознавания. Практический результат состоит в том, что разметка формируется автоматически, что снижает потребность в натурных полевых съемках и ручной покадровой постобработке.

Применение этой технологии к задаче поиска карстовых воронок требует адаптации сцены к другому масштабу съемки. Для этого необходимо увеличить высоту виртуальной камеры, изменить форму и размеры целевых объектов и дополнить фон элементами, характерными для реальной местности. При такой адаптации базовый принцип генерации и построения масок сохраняется. Поэтому потенциал переноса подхода на задачу карстовых воронок оценивается как высокий, а его практическая проверка на профильных данных рассматривается как следующий этап работы.

Список использованных источников

1. Смирнов, А. И. Карта сульфатного карста Южного Предуралья (содержание, принципы и методика построения) / А. И. Смирнов // Инженерная геология. – 2018. – Т. XIII, № 1-2. – С. 86-94. *https://doi.org/10.25296/1993-5056-2018-13-1-2-86-94*

2. Абдрахманов, Р. Ф. Оценка современной активности карбонатного карста с установлением геолого-гидрогеологических особенностей его развития в неоген-четвертичное время / Р. Ф. Абдрахманов, В. Н. Дурнаева, А. О. Полева, А. Р. Бакиева // Геологический вестник. – 2021. – № 1. – С. 105-114. *https://doi.org/10.31084/2619-0087/2021-1-10*

3. Абдрахманов, Р. Ф. ГИС-технологии в изучении опасных геологических процессов Южного Урала и Предуралья / Р. Ф. Абдрахманов, А. И. Смирнов, В. Н. Дурнаева // Геологический вестник. – 2018. – № 3. – С. 137-143. *https://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-3-10*

4. Пчелинцев, С. Ю. Метод создания синтетических наборов данных для обучения нейросетевых моделей распознаванию объектов / С. Ю. Пчелинцев, М. А. Ляшков, О. А. Ковалева // Информационно-управляющие системы. – 2022. – № 3. – С. 9-19. *https://doi.org/10.31799/1684-8853-2022-3-9-19*

5. Гаврилов, Д. А. Исследование применимости сверточной нейронной сети U-Net к задаче сегментации изображений авиационной техники / Д. А. Гаврилов // Компьютерная оптика. – 2021. – Т. 45, № 4. – С. 575-579. *https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-804*

6. Перевезенцев, А. А. Исследование возможностей игрового движка Unreal Engine 5 / А. А. Перевезенцев, И. Г. Куклина // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека. – С. 569-573. – URL: *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54021845* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

УДК 332.3(470.341)

Применение данных дистанционного зондирования в мониторинге земель сельскохозяйственного назначения Дальнеконстантиновского муниципального округа

Пальцева Ю.А., студент

* Ответственный за переписку: superulia04@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Актуальность исследования определяется проблемой деградации сельскохозяйственных земель в России, вызванной экономическими и демографическими факторами. Неиспользование пахотных угодий приводит к их зарастанию, что негативно влияет на качество земель и снижает объёмы сельскохозяйственной продукции. Цель исследования заключается в выявлении неиспользуемых сельскохозяйственных земель в Дальнеконстантиновском муниципальном округе Нижегородской области с применением методов дистанционного зондирования на примере части территории ООО Колос. Практическая значимость работы состоит в разработке технологии выявления неиспользуемых земель, результаты исследования могут быть использованы для оптимизации землепользования и сохранения плодородия почв.

Ключевые слова: мониторинг, данные Sentinel, визуальное дешифрирование, автоматизированное дешифрирование, автоматическая векторизация

Научный руководитель – доцент кафедры геоинформатики, геодезии и кадастра Ерискина Татьяна Олеговна.

Введение

Земля главный источник существования человечества. Рациональное использование земельных ресурсов является основополагающим фактором в жизнеобеспечение населения. Зарастание земель сельскохозяйственного назначения остаётся актуальной проблемой для России [1]. Зарастание земель вызвано экономическими и демографическими факторами. Проблема деградации сельхозземель напрямую связана с тремя взаимосвязанными факторами: сокращением государственной поддержки, кризисом в сельском хозяйстве и оттоком населения в города [2]. Последний фактор особенно важен: уменьшение численности сельских жителей вызывает дефицит рабочей силы, из-за чего земли перестают обрабатываться и постепенно зарастают. Неиспользуемые пахотные угодья зарастают, из-за чего снижается плодородие почв и падают объемы сельскохозяйственного производства.

Дальнеконстантиновский район относится к группе центральных сельскохозяйственных районов и считается одной из развитых аграрных территорий региона. Сельскохозяйственные угодья занимают 65 тыс. га, в т.ч. пашня – 49,9 тыс. га [3]. Основные направления сельскохозяйственного производства: мясо-молочное животноводство; производство зерновых культур; выращивание товарной рыбы (в т.ч. ценных пород). В отрасли действуют: 13 сельхозпредприятий различных организационно-правовых форм (3 средних и 10 малых); 16 крестьянско-фермерских хозяйств (доля в общем объёме сельхозпроизводства – 9,2 %);

широкая сеть некоммерческих садоводческих, огороднических и частных объединений, личных подсобных хозяйств граждан [4].

Мониторинг процесса зарастания сельскохозяйственных земель проводится по космическим снимкам, используя методы визуального и автоматизированного дешифрирования. Анализировались данные космической съемки на территорию ООО «Колос», предприятия, практикующего сельскохозяйственное производство. На рисунке 1 представлен космический снимок на часть территории ООО «Колос». Изображение получено в QGIS через модуль QuickMapServices.

Рисунок 1 – Космический снимок на часть территории ООО «Колос» (Источник: Составлено автором)

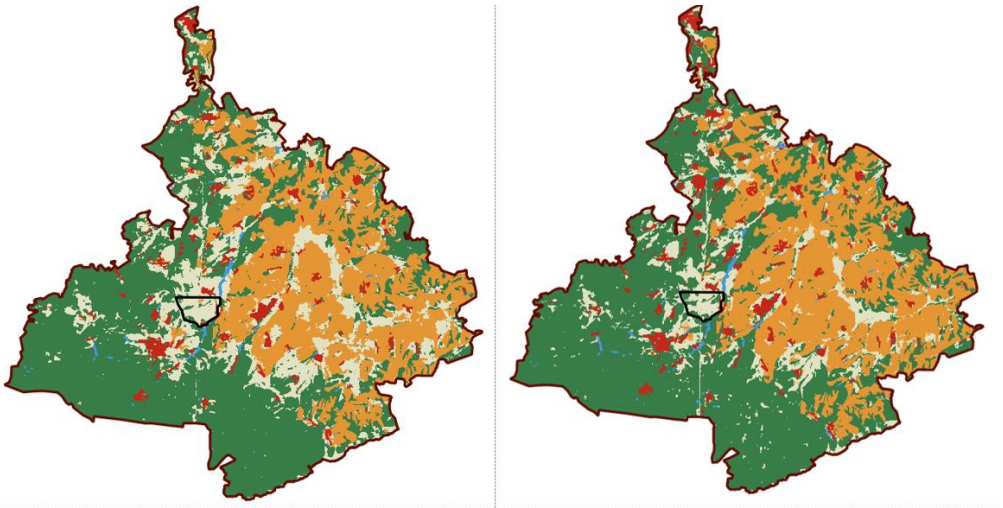
Анализируя космические снимки (ресурс Google Планета Земля), можно отметить динамику изменения состояния сельскохозяйственных угодий ООО «Колос». В 2012 году территория представляла собой организованные сельскохозяйственные участки с чёткими геометрическими контурами и равномерным тоном поверхности. Характерной особенностью являлись отчётливые полосы распашки, свидетельствующие об активной сельскохозяйственной деятельности на участках. После 2012 года начался процесс зарастания. К 2025 году контуры участков значительно изменились, преобладает серый тон с многочисленными тёмными областями, что характерно для зарослей кустарника и молодой древесной растительности. Можно сделать вывод, что на данной пашне за последние года отсутствуют признаки распашки, это подтверждает прекращение сельскохозяйственного использования территории и ликвидация предприятия. Пример зарастания сельскохозяйственных земель представлен на рисунке 2.

а)·2012·год¤ б)·2025·год¤

в)·2012·год¤ г)·2025·год¤

Рисунок 2 – Динамика зарастания территории сельскохозяйственных угодий ООО «Колос» (Источник: Составлено автором)

Для целей мониторинга использовали данные Sentinel-2 Европейского космического агентства (ESA). Данные были получены с ресурса Sentinel-2 Land Cover Explorer (веб-приложение от компании Esri, предназначенное для визуализации и анализа изменений земного покрова на глобальном уровне) [5]. Пример классификации данных Sentinel-2 на территорию Дальнеконстантиновского муниципального округа представлен на рисунке 3.



а) 2017 год б) 2024 год

Рисунок 3 – Обработанные данные Esri | Sentinel-2 Land Cover Explorer (Источник: Составлено автором)

За период с 2017 по 2024 год на части территории ООО Колос Дальнеконстантиновского района были получены площади сельскохозяйственных угодий. Сравнение данных позволило говорить о процессе зарастания этих территорий. Автоматическая векторизация площадей выполнялась в программе QGIS на основе обработанных данных Sentinel-2. На рисунке 4 показан результат автоматической векторизации, розовым цветом выделены земли сельскохозяйственных угодий, зеленым участки древесной растительности. Динамика изменения площадей показана на рисунке 5.

Площадь сельскохозяйственных угодий сократилась в 2024 на 192,54 га, что составило 20,97% от площади в 2017 году, а площадь древесной растительности увеличилась с 2017 по 2024 год.

Рисунок 4 – Результат автоматической векторизации по данным Sentinel-2 на часть территории ООО «Колос» (Источник: Составлено автором)

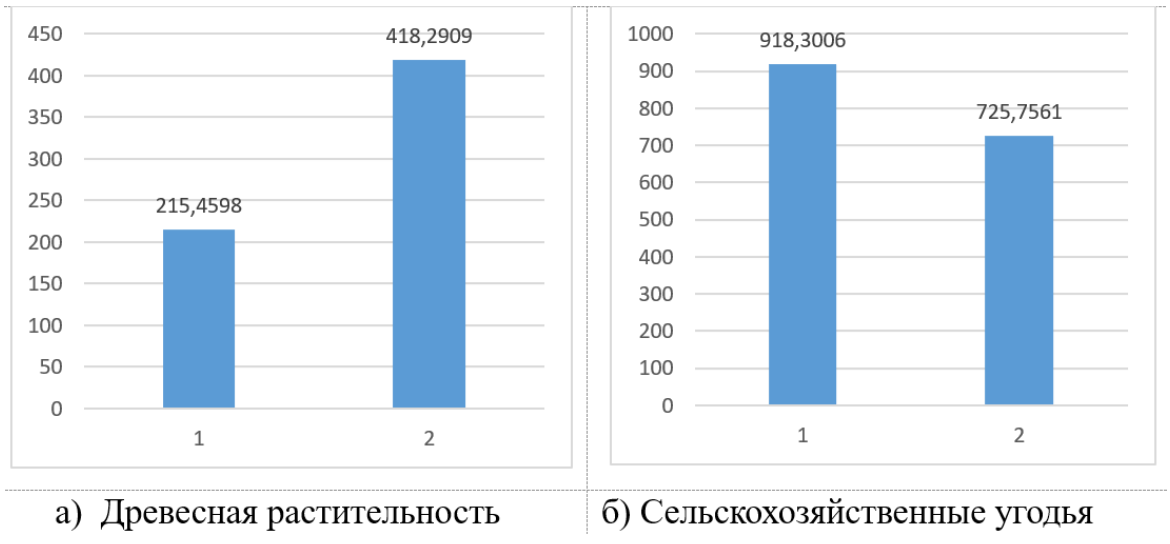


Рисунок 5 – Расчет площадей за 2017 и 2024 год на части территории ООО «Колос» (Источник: Составлено автором)

Применение данных космической съемки является основой для мониторинга процессов зарастания сельскохозяйственных земель. Методы визуального и автоматизированного дешифрирования позволяют анализировать изменения площадей древесной растительности и открытых территорий.

Список использованных источников

1. Гичан, Д. В. Зарастание земель сельскохозяйственного назначения древесной растительностью: масштабы, причины, Пути использования. Обзор / Д. В. Гичан, Д. Н. Тебенькова // Вопросы лесной науки. – 2023. – Т. 6, № 3. – С. 41-92. – DOI 10.31509/2658-607x-202363-131

2. Краткая история земельной реформы [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: *https://kadinfo.ru/2025/08/25/reforma/* (дата обращения: 16.03.2026). – Текст : электронный

3. Об округе / Дальнеконстантиновский муниципальный округ Нижегородской области [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: *https://adm-dk.nobl.ru/district/?ysclid=miz0vxtkd5933006882* (дата обращения: 20.03.2026). – Текст : электронный.

4. Дальнеконстантиновский район – расположение на карте, население, история – РУВИКИ [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: *https://ru.ruwiki.ru/wiki/Дальнеконстантиновский_район* (дата обращения: 22.03.2026). – Текст : электронный.

5. Explore Impacts of Human Development and Climate Change with New Sentinel-2 Land Cover Explorer from Esri – LIDAR Magazine[Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: *https://lidarmag.com/2023/02/08/explore-impacts-of-human-development-and-climate-change-with-new-sentinel-2-land-cover-explorer-from-esri/* (дата обращения: 22.03.2026). – Текст : электронный.

УДК 52.13

Использование графических программ для анимированного объяснения работы с топографическими планами

*Панасенко Н.А. *, студент; Солнышкова О.В., зав. кафедрой, кандидат педагогических наук, доцент*

* Ответственный за переписку: n.panasenko@sibstrin.ru
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Аннотация. В данной статье рассмотрены преимущества получения знаний при помощи интерактивных методов обучения, а также представлен готовый проект мультфильма по теме, представленной выше. Основными источниками информации послужили исследования, наиболее весомым из которых для данной статьи является «Теория двойного кодирования», разработанная Алланом Пайвио. В результате проделанной аналитической работы был получен практический результат, который заключается в создании ярких персонажей и пошагового объяснения материала для студентов.

Ключевые слова: топографический план, анимация, обучение, румб, дирекционный угол.

Научный руководитель – зав. кафедрой геодезии, кандидат педагогических наук, доцент Солнышкова Ольга Валентиновна.

В современном мире, где объем информации стремительно растет и обновляется, особую актуальность приобретают навыки быстрого восприятия и понимания новой информации, что требуется от студентов и школьников. Эти требования диктуют необходимость внедрения инновационных подходов к подаче знаний, которые обеспечивали бы их качественное и эффективное усвоение [1].

Поэтому интерактивные форматы обучения, то есть видеоматериалы, игры и презентации постепенно вытесняют лекции и тексты, так как являются более простыми для понимания учеников.

Цель: Создание доклада на тему «Использование графических программ для анимированного объяснения работы с топографическими планами», продуктом для которого является мультфильм «Определение дирекционных углов и румбов линии».

Задачи:

– Сбор и анализ информации по теме
– Структурирование информации
– Выбор программы Для создания мультфильма
– Создание мультфильма
– Создание доклада и презентации

Обработка теста требует много последовательных этапов: во-первых, глаз должен распознать символы, далее мозг интерпретирует их, формирует образы и связывает их с памятью. Изображение в свою очередь воспринимается как готовая сцена, не требующая декорирования.

Исследования дают понять, что визуальная информация обрабатывается гораздо быстрее текстовой, а видео, обладающее яркой картинкой и сочетающее в себе движение, цвет, звук и образы задействуют несколько каналов восприятия сразу, благоприятно способствуя усвоению материала.

К тому же, для более глубокого понимания материала не достаточно только зазубривать информацию: взаимодействие с ней дает ключ к более филигранному владению навыком. Возможность «общаться» с предметом изучения опять же предоставляет интерактивная анимация.

Канадским психологом Алланом Пайвио была разработана теория двойного кодирования в 1971 году. Согласно ей человеческое познание состоит из двух различных систем: вербальной и визуальной, которые тесно связаны между собой [2].

Запоминание информации происходит эффективнее, когда обе системы активируются одновременно, тем самым объясняя, почему комбинация текста и визуальных образов улучшает усвоение информации.

Результативность анимированных видео объясняется некоторыми механизмами человеческого мозга [3]:

-Эмоциональная вовлеченность: мультфильм вызывает эмоциональный отклик, который усиливает связь с материалом;

-Динамичность и ритм: движение и смена картинки удерживает внимание, в особенности у детей и подростков;

-Наглядность сложных концепций: анимация позволяет визуализировать абстрактные или динамические процессы, к примеру физические явления или математические модели, что делает их доступнее для понимания;

-Активизация работы разных областей мозга: при восприятии изображения помимо зрительной коры задействуются эмоциональные центры и области долговременной памяти, что создает ассоциации и облегчает запоминание.

Графические программы можно разделить на два типа 2D и 3D.

Существует множество ПО обоих типов. Таким образом популярными 2D приложениями являются: Adobe Animate, Toon Boom Harmony, Pencil2D, ibis paint, Krita и так далее. В свою очередь в список 3D обеспечений входят: Cinema 4D, Autodesk Maya, 3Ds Max, Blender и прочие.

Каждый из представленных типов обладает своими уникальными качествами, но преимуществами 2D анимации перед 3D для подачи информации являются:

-Простота для восприятия: плоские изображения с минимумом деталей позволяют ученикам сфокусироваться на сути, а не на визуальных эффектах;

-Требует меньше времени и ресурсов для создания;

-Лучше подходит для абстрактных понятий. К примеру, алгоритмы, математические правила и исторические события удобнее объяснять через схемы и метафоры на плоскости.

Мной была выбрана программа «Ibis Paint» для создания своего проекта, так как в ней несложно работать, и она больше подходит для подачи материала по данной теме.

Основная трудность в понимании приведенной выше темы происходит на этапе, когда приходится измерять прямой и обратный дирекционные углы [4].

Для наиболее удачной и наглядной подачи информации мной были созданы персонажи мультфильма: Крыса Биссектриса, Транспортир и Измеритель, так как использование персонажей в познавательных мультфильмах позволяет организовывать процесс обучения пошагово, то есть демонстрировать способы размышления, построение логики выполнения задач, формулирования вопросов и анализа.

Для объяснения измерения дирекционных углов топографический план и сам транспортир были заключены мной в единую плоскость. Далее произведено наглядное

объяснение с помощью стрелок, которое помогает легко разобраться, каким именно образом происходит измерение углов.

Также студенты плохо понимают, что такое румб и как должен осуществляться способ его вычислить. В видео приведены примеры прямых и обратных румбов, их нахождение, а также взаимосвязь с дирекционными углами, представленной в виде таблицы и стрелок, чтобы уменьшить усилия по построению логической цепочки студентами.

Чтобы улучшить усвоение алгоритма по решению некоторых сложных заданий мной было сформировано несколько примеров на один и тот же пункт разбираемого упражнения.

В результате проделанной аналитической работы и последующего применения полученных теоретических знаний был успешно реализован проект по созданию обучающего мультфильма: созданы забавные персонажи, которые делают процесс обучения интереснее. Весь процесс подачи материала был разбит на простые шаги для более эффективного усвоения материала.

Методическая ценность данного проекта заключается в упрощении сложных геодезических понятий, из-за чего происходит более быстрое освоение навыка по выполнению измерений дирекционных углов, а также сокращение времени на усвоение материала [5].

Список использованных источников

1. Куланов, И. Б. Мультимедийный учебный комплекс как эффективное средство повышения качества профессионального образования / И. Б. Куланов // Сборники конференций НИЦ Социосфера. – 2020. – № 8. – С. 93-97

2. Вавиловцева, В. В. Применение анимационных технологий как эффективная практика в развитии креативных способностей у старших дошкольников / В. В. Вавиловцева, И. А. Синкевич // Цифровая наука. – 2021. – № 12. – С. 45-52. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-animatsionnyh-tehnologiy-kak-effektivnaya-praktika-v-razvitii-kreativnyh-sposobnostey-u-starshih-doshkolnikov/viewer*

3. Грахова, С. И. Применение анимации в интерпретации художественного и математического текста в начальной школе / С. И. Грахова, Н. Л. Беляева, Т. И. Ярулина // Самарский научный вестник. – 2025. – Т. 14, № 1. – С. 122-127. – DOI 10.55355/snv2025141303.

4. Замковая, А. В. Теоретические аспекты визуализации учебного материала для развития устно-речевых умений / А. В. Замковая // Ярославский педагогический вестник. – 2023. – № 5(134). – С. 40-47. – DOI 10.20323/1813-145X_2023_5_134_40

5. Егшатян М. И., Титова Е. Р. Интерактивные методы обучения /М. И. Егшатян, Е. Р. Титова // Евразийский научный журнал. – 2022. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/interaktivnye-metody-obucheniya-3*

УДК 528, 528.4, 908

Пространственное развитие территории Городца Нижегородской области

*Перунцева С.М. *, студент*

* Ответственный за переписку: abramovaa2017@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена выявлению факторов, влияющих на пространственное развитие территории Городца Нижегородской области. На основе анализа разновременных карт, данных о численности населения и исторических сведений, установлено что увеличение границ происходило благодаря включению в черту населенного пункта окружающих слобод и деревень. Выявлены четыре основных фактора пространственного развития: природный (рельеф), промышленный, социальный и культурный. В статье показано, что промышленное развитие обеспечило количественный прирост населения, социальная инфраструктура закрепила население, а культурное наследие и традиционные народные промыслы определили качественное своеобразие города и его туристическую привлекательность. Также сделан общий вывод о необходимости сбалансированного учета выявленных факторов в стратегическом планировании для устойчивого развития территории и сохранения исторической идентичности.

Ключевые слова: исторический город, территория, границы, площадь, пространственное развитие, население, экономика, мониторинг территории.

Научный руководитель – профессор кафедры геоинформатики, геодезии и кадастра ННГАСУ, канд. техн. наук, доцент Никольский Евгений Константинович.

В последние годы в Российской Федерации уделяется большое внимание вопросам пространственного развития территорий, особенно в контексте сохранения культурного наследия. Это обусловлено стратегическими задачами, отраженными в ключевых нормативно-правовых актах [1-3]. Эти документы обращают внимание на следующую проблему: несбалансированное развитие исторических территорий, на которых модернизация инфраструктуры и экономический рост часто вступает в конфликт с необходимостью сохранения градостроительного и культурного ландшафта, что приводит к потере идентичности поселений. Перечисленное подтверждает актуальность исследования пространственного развития исторических поселений как инструмента обеспечения устойчивого территориального планирования.

Для Нижегородской области эта проблема также актуальна: регион обладает богатым историко-культурным потенциалом, но сталкивается с вызовами ущерба исторической градостроительной среды и утратами её идентичности. Городец, являясь самым древним городом Нижегородской области, представляет собой яркий пример того, как уникальные архитектурные объекты (Церковь Успения Пресвятой Богородицы, музейно-туристический комплекс «Город мастеров») сталкиваются с необходимостью адаптации к современным социально-экономическим условиям. Поэтому темой статьи выбрано именно пространственное развитие такого исторического поселения как Городец Нижегородской области.

Целью исследования является выявление факторов, влияющих на пространственное развитие территорий поселений на примере Городца Нижегородской области.

Объект изучения – территория города Городец Нижегородской области.

Предметом исследования является изменение границ Городца и определение факторов, влияющих на процесс пространственного развития территории за долголетний промежуток.

В ходе работы предполагается решить следующие задачи:

1) проанализировать исторические особенности и современные тенденции пространственного развития Городца на основе разновременного планово-картографического материала;

2) выявить ключевые проблемы и ограничения в развитии территории Городца;

3) определить приоритетные направления стратегического планирования территории Городца Нижегородской области.

Для решения поставленных задач прежде всего необходимо раскрыть сущность понятия пространственное развитие. Пространственное развитие территории – это процесс планирования и управления территорией с целью создания сбалансированной, эффективной и устойчивой среды для жизни, работы и отдыха людей. Механизмом реализации выступает территориальное планирование, реализуемое на основе нормативно-правовой базы, регулирующей пространственное развитие на трех уровнях: федеральном, региональном и местном. Федеральный уровень создает жесткий защитный каркас, ограничивающий произвольное пространственное развитие территории и обязывающий учитывать историко-культурную ценность. Региональный и муниципальный уровни должны соответствовать федеральным требованиям и не могут их ослаблять.

Городец был основан в 1152 году как пограничная крепость на Волге. Изначально это было компактное укрепление с земляными валами, от которого расходились тропы к реке – так сложилась нерегулярная сеть улиц, приспособленная к рельефу и торговым нуждам. В 1238 году город сожгли войска Батыя, но он быстро отстроился и в XIII веке стал центром удельного Городецкого княжества – с 1263 по 1341 год. Позже Городец вошёл в состав Суздальско-Нижегородского княжества. В 1408 году нашествие Едигея превратило его в пепелище – после этого город на долгое время исчез с политической карты, получив название Пустой Городец. Возрождение началось только в конце XVI – начале XVII века уже как ремесленное село. С XVIII века он становится центром деревянного судостроения, хлебной торговли. Расцвет пришёлся на вторую половину XIX – начало XX века: оставаясь формально селом, Городец жил как богатый купеческий город. В 1922 году он получил статус уездного города, что положило начало его культурному и общественному развитию. Таким образом, на протяжении веков расположение поселения определяло пространное развитие его территории.

Для более детального отслеживания изменений территории исторического поселения Городец обратимся к работам А. В. Лисицыной [4] и Т. В. Гусевой [5]. В работе А. В. Лисицыной представлена сводная схема городецкого торгово-промыслового района на рубеже XVIII–XIX веков, составленная И.О. Ереминым, иллюстрирующая фрагментированную структуру землевладений (рисунок 1).

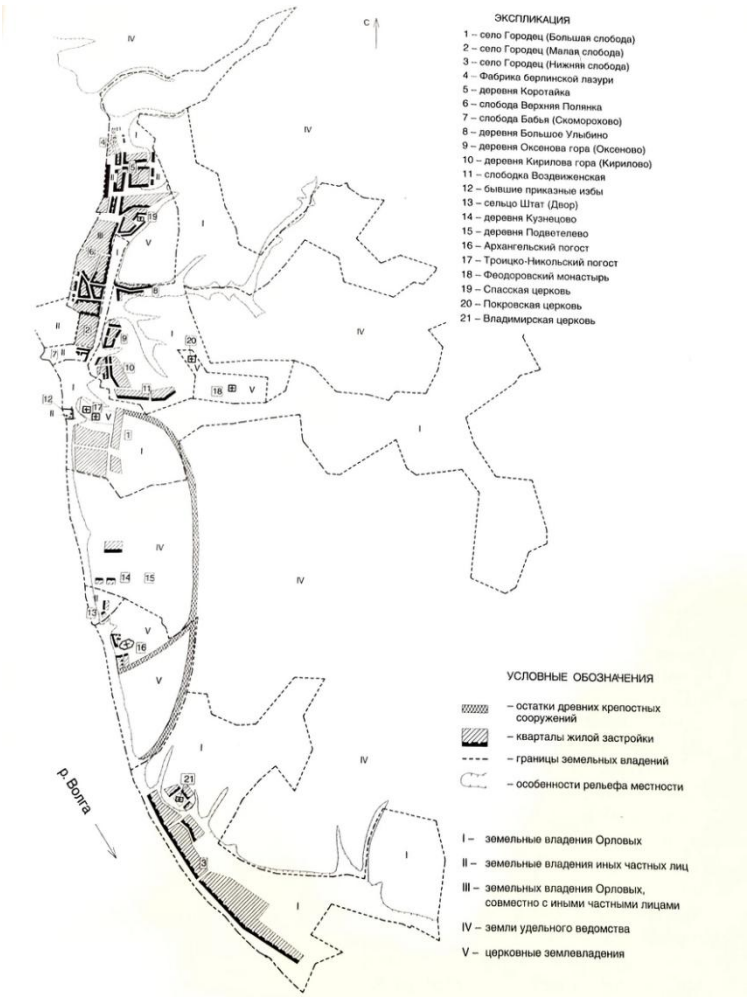


Рисунок 1 – Сводная схема городецкого торгово-промыслового района на рубеже XVIII–XIX вв [4]

Схема обращает внимание на то, что на территории доминируют земли частной собственности (например, принадлежавшие землевладельцам Орловым – в зонах с I по III), государственные (удельное ведомство – в зоне IV) и церковные (в зоне V). На схеме номерами от 1 до 21 обозначены конкретные объекты (села, деревни, церкви). Северная часть территории ограничена естественными контурами, западная – рекой Волгой, восточные и южные границы определяются участками крупных землевладений.

Анализируя схему, отметим, что возникновение поселений формировалось под влиянием, во-первых, тяготения к укреплениям – валу, детинцу, во-вторых, особенностями рельефа местности – оврагами. Воспользовавшись экспликацией, сопоставим средневековую реконструкцию И.О. Еремина с современной картой Городца. Это послужит выявлению сохранности исторической планировочной структуры и поможет проследить трансформацию территории. Так, расположенная вдоль дороги, проходившей от Троицкого собора до Фёдоровского монастыря, слободка Воздвиженская, входящая в границы Городца, в настоящее время не сохранилась, но стала частью улицы Фигнер и северной стороны улицы Кирова (в районе расположения домов № 1– 48). Топоним деревни Кирилова гора (Кирилово) сохранился с 1646 года. Это название указывает на характер рельефа: поселение располагалась на высоком берегу Волги. Сегодня деревня не существует, ее территория полностью включена в черту города и стала частью улиц К.Маркса и Куйбышева [4].

Деревня Оксенова гора (Оксеново), соседняя с Кириловой горой, известна по писцовым книгам с 1623 года. Границей между ними служил овраг, который называли Кириловским,

Духовским, Единоверческим. В настоящее время этот населенный пункт исчез, войдя в черту города и став частью улицы Успенского и Петрова [4].

Сельцо Штат (Двор) – тип поселения, представляющий собой владельческую усадьбу. Само название указывает на связь с казенными ведомствами, возможно, здесь проживали штатные служащие. Сейчас сельцо не существует, территория вошла в состав Городца.

Деревня Кузнецово – это усадебная земля, возникшая на месте детинца древнего Городца после его разорения. Территория не входила в состав села до 1922 года. В настоящее время на этом месте находится часть улицы Свердлова и Кожанова [4].

Деревня Подветелево впервые упоминается в 1623 году. Деревня входила в вотчину старицы Ольги, дочери царя Бориса Годунова, и насчитывала 4 двора. Как отдельный населённый пункт – исчезла, ее территория вошла в состав исторической части Городца. Улица, ранее называвшаяся Подветельной, сохранилась, но под названием улицы Дмитрия Маслова. Деревня Коротаиха (Коротайка) тоже включена с 1925 года в городскую черту. Ранее она упоминалась в документах XVIII века, и составляла единый комплекс застройки вместе с Малой слободой и слободой Бабьей (Скоморохова). В настоящее время это улицы Орджоникидзе (в районе около №№ 2–68), Революции, переулок Революции, улицы Правды, Баженова, Кулибина, Осоавиахимовский съезд.

Одной из основных слобод Городца являлась Нижняя слобода. В советское время и последующий период началась застройка этой территории типовыми зданиями. В настоящее время Нижняя слобода является историческим районом в составе современного города. Большая слобода (исторический район нынешнего Городца), входившая в средние века в состав села перестала существовать как отдельный территориальная единица и после 1922 года была включена в городскую черту. Малая слобода тоже вошла в историческую территорию Городца, которая административно никак не выделена. Слобода Бабья (Скоморохово) в настоящее время не существует, ее территория тоже вошла в состав современного города и находится в районе улицы Пионерской.

На схеме видно, что большие площади земельных владений принадлежали Орловым. В настоящее время на этих местах сформировалась застройка микрорайонами.

Таким образом, Городец на протяжении почти 900 лет являлся привлекательным местом для заселения. Из обзора видно, что город значительно расширил свои границы путем включения окружающих его сел и деревень. Несмотря на разрушительные набеги, разорения и опустошения, он восстанавливался, о чем свидетельствуют археологические исследования Т. В. Гусевой: «По площади, являющейся важным показателем характеристики поселения, Городец относится к числу крупных. Это группа с площадью свыше 20 га. Из 862 древнерусских памятников, площадь которых известна, к этой группе относится всего 16 поселений, т. е. 1,8%. Подобные поселения были исключительно городами» [5].

Для отслеживания пространственного развития важны процессы происходящие внутри границ территории. К ним можно отнести численность населения, однако, информационная база по данному показателю ограничена. Поэтому индикатором заселенности и освоения территории взято количество дворов (домохозяйств). Так, в Воздвиженской слободке количество дворов выросло с 17 в 1782 году до 32 в конце XVIII века и стабилизировалось на уровне 42 дворов в 1858 – 1864 годах. В деревне Коротайка динамика была более выраженной: от 6 дворов в 1627 году до 145 в конце XVIII века, затем небольшое снижение до 95 и рост до 173 дворов к 1911 году. В крупных слободах показатели были выше: Большая слобода – 269 душ мужского пола, Малая слобода – 221 душа мужского пола, Нижняя слобода – 336 душ мужского пола (данные конца XVIII века). По Городцу имеются данные по общей численности населения: 6330 человек в 1897 году, 5633 в 1920 году, 11 200 в 1926 году, 34 229 в 1970 году и 34 210 человек в 1989 году.

Представленные данные свидетельствуют о влиянии промышленного развития территории на увеличение населения. В XX веке периоды роста населения совпадают с

индустриализацией и строительством Городецкого гидроузла. Здесь сформировался крупный промышленный комплекс (судостроение, машиностроение, металлообработка, деревообработка). Сейчас ключевыми являются Городецкий судоремонтно-механический завод, предприятия народных художественных промыслов. Расположение производств в исторических зонах поддерживает сложившуюся функциональную структуру территории, но требует соблюдения ограничений, для сохранения историко-культурного наследия.

Развитие промышленности повлекло за собой необходимость увеличения социальной инфраструктуры и общественных пространств. Рост населения с 6330 человек в 1897 году до 34210 в 1989 году потребовал увеличение жилого фонда. Так, в советское время начали формироваться микрорайоны: Северный, Абросово, Матренино, Фурмановский, а также исторические, слившиеся с Городцом – Верхняя и Нижняя слободы. Включение новых земель потребовало строительства социальных объектов. В настоящее время на территории Городца действуют: 7 общеобразовательных школ, 11 детских садов, 10 музеев, спортивные учреждения, центральная районная больница.

Промышленность и социальная инфраструктура повлияли на увеличение площади территории за счёт включения окружающих деревень и слобод, что позволило сохранить ценные исторические объекты, например, часть архитектурного ансамбля Троицкого собора, церковь Чуда Архангела Михаила, остатки земляного вала, топонимы и др. Благодаря целостности исторической среды и поддержанию развития народных промыслов Городец стал привлекательным для туризма, что, в свою очередь, поспособствовало развитие туристической инфраструктуры.

Таким образом, пример Городца позволяет сделать заключение, что на пространственное развитие территории влияют следующие факторы: природный (рельеф), промышленный, социальный и культурный. Их сбалансированный учет в стратегическом планировании являются основой устойчивого развития, позволяя сохранить историческую идентичность, обеспечить экономический рост, комфортную среду для проживания и повысить туристическую привлекательность.

Список использованных источников

1. Российская Федерация. Правительство. Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2024 года № 4146-р. – URL: *https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_495567* / (дата обращения: 04.04.2026). – Режим доступа: КонсультантПлюс. – Текст: электронный.

2. Российская Федерация. Президент. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года: указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 года № 309. – URL: *https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_475991/* (дата обращения: 04.04.2026). – Режим доступа: КонсультантПлюс. – Текст: электронный.

3. Российская Федерация. Законы. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации: федеральный закон от 25 июня 2002 года № 73-ФЗ: [редакция от 26 декабря 2024 года]. – URL: *https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/* (дата обращения: 04.04.2026). – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст: электронный.

4. Лисицына, А. В. Городецкий район: Иллюстрированный каталог памятников истории и культуры / [Отв. ред. А. В. Лисицына] – Н. Новгород : Кварц, 2011. – 504 с.: ил. – (Объекты культурного наследия Нижегородской области). – ISBN 978-5-903581-53-5. – Текст : непосредственный

5. Гусева, Т.В. Среденевековые укрепления Городца на Волге / Т.В. Гусева // Между войной и миром: история и теория: межвузовский сборник научных трудов. – Н. Новгород, 1998. – URL: *https://radilov.ru/krayrodnoy/76-srednevekovye-ukrepleniya-gorodtsa-na-volge* (дата обращения: 02.04.2026). – Текст : электронный.

УДК 711.4

Методика разработки градостроительной документации по материалам лазерного сканирования

Плешков К.В., студент*

* Ответственный за переписку: kirill.pleshkov2001@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается современная методика создания градостроительной документации на основе данных лазерного сканирования. Подробно описаны этапы планирования и проведения полевых работ, особенности первичной обработки и оценки качества облаков точек, а также цифровое моделирование и оформление чертежей. Особое внимание уделено выбору типа сканирования, фильтрации данных, регистрации облаков точек, интерполяции и оформлению чертежей. Приведены примеры специализированного программного обеспечения и критерии оценки качества данных. Статья предназначена для специалистов в области градостроительства, геодезии и информационных технологий.

Ключевые слова: Лазерное сканирование, градостроительная документация, полевые работы, облако точек, первичная обработка данных, фильтрация, регистрация облаков точек, оценка качества данных, среднее квадратическое отклонение, плотность точек, ошибки позиционирования, тематические слои, программное обеспечение для обработки данных.

Научный руководитель – заведующий кафедры геоинформатики, геодезии и кадастра ННГАСУ, канд. техн. наук, доцент Чечин Андрей Вячеславович.

Введение

Лазерное сканирование прочно вошло в практику современной градостроительной деятельности. Применение данной технологии обеспечивает получение высокоточных трёхмерных моделей объектов и территорий, что существенно повышает качество и информативность проектной документации, а также ускоряет процессы проектирования и мониторинга [1]. Накопленный опыт использования данных лазерного сканирования убедительно свидетельствует о том, что переход к цифровым методам сбора пространственной информации способствует принятию более обоснованных управленческих решений в сфере территориального планирования. В настоящей статье последовательно анализируются ключевые этапы разработки градостроительной документации – от планирования полевых работ до оформления итоговых чертежей.

Планирование и проведение полевых работ

Успешное проведение полевых работ при лазерном сканировании во многом определяется качеством подготовительного этапа. До выезда на объект необходимо чётко сформулировать цели и задачи исследования, обоснованно выбрать тип лазерного сканирования (наземное, мобильное, воздушное или SLAM), спланировать маршрут и места установки оборудования, а также выполнить его калибровку. В тех случаях, когда работы предполагаются на территориях, находящихся под контролем государственных органов или

частных компаний, заблаговременно получаются необходимые разрешения и согласования. При планировании маршрута обязательно учитываются погодные условия, характерные особенности объекта и установленные требования к точности данных.

Непосредственное проведение полевых работ представляет собой совокупность действий, направленных на получение первичного набора пространственных данных путём фиксации положения объектов с помощью специализированных технических средств [2]. Результатом данного этапа является так называемое «облако точек» – массив координатных значений, необходимый для последующего анализа в рамках камерального этапа. В ходе съёмки производятся установка и настройка оборудования, последовательное прохождение запланированного маршрута и документирование всех произведённых действий. Технологические особенности каждого типа сканирования (воздушного, наземного, мобильного или SLAM) определяют специфические требования к организации и выполнению работ на каждом конкретном участке.

Параллельно с выполнением съёмки обеспечивается систематический контроль качества получаемых данных, сочетающий визуальный осмотр и инструментальные проверки. При выявлении дефектов незамедлительно принимаются меры по их устранению, а все зафиксированные отклонения вносятся в журнал полевых наблюдений для последующего учёта при камеральной обработке.

Первичная обработка и оценка качества данных

Несмотря на высокую производительность лазерного сканирования при дистанционном получении трёхмерных координат поверхностей, собранные данные неизбежно требуют предварительной подготовки перед тем, как стать пригодными для проектирования или анализа [3]. Главной целью первичной обработки является повышение качества и надёжности информации за счёт устранения шумов, коррекции систематических ошибок и оптимизации структуры данных.

Первым шагом первичной обработки является удаление шумов и аномалий. Облака точек, получаемые в полевых условиях, неизбежно содержат выбросы, обусловленные атмосферными явлениями, оптическими свойствами материалов, техническими ограничениями оборудования и человеческим фактором. Для очистки данных применяются пространственные фильтры ближайших соседей, исключающие резко выделяющиеся точки. Ещё один методом очистки могут быть статистические пороговые фильтры, устраняющие выбросы с высоким уровнем неопределённости [4].

Следующим этапом обработки является регистрация облаков точек – процесс объединения отдельных фрагментов сканирования в единую согласованную модель. Для этого используются методы ближайшего соседа (Iterative Closest Point, ICP), а также методы глобальной оптимизации RANSAC. После регистрации выполняется обрезка и сегментация. Ненужные части облака (небо, посторонние объекты) удаляются с применением как автоматизированных алгоритмов сегментации, так и ручной маркировки. Завершающим действием первичной обработки является преобразование облака точек в структурированную форму – сеточную структуру (триангуляция Делоне) или полигональную поверхность (метод marching cubes).

После предварительной обработки облака точек проводится оценка качества данных, служащая основой для принятия решений об их пригодности к использованию в конкретных проектных целях. Ключевыми этапами оценки являются среднеквадратическое отклонение (СКО), плотность точек, ошибки позиционирования и ориентировки, а также форма полигонов. Совокупный анализ перечисленных показателей позволяет объективно судить о достоверности собранных данных и при необходимости определять оптимальные условия для проведения дополнительных полевых работ. Таким образом, грамотная реализация стадии

первичной обработки является критически важным условием для достижения высокого уровня качества информации, необходимой при надёжном проектировании, строительстве и мониторинге объектов инфраструктуры.

Цифровое моделирование рельефа и ситуации

После первичной обработки облако точек служит исходным материалом для цифрового моделирования рельефа и ситуации. Центральное место среди процедур данного этапа занимает интерполяция – формирование гладкой непрерывной поверхности, пригодной для аналитических исследований и построения трёхмерных моделей [5]. Выбор метода интерполяции (линейного, полиномиального, сплайнового или метода наименьших квадратов) определяется спецификой решаемой задачи и требованиями к точности результата.

На основе сформированной поверхности выполняется оцифровка облака точек: по нему оцифровываются контуры существующих зданий, пешеходных дорожек, растительности и др. Оформляются профили и сечения, которые впоследствии экспортируются в форматы DWG и SHP для использования в проектных системах. Параллельно создаётся цифровая модель рельефа – трёхмерное представление поверхности земли, в котором каждая точка соответствует месту отражения лазерного луча от поверхности объекта. Заключительным действием данного этапа является формирование тематических слоёв: данные классифицируются по признакам (высота, материал поверхности и др.), компонуются и визуализируются для целей анализа.

Оформление градостроительной документации

Процесс оформления градостроительной документации открывается этапом сбора исходных данных, который закладывает фундамент для всех последующих проектных решений. На данном этапе запрашиваются кадастровые планы территории, необходимые для точного установления границ, площади и правового статуса земельного участка. Также собираются градостроительные справки, содержащие сведения о действующих регламентах, зонах с особыми условиями использования территорий, экологических и санитарных нормах, а также об охранных зонах объектов культурного наследия. Помимо этого, получаются технические условия, позволяющие оценить возможность подключения планируемых объектов к инженерным коммуникациям (водоснабжение, электроснабжение, канализация и др.). И в финале сбирают данные об экологическом состоянии территории, её историко-культурной ценности, наличии и состоянии зелёных насаждений.

После того как исходные данные собраны, поверхность, сформированная на этапе формирования цифровой модели рельефа переносится в специализированное программное обеспечение и привязываются к нужной системе координат – как правило, региональной или федеральной (МСК-СРФ). На основе привязанных данных формируются планировочные элементы территории: красные линии, границы зон планируемого размещения объектов, элементы улично-дорожной сети, инфраструктурные объекты, зелёные зоны и рекреационные пространства [6]. При разработке планировочных решений учитываются природные особенности территории, климатические условия и уровень её экономического развития, что в совокупности обеспечивает комфортное и устойчивое развитие рассматриваемого района.

Завершающим действием является оформление чертежей в соответствии с утверждёнными методическими рекомендациями и нормативно-правовыми актами. Соблюдение единых требований к оформлению обеспечивает унификацию и прозрачность проектной документации, что существенно упрощает её согласование и последующее использование заинтересованными сторонами.

Заключение

Проведённый анализ показывает, что грамотная организация всей совокупности этапов работы с данными лазерного сканирования, от планирования полевых работ до финального оформления документации, является основным фактором, определяющим качество градостроительной документации и правильность принимаемых проектных решений. Современные методы обработки и визуализации позволяют получать точные, информативные и наглядные цифровые модели объектов и территорий, существенно сокращая трудоёмкость проектного процесса. По итогам исследования была разработана технологическая схема создания градостроительной документации на основе применения лазерного сканирования, представленная на рис. 1.

Рисунок 1 – Технологическая схемы создания градостроительной документации на основе применения лазерного сканирования (Источник: Составлено автором)

Список использованных источников

1. Наурзбаев, Т. Б. Использование технологии Lidar для построения 3D модели здания / Т. Б. Наурзбаев, М. Ш. Ишанкулов // Вестник науки. – 2024. – № 5 (74). – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tehnologii-lidar-dlya-postroeniya-3d-modeli-zdaniya* (дата обращения: 21.03.2026). – Текст : электронный.

2. Ярошутин, Д. А. Применение технологии наземного лазерного сканирования при решении задач организации транспортного коридора в арктической зоне / Д. А. Ярошутин // Экономика строительства. – 2023. – № 5. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tehnologii-nazemnogo-lazernogo-skanirovaniya-pri-reshenii-zadach-organizatsii-transportnogo-koridora-v-arkticheskoy-zone* дата обращения: 24.02.2026). – Текст : электронный.

3. Долгополов, Д. В. Геоинформационное обеспечение безопасной эксплуатации трубопроводного транспорта / Д. В. Долгополов, В. А. Мелкий, А. А. Верхотуров // Известия ТПУ. – 2021. – № 12. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/geoinformatsionnoe-obespechenie-bezopasnoy-ekspluatatsii-truboprovodnogo-transporta* (дата обращения: 26.01.2026). – Текст : электронный.

4. Использование технологии лазерного сканирования в области градостроительства / О. С. Заброда, Д. А. Гура, Д. А. Дражецкий, Е. А. Панченко // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 4. – С. 86-90. – URL: *https://www.id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2021/4-2021?id=2728* (дата обращения: 30.03.2026). – Текст : электронный.

5. Алтынцев, М. А. Методика создания цифровых трёхмерных моделей объектов инфраструктуры нефтегазодобывающих комплексов с применением наземного лазерного сканирования / М. А. Алтынцев, П. А. Карпик // Вестник СГУГИТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2020. – Т. 25. – № 2. – С. 121–139. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-sozdaniya-tsifrovyh-trehmernyh-modeley-obektov-infrastruktury-neftegazodobyvayuschih-kompleksov-s-primeneniem-nazemnogo* (дата обращения: 21.03.2026). – Текст : электронный.

6. Добродомов, Н. Ю. Разработка проекта планировки территории / Н. Ю. Добродомов, К. А. Юрченко // Вестник экономики и права. – 2021. – № 51. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-proekta-planirovki-territorii* (дата обращения: 30.03.2026). – Текст : электронный.

УДК 528.9

Классификация древесных пород по данным ДЗЗ

Полтев А.А., студент; Сорокин К.Д., ассистент кафедры геоинформатики, геодезии и кадастра*

* Ответственный за переписку: iamkirillsorokin@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В рамках исследования проведен сравнительный анализ трех конфигураций алгоритмов контролируемой классификации, реализованных в модуле dzetsaka для QGIS. Целью исследования является определение оптимального подхода к уточнению породного состава лесных выделов по данным ДЗЗ. Конфигурация классификации CatBoost SOTA показала наилучшее соответствие данным лесоустройства 71% совпадения, конфигурация Spatially Robust продемонстрировала наилучшую точность 82,5%. На основе результатов классификации определены преобладающие породы для 21 выдела, ранее не содержавшего таксационных сведений.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, ДЗЗ, классификация, мультиспектральные снимки, Sentinel-2, dzetsaka, ГИС, QGIS

Научный руководитель – ассистент кафедры геоинформатики, геодезии и кадастра Сорокин Кирилл Дмитриевич

Современное лесное хозяйство использует данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для ряда задач, включая контроль обезлесивания и инвентаризации лесных ресурсов, выявления повреждения массивов и мониторинга вырубки. Однако их ценность раскрывается в совокупности с геоинформационными системами (ГИС), что обеспечивает проведение анализа, актуализации картографических материалов и других задач [1, 2].

Публичные лесные карты, формируемые на основе лесоустроительных материалов, содержат пробелы в данных. Отсутствуют таксационные характеристики, устаревшие границы выделов, некорректные данные состава пород. Причины обусловлены длительностью цикла лесоустройства в 10-15 лет, трудоемкостью полевых работ и ограниченной доступностью архивных данных. Возникает противоречие между потребностью в актуальной информации о породном составе для задач мониторинга, инвентаризации, планирования и возможностями традиционных методов, требующих значительных ресурсов.

Цель исследования заключается в определении оптимального подхода к уточнению доминирующих пород выделов лесничеств на основе автоматизированной классификации данных ДЗЗ в геоинформационных системах.

Поставлены следующие задачи:

1) Определить оптимальную комбинацию спектральных каналов и конфигурации классификации при ограниченной выборке;

2) Сформировать обучающую выборку для 6 классов древесных пород;

3) Рассчитать площади древесных пород, определить доминирующую в каждом выделе;

4) Проанализировать полученные результаты.

Практическая значимость работы заключается в возможности актуализации лесных карт без масштабных полевых работ. Предложенный подход может быть применен для заполнения пробелов в таксационные данных и мониторинга изменений породного состава.

Суть классификации состоит в замене визуального дешифрирования снимка автоматизированной процедурой идентификации объектов. В процессе такой идентификации каждый пиксел снимка относят на основании статистических критериев к одному из классов пространственных объектов. Если классифицирующим признаком служит спектральная яркость, то процесс классификации называют распознаванием спектральных образов [3].

Классификация данных ДЗЗ подразделяется на контролируемую и неконтролируемую классификацию. В контролируемой, оператор выбирает характерный для класса набор пикселей, называемый эталоном. Эффективность контролируемой классификации во многом зависит от эталонов. Они должны быть относительно однородными, располагаться вдали от границ классов, с определенным количеством в каждом классе в зависимости от алгоритма. Неконтролируемая классификация, часто называемая кластеризацией, основана на алгоритмическом объединении пикселов без предварительной обработки. Наиболее распространёнными алгоритмами кластеризации являются K-means и Isodata [4].

Объектом исследования являются 144 выдела 7 кварталов Правдинского участкового лесничества Балахнинского межрайонного лесничества, с общей площадью 626,21 га. Проанализировав выборку по выделам, выявлено, что 15% данных по лесоустройству 2024 года исследуемых лесных земель не имеют сведений о преобладающей древесной породе.

Исследование выполнено на основе данных Европейского космического агентства (ESA) для миссии Sentinel-2. Съемка выполнена в июне 2023 года, данные прошли атмосферную коррекцию, что делает их применимыми для тематической классификации и мониторинга растительности. Относительно высокое пространственное разрешение данных Sentinel (10 м) повышает точность классификации, особенно для мелких объектов [4].

На этапе предобработки создан виртуальный растр из спектральных каналов в комбинациях 8-4-3 (NIR-Red-Green). Данный выбор обеспечивает четкое выделение границ лесных выделов (ярко-красным цветом) и разделение растительности [5]. Обучающая выборка сформирована для шести классов древесных пород. На один класс древесных пород выделено около 50 эталонов, а на классы водных объектов, открытого грунта и застроенной территории около 20 эталонов.

Для проведения классификации выбран наиболее распространённый модуль dzetsaka для QGIS. В начале 2026 года вышло важное обновление, включающее 11 конфигураций с алгоритмами для классификации с обучением. Для исследования было выбрано 3 конфигурации: Spatially Robust (с алгоритмом Support Vector Machine); Baseline Express (с алгоритмом Gaussian Mixture Model); CatBoost SOTA (с алгоритмом CatBoost).

Согласно разработчикам, конфигурация Spatially Robust обеспечивает баланс точности и устойчивости для задач с ограниченной обучающей выборкой и требованием к пространственной согласованности результатов. Конфигурация Baseline Express подходит для экспресс-оценки и предварительного анализа. Конфигурация CatBoost SOTA рекомендуется для финального этапа исследования, когда приоритетом является максимальная точность и есть вычислительные ресурсы для обучения [6].

На основе отчетов dzetsaka выявлено, что классификация на основе CatBoost SOTA показала точность 79,8%, сосна определена с точностью 88,5%, тогда как дуб и осина менее 30%, что связано с малым количеством пород на исследуемой территории и спектральной схожести с другими лиственными породами. Классификация Baseline Express продемонстрировала точность 81%, наиболее точно определена сосна (91,1%), дуб, ива и осина по-прежнему классифицируются неудовлетворительно. Общая классификация Spatially Robust наиболее точна (82,5%), точность выделения сосны достигло 92%, что делает алгоритм пригодным для выделения хвойной растительности, точность выделения осины оказалась наихудшим из 3-х конфигураций (16,2%). Результаты классификаций лесных выделов по 3-м конфигурациям приведены на рисунке 1.

Для практического применения рекомендуется использовать Spatially Robust для выделения хвойных, Baseline Express для мелколиственных, а для редких пород на исследуемой территории расширять обучающую выборку и не допускать генерализации классов.

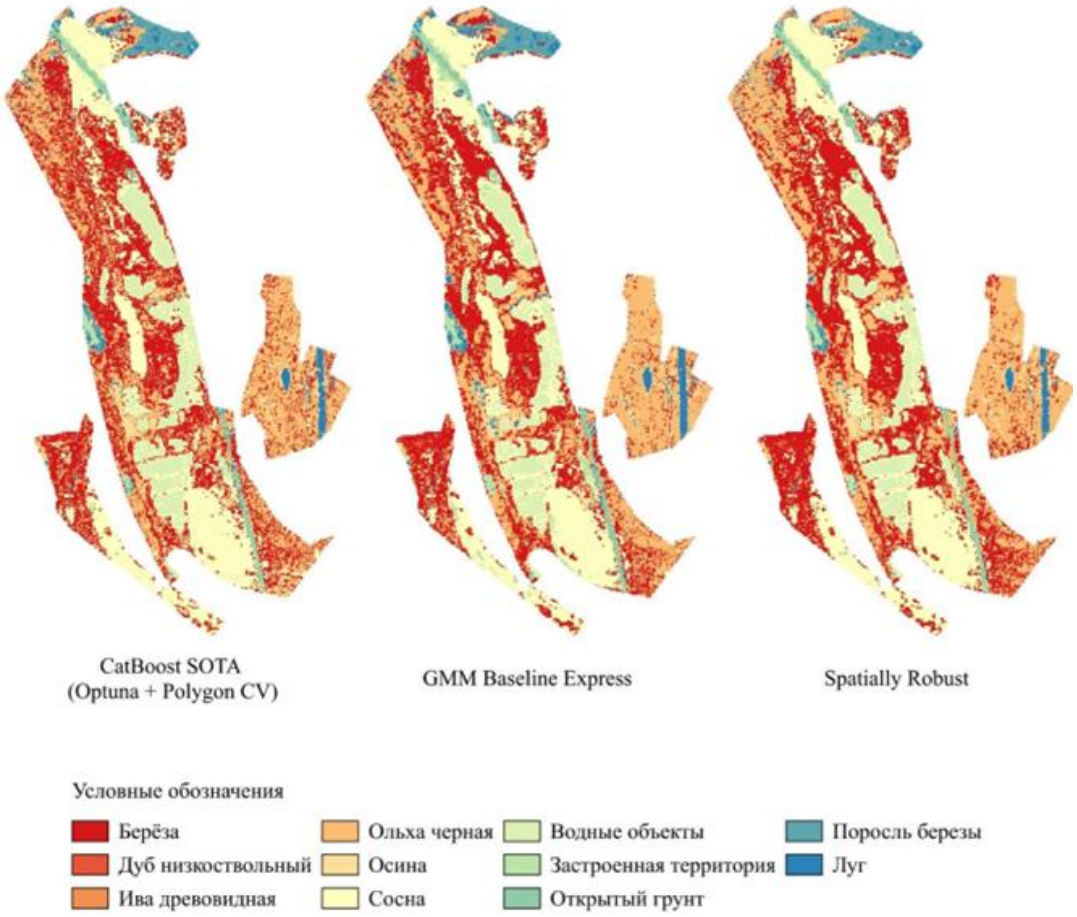


Рисунок 1 – Результаты классификации по 3-м конфигурациям модуля dzetsaka (Источник: Составлено автором)

Кроме того, проведено сравнение конфигураций классификации по данным лесоустройства. Наилучшее соответствие продемонстрировала конфигурация SOTA с 71% совпадения, тогда как Baseline Express и Spatially Robust имеют меньший процент с результатами 68% и 66% соответственно. Противоречие между точностью Spatially Robust внутри модуля и оценкой с данными лесотаксации может быть связано с тем, что точность (82,5%) достигнута за счет доминирующих классов.

На основе полученной классификации были определены преобладающие древесные породы для выделов не содержащих таксационных сведений. Для 21 выдела (Таблица 1), распределение пород показало преобладание сосны (8 выделов), что согласуется с общей структурой лесного фонда и высокой точностью определения хвойных пород конфигурацией. Далее в составе выделов преобладает береза (7 выделов) и ольха (6 выделов). Отсутствие в выделах дуба, осины или ивы объясняется их наименьшей распространённостью на исследуемой территории и ограниченными возможностями алгоритмов в их распознавании. Для 4-х выделов классификации показали различные результаты, касательно преобладания березы или сосны. Выбор был сделан в пользу породы, которую поддержало большее количество конфигураций.

Таблица 1 – Выявленные преобладающие породы в выделах без сведений

№ квартала	№ выдела	Преобладающая порода	№ квартала	№ выдела	Преобладающая порода
52:2:5:92:12	12	Сосна	52:2:5:84:28	28	Ольха
52:2:5:88:37	37	Береза	52:2:5:84:34	34	Береза
52:2:5:88:17	17	Береза	52:2:5:78:34	34	Ольха
52:2:5:92:3	3	Береза	52:2:5:78:42	42	Береза
52:2:5:92:21	21	Сосна	52:2:5:78:20	20	Сосна
52:2:5:92:17	17	Сосна	52:2:5:78:9	9	Ольха
52:2:5:92:16	16	Ольха	52:2:5:77:6	6	Сосна
52:2:5:92:15	15	Береза	52:2:5:90:7	7	Сосна
52:2:5:92:14	14	Сосна	52:2:5:84:24	24	Ольха
52:2:5:85:12	12	Ольха	52:2:5:77:1	1	Ольха
52:2:5:88:5	5	Сосна			

Проведенное исследования показало, что интеграция данных Sentinel-2, модуля dzetsaka с конфигурациями Spatially Robust, Baseline Express, CatBoost SOTA для QGIS позволяет оперативно актуализировать сведения публичных лесных карт и заполнять пробелы в лесотаксационных данных без проведения масштабных полевых работ. Рекомендуется использование конфигураций Spatially Robust для выделения хвойных пород, Baseline Express для мелколиственных и CatBoost SOTA для финальной уточняющей классификации. Для редких видов необходимо расширение обучающей выборки.

Список использованных источников

1. Гарбук, С. В. Космические системы дистанционного злндирования земли / С. Ю. Гарбук, В. Е. Герензон. – Москва : Издательство А и Б, 1997. – 296 с. : ил.

2. Дистанционное зондирование Земли : учебное пособие / В. М. Владимиров, Д. Д. Дмитриев, О. А. Дубровская [и др.] ; под ред. В. М. Владимиров. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2014. – 196 с. – ISBN 978-5-7638-3084-2

3. Чандра, А. М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А. М. Чандра, С. К. Гош. – Москва : Техносфера, 2008. – 312 с., 16 с. цв. вклейки. – ISBN 978-5-94836-178-9

4. Ахметов, Р. Ш. Геоинформационные технологии в науках о Земле : практикум / Р. Ш. Ахметов, В. П. Петрищев, И. А. Степанова. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2023. – 118 с. – ISBN 978-5-7410-3036-3.

5. Короткова, Е. М. Применение данных дистанционного зондирования Земли для оценки окружающей среды : учебно-методическое пособие / Е. М. Короткова. – Томск : Издательство Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2023. – 92 с. – ISBN 978-5-6049514-1-5

6. dzetsaka : AI-Powered Remote Sensing Classification : плагин для QGIS / N. Karasiak. – Версия 5.0.11. – 2026. – URL: *https://plugins.qgis.org/plugins/dzetsaka/*

УДК 528.441.2:332.7+349.415

Совершенствование процедуры образования земельных участков на прибрежных территориях

Рыбакова П.А., студент

* Ответственный за переписку: pollyry23012004@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрены особенности образования земельных участков в границах водоохранных зон и прибрежных территорий. Обоснована необходимость комплексного учета требований земельного, градостроительного и водного законодательства. Представлены результаты разработки проекта планировки и проекта межевания территории. Предложена классификация факторов, влияющих на формирование границ земельных участков.

Ключевые слова: земельные участки, водоохранная зона, прибрежные территории, межевание, проект планировки территории, проект межевания территории, кадастр недвижимости

Научный руководитель – доцент, канд. техн. наук, Коротин Антон Сергеевич.

Введение

Актуальность темы обусловлена двумя противоречивыми тенденциями в использовании прибрежных территорий РФ. Первая – интенсификация хозяйственного освоения прибрежных зон под влиянием социально экономических факторов: развитие рекреации и туризма (гостиницы, базы отдыха, яхт клубы); расширение транспортной инфраструктуры водного транспорта (участки с ВРИ «Водный транспорт» для причалов, портов); рост спроса на жилую и коммерческую недвижимость в прибрежье; повышение инвестиционной привлекательности таких земель. Вторая – усиление нормативного регулирования охраны водных объектов и их прибрежных защитных полос. Водный, земельный и градостроительный кодексы РФ устанавливают специальные режимы хозяйствования в водоохранных зонах (ограничения на строительство, использование агрохимикатов, размещение отходов).

Следовательно, совершенствование процедуры образования земельных участков на прибрежных территориях – актуальная научно практическая задача для баланса экономических, социальных и экологических интересов.

Цель работы – разработка предложений по совершенствованию выбора и предоставления земельных участков в районе водных объектов общего пользования на основе детальной проектной проработки.

Объект исследования – территория в муниципальном округе г. Бор Нижегородской области, западнее СНТ «Кривель», в границах затона им. Калинина (р. Волга).

Задачи:

1) комплексный анализ части территории (район СНТ «Кривель»): физико географические условия и градостроительная ситуация;

2) систематизация требований ЗК РФ, ВК РФ, ГрК РФ к образованию участков в водоохранных зонах и береговых полосах;

3) классификация факторов (землеустроительные, градостроительные, экологические, инфраструктурные), влияющих на конфигурацию и площадь участков.

Нормативная основа и практика реализации комплексного подхода

В Нижегородской области формирование участков у водных объектов регулируется федеральными и региональными нормами. Среди ключевых региональных актов: законы №37-З (о градостроительной деятельности) и №40-З (об охране водных объектов), приказы Минэкологии об установлении границ водоохранных зон, а также правила землепользования и застройки (ПЗЗ), которые вводят ограничения в зонах с особыми условиями использования территорий [1].

Эти документы дополняют федеральное законодательство (Водный, Градостроительный, Земельный кодексы, постановления Правительства РФ №1459, №377 и др.) и отражают региональную специфику. Их учёт обязателен при межевании, планировке и застройке прибрежных зон [1].

Пример: в городском округе Бор при проектировании рекреационной зоны на берегу реки Линда администрация муниципалитета предусмотрела обустройство общедоступных пешеходных дорожек вдоль береговой полосы. Это позволило соблюсти требования ст. 6 ВК РФ и избежать судебных исков со стороны граждан. Разработка проекта планировки территории (ППТ) и проекта межевания территории (ПМТ) как единого документа одновременно определяет элементы планировочной структуры, зоны планируемого размещения объектов, характеристики развития территории, устанавливает границы земельных участков, красные линии, линии отступа от красных линий [1]. Кроме того, единый документ позволяет: определить параметры образуемого земельного участка с учётом градостроительных регламентов; обеспечить участок необходимой транспортной, инженерной и социальной инфраструктурой; минимизировать риски отказа в утверждении сопутствующих или производных документов из-за несоответствия градостроительной документации; сократить сроки согласования и учетно-регистрационных действий.

Дальнейшее совершенствование процедуры

Ключевая научная проблема – поиск баланса трёх групп интересов при регулировании земельных отношений на прибрежных территориях: экономических (инвестпроекты, инфраструктура), социальных (свободный доступ граждан к водным объектам) и экологических (сохранение экосистем) [2].

Особую значимость это приобретает для участков с ВРИ «Водный транспорт», формируемых «на стыке интересов» – в районе водных объектов общего пользования. Специфика таких участков: ограничение доступа к береговой полосе из-за ограждений, риск загрязнения воды и берегов, необходимость баланса между развитием транспорта и рекреацией [3].

Предварительный анализ участка площадью 3,5 га (вторая надпойменная терраса р. Волги, техногенный рельеф, близкие грунтовые воды) выявил главное ограничение по Водному кодексу РФ: наличие береговой полосы (20 м), водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы (200 м), что критически влияет на конфигурацию участка [1].

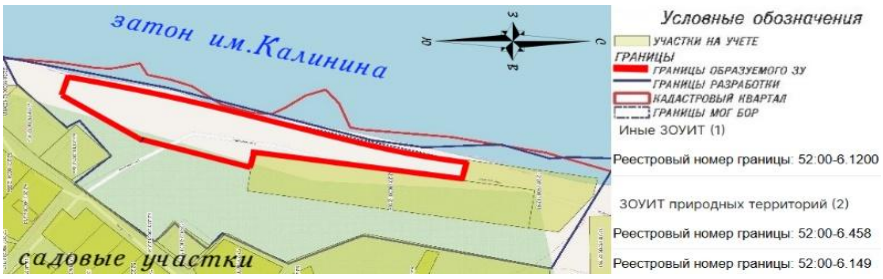


Рисунок 1 – Границы образуемого земельного участка и границы разработки (Источник: Составлено автором)

Системный анализ нормативно-правовой базы позволил сформулировать следующее условие: образование зального участка вблизи водного объекта общего пользования должно полностью исключать возможность приватизации береговой полосы и строго соответствовать параметрам как градостроительных регламентов территориальных зон, так и требованиям зон с особыми условиями использования территорий (ЗОУИТ) [4]. Учитывая изложенное, процедура образования участка, должна начинается не с межевания, а с определения и установления границ водоохранных зон, прибрежных защитных полос, береговых линий и береговых полос.

Предлагается классифицировать факторы, влияющие на формирование земельных участков на три группы, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация факторов

Группа факторов	Факторы, влияющие на формирование участка	Требования	Последствия игнорирования
Землеустроительные	Обеспечение доступа (проезда)	Участок должен иметь непосредственный доступ к дорогам общего пользования; не допускается вклинивание, вкрапливание, изломанность границ; площадь и ширина участка – в установленных нормах.	Невозможность подъезда, споры с соседями, отказ в постановке на кадастровый учёт, нерациональное использование земли.
	Отсутствие чересполосицы		
	Соблюдение предельных размеров		
Градостроительные	Соответствие красным линиям	Границы участка не должны пересекать красные линии; ВРИ должен совпадать с зонированием; при застройке соблюдаются минимальные отступы от границ и предельная этажность.	Невозможность получить разрешение на строительство, признание постройки самовольной, снос объекта.
	Соответствие видам разрешённого использования (ВРИ)		
	Соблюдение параметров застройки (отступы, этажность)		
Природно-экологические и охранные	Режим водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы	Ограничения хозяйственной деятельности и строительства в границах этих зон (запрет на некоторые виды работ, специальные согласования).	Даже при формально правильном формировании участка строительство или эксплуатация объекта становятся невозможными.
	Санитарно-защитные зоны (СЗЗ)		
	Охранные зоны инженерных коммуникаций		

Особое внимание следует уделять анализу ограничений и обременений, в том числе ещё не внесённых в ЕГРН границ ЗОУИТ, которые могут сделать невозможным дальнейшее строительство или эксплуатацию объекта, даже если участок сформирован «правильно» [5].

Указанные группы факторов, были учтены при разработке документации, являющейся, в том числе, основанием для образования новых участков: ППТ (проект планировки территории,

в котором установлены красные линии, определены зоны планируемого размещения объекта капитального строительства (базы стоянки грузового флота), увязаны транспортные и пешеходные связи с существующей застройкой СНТ «Кривель») и ПМТ (проект межевания территории в котором сформирован земельный участок площадью 7269 кв.м с учетом размещения береговой линии (границы водного объекта) шириной в 20-метровую береговую полосу, чтобы обеспечить свободный доступ граждан к водному объекту, что соответствует требованию п. 6 ст. 6 Водного кодекса РФ) [1,6].

Практическая значимость и рекомендации

Предложенные подходы к образованию земельных участков вблизи водных объектов обладают высокой практической ценностью и могут быть рекомендованы для внедрения в муниципальных образованиях Нижегородской области, особенно граничащих с крупными водными объектами общего пользования (реки Волга, Ока, Ветлуга, Керженец и др.).

Целевые территории для внедрения: городские округа Нижний Новгород, Бор, Кстово, Городец, Чкаловск, муниципальные районы Балахнинский, Городецкий, Лысковский, Воскресенский [7].

Применение предлагаемых подходов позволит:

– повысить эффективность использования прибрежных территорий за счёт комплексного планирования;

– снизить количество отказов в постановке земельных участков на кадастровый учёт;

– минимизировать правовые споры, связанные с нарушением режима водоохранных зон и береговой полосы (в 2025 г. в регионе рассмотрено более 40 судебных дел по данной категории);

– обеспечить баланс между хозяйственным освоением земель и сохранением экологического состояния водных объектов, что соответствует целям национального проекта «Экология» [8].

Заключение

В ходе проведённого исследования доказано, что образование земельного участка в районе водного объекта представляет собой не просто техническое межевание, а сложный многоэтапный процесс, сочетающий юридические, градостроительные и экологические аспекты. Его специфика обусловлена необходимостью соблюдения комплекса нормативных требований, регулирующих использование прибрежных территорий.

Сложность процесса образования земельных участков в районе водных объектов определяется следующими факторами:

– нормативная многоплановость. Процедура регулируется земельным, водным, градостроительным законодательством, а также специальными актами в области охраны окружающей среды.

– наличие различных ЗОУИТ (водоохранные зоны, прибрежные защитные полосы, береговые полосы), в том числе и тех, границы которых еще не внесены в ЕГРН;

– необходимость межведомственного взаимодействия с Росреестром, Росприроднадзором, органами местного самоуправления, бассейновыми управлениями;

– учёт экологических ограничений при планировании застройки, включая требования по охране водных биоресурсов и предотвращению загрязнения акватории.

Ключевым фактором является установление границ зон с особыми условиями использования территорий (ЗОУИТ), в т.ч. водоохранных зон, прибрежных защитных полос, береговых полос, а также береговых линий: обязательное определение и установление границ водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы согласно ст. 65 ВК РФ, внесение сведений

о границах ЗОУИТ в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН), учёт ограничений на виды разрешённого использования земельных участков в границах этих зон, исключение пересечений границ образуемого участка с зонами, запрещающими или ограничивающими некоторые виды деятельности, в том числе и рассматриваемый вид разрешенного использования участка «Водный транспорт».

Список использованных источников

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ : [ред. от 31 июля 2025 г.] // КонсультантПлюс : [сайт]. – URL: *https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/* (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.

2. Инновационные подходы в градостроительстве: наука, практика, образование / М. В. Шубенков, С. Д. Митягин, П. П. Спирин [и др.]. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2025. – 670 с. – ISBN 978-5-7422-9193-0. – Текст : непосредственный.

3. Водный кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ : [ред. от …] // КонсультантПлюс : [сайт]. – URL: *https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/* (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.

4. Димитренко, Н. В. Теория градостроительства, градостроительное проектирование и территориальное планирование : учебное пособие / Н. В. Димитренко. – Пенза : Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2024. – 168 с. – Текст : непосредственный.

5. Местные нормативы градостроительного проектирования городского округа город Бор Нижегородской области : [утв. решением Думы городского округа город Бор …] : [сайт]. – URL: *https://bor.nobl.ru/upload/uf/4f1/e7dpn35brqy5qyzqnm4ryqxnfaez4e6w/Mestnye-normativy-gradostroitelnogo-proektirovaniya.pdf* (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.

6. Земельный кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ : [ред. от 31 июля 2025 г., с изм. и доп., вступ. в силу с 1 сент. 2025 г.] // КонсультантПлюс : [сайт]. – URL: *https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/* (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.

7. Градостроительное освоение территории России / А. Ш. Шамузафаров, Э. А. Шевченко, С. Д. Митягин [и др.]. – Санкт-Петербург : Издательство Зодчий, 2025. – 496 с. – Текст : непосредственный.

8. Осипов, Е. И. Интегративная региональная экономическая политика как инструмент совершенствования пространственного развития России : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Осипов Евгений Игоревич. – Великий Новгород, 2025. – 210 с. – Текст : непосредственный.

УДК 347.451

Основания и практика расторжения договоров купли-продажи обременённых земельных участков

*Сафиуллова Н.Е. *, студент; Храмова И.М., студент*

* Ответственный за переписку: safiullova_0209@mail.ru
Ульяновский аграрный университет им. П.А. Столыпина, Ульяновск

Аннотация. Земельный кодекс РФ указывает на возможность расторжения договора купли-продажи земельного участка в случае предоставления продавцом заведомо ложной информации покупателю с целью влияния на решение покупателя о покупке конкретного участка. Для оспаривания договора купли продажи земельного участка необходимо обратится в суд и предоставить пакет документов, подтверждающих нарушение условий сделки другой стороны. Правильное оформление и предоставление доказательств повышают шансы на удовлетворение требования о расторжении договора купли-продажи.

Ключевые слова: земельный участок, договор, судебный иск, расторжение

Научный руководитель – доцент кафедры землеустройства и кадастров УлГАУ, канд. с.-х. наук, доцент Ермошкин Юрий Владимирович.

Расторжение договора купли-продажи при сделках с недвижимостью возможно только при наличии веских оснований. Законом определены два способа расторжения договора купли-продажи: по соглашению сторон, по требованию сторон.

В первом случае расторжение возможно если обе стороны не имеют претензий друг к другу, а также если еще не состоялся переход права собственности в Росреестре, либо переход права был, но не было расчета. Для этого стороны обращаются в Росреестр с письменным заявлением. Между собой стороны составляют письменное соглашение, в котором прописывается что получает обратно каждая из сторон.

Расторжение договора купли-продажи по требованию сторон возможно исключительно через суд, если стороны не пришли к соглашению в мирном порядке. Требование о расторжении договора купли-продажи одна из сторон может выдвинуть лишь при наличии существенных на то оснований [1].

Согласно 2-й части статьи 450 ГК РФ одна из сторон имеет право обратится в суд с требованием расторгнуть договор купли-продажи только:

– если вторая сторона допустила существенные нарушения договора, а также в случаях, предусмотренных ГК РФ или другими законами;

– нарушение договора одной из сторон будет признано существенным если другая сторона в значительной степени лишилась или лишается того, на что имела право рассчитывать при заключении договора;

– изменение обстоятельств, то есть, договор был заключен, когда стороны не могли предвидеть изменения, в противном случае договор бы был заключен на иных условиях или не заключен вовсе;

– предоставление продавцом заведомо ложной информации покупателю, либо сокрытии важных фактов, которые могли бы повлиять на стоимость сделки или на ее заключение [2].

Перечень основных документов, предоставляемых в суд:

– исковое заявление;

– договор купли продажи;
– выписки из Росреестра;
– свежая выписка ЕГРН;
– схема земельного участка и кадастровый паспорт;
– документы со сведениями об обременениях или аренде;
– свидетельские показания;
– заключение экспертизы.

Важными доказательствами в суде будут считаться обременения по выписке ЕГРН, которые не описаны в договоре купли-продажи, информация о границах и характеристиках земельного участка в схеме земельного участка и кадастровом паспорте. Документы об обременениях помогу доказать наличие третьих лиц, в случае если была скрыта информация об ипотеке или аренде земельного участка.

Судебная практика хранит множество дел о рассмотрении споров после сделок купли-продажи земельных участков. Ниже представлены споры между сторонами в судебном порядке [2].

Рассмотрим первый пример. И так, Бердским городским судом Новосибирской области в октябре 2020 г. в открытом судебном заседании был рассмотрено гражданское дело по иску о расторжении договора купли-продажи земельного участка площадью 1001 кв.м и стоимостью 1700000 рублей.

В последствии установлено, что в пределах границ приобретенного земельного участка, помимо заборов, расположены принадлежащие собственникам смежных участков погреба, фундаменты, туалеты, часть земельного участка находится в пользования владельцев смежных земельных участков, через земельный участок проходит дорога для подъезда к трем смежным земельным участкам. На момент совершения сделки купли-продажи ответчик об указанных обременениях ей не сообщила. Таким образом, ей продан земельный участок, не свободный от прав третьих лиц, на участке имеются неустранимые недостатки, не позволяющие использовать его по назначению: для ведения садоводства и строительства индивидуального жилого дома. Обременения земельного участка объективно существуют и в настоящее время являются действующими независимо от их регистрации.

В адрес ответчика была направлена претензия с требованием об уменьшении стоимости земельного участка на 400000 рублей, ответчик ответила отказом. Поскольку в момент заключения договора купли-продажи продавец не сообщила покупателю о наличии на земельном участке обременений, о наличии данного существенного недостатка выявлено после исполнения договора и его государственной регистрации, это является безусловным основанием для расторжения договора. Продавцом существенно нарушены условия договора купли-продажи земельного участка, так как передано имущество, не соответствующее по качеству условиям договора. В результате действий ответчика нарушены ее права как собственника, поскольку она не может использовать земельный участок по его прямому назначению [3].

По указанным основаниям, ссылаясь на ст. 450, 557, 475 ГК РФ, истец просит:

– расторгнуть заключенный договор купли-продажи земельного участка;

– возвратить стороны в первоначальное состояние: обязать ее возвратить земельный участок; обязать ответчика возвратить ей 1700000 рублей в срок не позднее одного месяца с момента вступления решения суда в законную силу;

– взыскать в ее пользу расходы по уплате государственной пошлины в размере 16700 рублей [2].

Кроме того, истцом в качестве оснований исковых требований представлена выписка из Единого государственного реестра недвижимости, в соответствии с которой ограничение прав и обременение объекта недвижимости не зарегистрировано. Данный документ полностью

опровергает утверждения истца о наличии обременений спорного земельного участка, что, в свою очередь, делает заявленные исковые требования несостоятельными.

Ответчик просит в удовлетворении исковых требований отказать в полном объеме.

Рассмотрим законодательные аргументы, которыми руководствуется суд:

В соответствии с п. 1 ст. 469 ГК РФ продавец обязан передать покупателю товар, качество которого соответствует договору купли-продажи.

При отсутствии в договоре купли-продажи условий о качестве товара продавец обязан передать покупателю товар, пригодный для целей, для которых товар такого рода обычно используется [1].

Если продавец при заключении договора был поставлен покупателем в известность о конкретных целях приобретения товара, продавец обязан передать покупателю товар, пригодный для использования в соответствии с этими целями (п. 2).

Согласно п. 1 ст. 549 ГК РФ по договору купли-продажи недвижимого имущества (договору продажи недвижимости) продавец обязуется передать в собственность покупателя земельный участок, здание, сооружение, квартиру или другое недвижимое имущество (статья 130).

В соответствии со ст. 557 ГК РФ в случае передачи продавцом покупателю недвижимости, не соответствующей условиям договора продажи недвижимости о ее качестве, применяются правила статьи 475 настоящего Кодекса, за исключением положений о праве покупателя потребовать замены товара ненадлежащего качества на товар, соответствующий договору.

Согласно п. 1 ст. 475 ГК РФ, если недостатки товара не были оговорены продавцом, покупатель, которому передан товар ненадлежащего качества, вправе по своему выбору потребовать от продавца: соразмерного уменьшения покупной цены; безвозмездного устранения недостатков товара в разумный срок; возмещения своих расходов на устранение недостатков товара.

В соответствии с п. 1 ст. 476 ГК РФ продавец отвечает за недостатки товара, если покупатель докажет, что недостатки товара возникли до его передачи покупателю или по причинам, возникшим до этого момента.

Согласно п. 65 Постановления Пленума ВС РФ №10, Пленума ВАС №22 от 29.04.2010г. «О некоторых вопросах, возникающих в судебной практике при разрешении споров, связанных с защитой права собственности и других вещных прав» при разрешении споров, связанных с расторжением договоров продажи недвижимости, по которым осуществлена государственная регистрация перехода к покупателям права собственности, судам необходимо учитывать следующее.

Если покупатель недвижимости зарегистрировал переход права собственности, однако не произвел оплаты имущества, продавец на основании пункта 3 статьи 486 ГК РФ вправе требовать оплаты по договору и уплаты процентов в соответствии со статьей 395 ГК РФ.

В силу пункта 4 статьи 453 ГК РФ стороны не вправе требовать возвращения того, что было исполнено ими по обязательству до момента изменения или расторжения договора, если иное не установлено законом или соглашением сторон. Вместе с тем согласно статье 1103 ГК РФ положения о неосновательном обогащении подлежат применению к требованиям одной стороны в обязательстве к другой о возврате исполненного, в связи с этим обязательством. Поэтому в случае расторжения договора продавец, не получивший оплаты по нему, вправе требовать возврата, переданного покупателю имущества на основании статей 1102, 1104 ГК РФ [2].

Судебный акт о возврате недвижимого имущества продавцу является основанием для государственной регистрации прекращения права собственности покупателя и государственной регистрации права собственности на этот объект недвижимости продавца.

При таких обстоятельствах суд приходит к выводу об отказе в удовлетворении исковых требований истца. Решил, в удовлетворении исковых требований о расторжении договора купли-продажи земельного участка отказать [4].

Второй рассматриваемый нами случай произошёл в Кинельском районном суде в городе Кинель. Гражданское дело по иску физического лица о расторжении договора купли-продажи земельного участка, взыскании денежных средств

Истец просит погасить запись в едином госреестре прав на недвижимость, имущество и сделок с ним. Взыскать с ответчика в пользу истца переданные за участок денежные средства. Взыскать с ответчика затраты на оплату госпошлины, затраты на геодезические работы, проведенные для определения факта нарушения условий договора.

Согласно кадастровой выписке и свидетельству на право собственности земельный участок с разрешенным использованием для строительства индивидуального жилого дома, не имеет каких-либо ограничений (обременении) права собственности. Фактическое местоположение участка было указано ответчиком и сомнений у истца не вызывало.

В ходе осмотра иных качественных и адресных характеристик, позволяющих на месте определить местоположение земельного участка, кроме как со слов ответчика, не имелось, так как. земельный участок огорожен не был. Истцом было получено разрешение на строительство жилого дома на вышеуказанном участке, а также отделом архитектуры и градостроительства выдан градостроительный план земельного участка, из которого истец выяснил, что участок расположен не в том месте, на которое указывал перед сделкой ответчик.

На основании документов, переданных ответчиком истцу перед заключением договора, этого нельзя было выяснить. При определении фактических границ земельного участка инженером-геодезистом было установлено, что фактическое местоположение участка не совпадает с указанным ответчиком и строительство, и регистрация жилого дома на этом участке невозможно, поскольку практически весь земельный участок находится в охранной зоне.

Истцом участок был приобретен для строительства жилого дома, но в силу того, что ответчик ввел истца в заблуждение о местоположении участка и отсутствия на нем каких-либо обременении, то использовать участок по его назначению и с той целью для чего он приобретался, не представляется возможным.

Истец до обращения в суд пыталась изменить границы земельного участка, но оказалось, что это требует много согласований, материальных затрат. По мнению истца, ответчик нарушил существенные условия договора купли-продажи участка, при выявлении которых до подписания договора купли-продажи сделка бы не состоялась.

В связи с этим Истец требует расторжения договора и возврата денежных средств.

Ответчик в судебном заседании иск не признал, пояснив суду, что он считает, что данная ситуация сложилась не по его вине, а потому что при межевании неправильно определили место положение земельного участка и он не знал, что по его участку проходит охранная зона и считал, что его земельный участок находится в другом

Почему в материалах землеустроительного дела по инвентаризации земель отсутствуют сведения о его земельном участке, ответчик пояснить не может.

Судом установлено, что истец использовать земельный участок в соответствии с его назначением и целью приобретения не может [1].

В силу ст. 37 Земельного кодекса РФ покупатель в случае предоставления ему продавцом заведомо ложной информации об обременениях земельного участка и ограничениях его использования в соответствии с разрешенным использованием; о разрешении на застройку данного земельного участка; об использовании соседних земельных участков, оказывающем существенное воздействие на использование и стоимость продаваемого земельного участка; о качественных свойствах земли, которые могут повлиять на планируемое покупателем использование и стоимость продаваемого земельного участка; иной информации, которая

может оказать влияние на решение покупателя о покупке данного земельного участка и требования о предоставлении которой установлены федеральными законами, вправе требовать уменьшения покупной цены или расторжения договора купли-продажи земельного участка и возмещения причиненных ему убытков [5].

В силу ст. 475 ГК РФ в случае существенного нарушения требований к качеству товара (обнаружения неустранимых недостатков, недостатков, которые не могут быть устранены без несоразмерных расходов или затрат времени, или выявляются неоднократно, либо проявляются вновь после их устранения, и других подобных недостатков) покупатель вправе отказаться от исполнения договора купли-продажи и потребовать возврата уплаченной за товар денежной суммы [2].

Принимая во внимание, что земельный участок приобретался истцом для целей индивидуального жилищного строительства, однако, вследствие обременения земельного участка охранной зоной ВЛ, истец лишен возможности использовать земельный участок по назначению, в связи с чем истец вправе требовать расторжения договора.

Учитывая все обстоятельства в ходе судебного разбирательства, требования истца были удовлетворены [4].

Не маловажно, что при покупке земельного участка следует осмотреть его лично. Перед покупкой необходимо:

– лично осмотреть участок и проверить соответствие кадастрового номера;

– проверить наличие зон с особыми условиями (охранные, санитарно-защитные, водоохранные) на публичной кадастровой карте;

– запросить градостроительный план и план подземных коммуникаций;

– уточнить наличие зарегистрированных строений.

Отсутствие записи об обременении в ЕГРН не гарантирует его отсутствия фактически. За нарушение режима использования зон предусмотрена ответственность.

По закону покупатель не обязан проводить тщательную проверку объекта перед его покупкой, но судебная практика, в том числе описанная выше, говорит нам о том, что пренебрежение этапом проверки покупатель может столкнуться с неприятными последствиями. Последствия могут настигнуть покупателя в течении нескольких лет [3].

Список использованных источников

1. Российская Федерация. Законы. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть третья (с изменениями на 25 марта 2026 года): Федеральный закон № 51-ФЗ: [принят Государственной Думой 1 ноября 2001 года: одоб рен Советом Федерации 14 ноября 2001 года]. – Текст: электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс»: [сайт]. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/901799839* (дата обращения: 01.04.2026 г).

2. Российская Федерация. Законы. Земельный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 30 января 2026 года) (редакция, действующая с 1 марта 2026 года): Федеральный закон № 136-ФЗ: [принят Государственной Думой 28 сентября 2001 года: одобрен Советом Федерации 10 октября 2001 года]. – Текст: электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс»: [сайт]. – URL: *https://docs.cntd.ru/* (дата обращения: 06.04.2026 г).

3. Лапач, В.А. Система объектов гражданских прав: теория и судебная практика / В.А. Лапач. Текст: непосредственный. // СПб.: Юридический Центр 88 Пресс, 2002. – 542 с. – ISBN 5-94201-103-6.

4. Паркина, Д.О. Землеустроительная экспертиза / Д.О. Паркина Текст: непосредственный. // Сборник материалов XII Международной научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные тенденции развития российской науки». – 2019. – С. 27-28. *https://elibrary.ru/tmnuex*

5. Провалова Е.В. Судебно-землеустроительная экспертиза на примере гражданского дела МО «Кандалинское сельское поселение» Старомайнского района Ульяновской области / Е.В. Провалова, Ю.В. Ермошкин, С.Е. Ерофеев, Н.В. Хвостов, О.Н. Цаповская // Астраханский вестник экологического образования – 2023. – №5 (77). – С. 98-105. *https://elibrary.ru/uwdomk*

УДК 347.451

Расторжение договора купли-продажи земельного участка на примере СНТ «Колос» Республики Башкортостан

*Сафиуллова Н.Е. *, студент; Храмова И.М., студент*

* Ответственный за переписку: safiullova_0209@mail.ru
Ульяновский аграрный университет им. П.А. Столыпина, Ульяновск

Аннотация. В нашем исследовании мы рассмотрели ситуацию, возникшую в связи с покупкой физическим лицом, двух незастроенных смежных земельных участков в СНТ «Колос», города Нефтекамск, с целью их дальнейшей застройки жилыми домами. Как в последствии покупателем стало известно, на данные участки установлены ограничения в их пользовании в виде охранных зон ВЛЭП, то есть строительство жилых домов в зоне их действия запрещено. Покупатель решил расторгнуть договор купли-продажи в одностороннем порядке. Так как со стороны продавца участков поступили возражения, покупатель обратился в суд с исковым заявлением.

Ключевые слова: судебный иск, земельный участок, договор купли-продажи, экспертиза

Научный руководитель – доцент кафедры землеустройства и кадастров УлГАУ, канд. с.-х. наук, доцент Ермошкин Юрий Владимирович.

В связи с исковым заявлением Судьей Нефтекамского городского суда Республики Башкортостан, по гражданскому делу назначена землеустроительная экспертиза, в связи с расторжение договора купли-продажи земельных участков в связи с предоставлением заведомо ложной информации и возмещении причиненных убытков. на земельных участках города Нефтекамск, Республики Башкортостан.

На разрешение экспертов поставлены следующие вопросы:

1) Определить фактические границы и площади земельных участков с кадастровыми номерами 02:66:010438:234 и :233. Соответствуют ли фактическое местоположение границ и площади участков учтенным в Едином государственном реестре недвижимости границам этих участков? Если нет, то указать причины и способы устранения несоответствии.

2) Определить границы и площади зон с особыми условиями использования территории (ЗОУИТ), в т.ч. охранной зоны ЛЭП напряжением 110 киловольт и санитарно-защитных зон ПАО АПК «Башнефть» и ООО «Башнефть Розница», расположенных в пределах границ участков.

3) Определить границы и площади территории на земельных участках с кадастровыми номерами:234 и:233, в пределах которых допускается и в пределах которых установлен запрет на строительство объектов недвижимости, с учетом норм действующего законодательства, приведенных в постановлении Правительства № 160 от 24 февраля 2009 года, с актуальными изменениями и дополнениями, в связи с наличием ЗОУИТ на участках.

В представленных выписках ЕГРН, указанные земельные участки имеют следующие характеристики. Земельные участки 20 и 19 с кадастровыми номерами:233 и:234, находятся в частной собственности, уточненная площадь 486 и 453 кв. м., соответственно, категория земель «Земли населенных пунктов», вид разрешенного использования «Для размещения садового участка». Границы земельного участка установлены и внесены в ЕГРН [1, 2].

В сентябре 2025 года по адресу: город Нефтекамск СНТ «КОЛОС» участки 19, 20 был проведен экспертный осмотр.

Были произведены: визуальный осмотр, фотографирование и топографические замеры как самих земельных участков 20 и 19, так и опор ЛЭП (ВЛ – 110кВ ООО «Башкирэнерго»).

По состоянию на 6 сентября 2025 года при осмотре на месте установлено, что земельные участки свободны от объектов капитального и иного строительства. Участки частично огорожены, со сторон (за счёт) соседних земельных участков: – с фасадной стороны и смежной границе обследуемых участков, какие-либо ограждения отсутствуют.

В результате сопоставления данных установлено:

1) Земельные участки №20 и №19 с кадастровым номером :233 и :234 частично расположены в границах охранной зоны ВЛ 110 кВ ООО «Башкирэнерго», покрываемая площадь ЗОУИТ, составляет 352 м.кв. и 314 м.кв, соответственно.

Также, было определено наикротчайшее расстояние от крайнего участка с кадастровым номером 02:66:010438:234, до границ установленной «Санитарно-защитной зоны» земельного участка АЗС № 02-281 ООО «Башнефть-Розница», которое составило 18,9 метров. Согласно Правилам землепользования и застройки городского округа город Нефтекамск, исследуемые земельные участки расположены в территориальной зоне Ж-4 «зона застройки индивидуальными жилыми домами 1 3-х этажными с личным подсобным хозяйством, не требующим организации санитарно-защитных зон индивидуальными жилыми домами и блокированными жилыми домами не более 2 блоков или квартир в зоне действия ограничений».

Основной видом разрешенного использования в данной зоне является вид разрешенного использования «Благоустройство территории».

Условно разрешенные вид использования следующие:

–для индивидуального жилищного строительства;

–для ведения личного подсобного хозяйства (приусадебный земельный участок);

–блокированная жилая застройка;

–обслуживание жилой застройки [3].

Собственник участков самостоятельно без дополнительных разрешений и согласований может выбрать вид разрешенного использования – «Благоустройство территории», которое не предполагает строительство объектов недвижимости.

После получения разрешения на условно разрешенный вид использования путем проведения общественных обсуждений или публичных слушаний, вид разрешенного использования может быть изменен.

Исходя из Правил землепользования и застройки было определено место допустимого размещения индивидуального жилого дома в границах каждого земельного участка. На чертеже отмечено штриховкой зелёного цвета.

Отступ от передней границы земельных участков составляет 5 м, от прочих границ – 3 м.

Так как, в соответствии с ПП РФ от 24.02.2009 № 160 (в редакции от 30.12.2024) «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон» утверждены правила, согласно которым в охранных зонах допускается размещение зданий и сооружений при соблюдении следующих параметров:

–размещаемое здание или сооружение не создает препятствий для доступа к объекту электросетевого хозяйства;

–расстояние по горизонтали от элементов зданий и сооружений до проводов воздушных линий электропередачи напряжением свыше 1 кВ (при наибольшем их отклонении) должно быть не менее 4 метров – при проектном номинальном классе напряжения 35 110 кВ).

Так, вдоль обследуемых нами земельных участков проходит ЛЭП 110 кВ, расстояние между крайними проводами которых составляет 7 м (то есть 3,5 м от цента опоры в каждую

сторону). А также проходит грунтовая дорога, позволяющая проводить плановые (регламентные) работы по техническому обслуживанию объектов электросетевого хозяйства и предотвращение или устранение аварий [4, 5].

Таким образом, строительство объектов недвижимости на территории земельных участков 19 и 20 в границах охранной зоны ВЛ 110 ООО «Башкирэнерго» не создает препятствий для доступа к объекту электросетевого хозяйства.

Согласно ответу ООО «Башкирэнерго», общая ширина охранной зоны ВЛ110 кВ составляет 47 метров, что соответствует сведениям ЕГРН.

Площадь территории, в пределах которой допускается строительство жилого дома для земельного участка №19 составила 56 кв. м, для земельного участка №20 – 52 кв. м.

Так же установлено, что действующим законодательством и хоть и не предусмотрено обязательное получение застройщиком согласования планируемого строительства с сетевой организацией, но его все-таки лучше получить, для предотвращения дальнейших отказов.

Так, при наличии решения о согласовании планируемого строительства сетевой организацией, существует и второй вариант определения места допустимого размещения индивидуальных жилых домов. При этом, отступ в 4 м от крайнего провода не пересекает допустимое место размещения, определенное ранее в соответствии с ПЗЗ.

Площадь территории, в пределах которой допускается строительство индивидуального жилого дома для земельного участка №19 составила 205 кв. м, для земельного участка №20 – 227 кв. м.

На сегодня, по делу о признании сделки недействительной имеется судебное решение.

Согласно которого разрешая спор, руководствуясь нормами права, исследовав и оценив, имеющиеся в деле доказательства в их совокупности, суд приходит к выводу об отсутствии доказательств, подтверждающих, что на момент заключения оспариваемых договоров купли-продажи земельных участков истцу было известно об установленных ограничениях в отношении его земельных участков.

Суд решил – отказать в удовлетворении исковых требований о расторжении договора купли-продажи земельных участков с кадастровыми номерами 02:66:010438:233 и 02:66:010438:234, в связи с предоставлением заведомо ложной информации об обременениях земельного участка, и возмещении причиненных убытков, уплаченных процентов по кредитному договору, компенсации морального вреда, судебных расходов [5].

Список использованных источников

1. Российская Федерация. Законы. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть третья (с изменениями на 25 марта 2026 года): Федеральный закон № 51-ФЗ: [принят Государственной Думой 1 ноября 2001 года: одоб рен Советом Федерации 14 ноября 2001 года]. // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс»: [сайт]. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/901799839* (дата обращения: 01.04.2026 г). – Текст : электронный.

2. Российская Федерация. Законы. Земельный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 30 января 2026 года) (редакция, действующая с 1 марта 2026 года): Федеральный закон № 136-ФЗ: [принят Государственной Ду мой 28 сентября 2001 года: одобрен Советом Федерации 10 октября 2001 года] // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс»: [сайт]. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/744100004?ysclid=mou5juc55283383020* (дата обращения: 06.04.2026 г). – Текст : электронный.

3. Официальный сайт администрации городского округа г. Нефтекамск Республики Башкортостан: [сайт]. – URL: *https://neftcity.ru/* (дата обращения: 18.01.2026 г.). – Текст : электронный.

4. Лапач, В.А. Система объектов гражданских прав: теория и судебная практика / В.А. Лапач. Текст: непосредственный. – СПб.: Юридический Центр 88 Пресс, 2002. – 542 с. – ISBN 5-94201-103-6.

5. Нефтекамский городской суд республики Башкортостан, официальный сайт – ДЕЛО №2-1077/2025 УИД 03К30013-01-2025-001844-58: [сайт]. – URL:*https://судебныерешения.рф/90318130* (дата обращения: 10.04.2026 г.) – Текст : электронный.

УДК 00.000

Понятие геопространственной информации и методы её управления

*Семенова А.Е. *, магистрант*

* Ответственный за переписку: semenova.risha@gmail.com
Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), Москва

Аннотация. Статья обобщает современные методы и подходы к управлению геопространственной информацией как ресурсом для анализа, моделирования и принятия решений. Ключевой тезис состоит в том, что управление геопространственной информацией в цифровую эпоху смещается от «выпуска карт как конечного продукта» к управлению жизненным циклом данных и сервисов. Предложено осовремененное понятие геопространстенной информации. Проведен сравнительный анализ методов и подходов к управлению геопространственной информацией.

Ключевые слова: геопространственная информация, геоданные, ГИС, ДЗЗ, СУБД, Big Data, машинное обучение, GeoAI

Научный руководитель – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики МИИГАиК Синицына Анна Львовна.

Введение

Геопространственная информация (ГПИ) в современной трактовке становится инфраструктурным активом: она востребована в пространственном планировании, управлении территориями, мониторинге природных и техногенных процессов, кадастровой и инженерной деятельности, логистике и ряде смежных областей. При этом усложнение источников (ДЗЗ, сенсоры, ведомственные реестры, краудсорсинг), рост объёмов и скорости обновления, а также развитие распределённых сервисных архитектур требуют перехода от эпизодической обработки данных к системному управлению их жизненным циклом.

На уровне стандартизации управление поддерживается несколькими взаимодополняющими наборами норм и практик: семейство стандартов серии ISO 19100, стандарты Open Geospatial Consortium (OGC), а также национальные подходы к регулированию пространственных данных и их метаданных.

Понятие геопространственной информации и её особенности

В российской практике ключевым юридическим понятием выступают «пространственные данные (геопространственные данные, геоданные)», под которыми понимаются сведения о пространственных объектах, включающие их форму, местоположение, свойства, а также характеристики процессов и явлений; при этом важную роль играют пространственные метаданные, обеспечивающие описание, идентификацию и поиск данных (ФЗ N 431, 30.12.2015). В нормативных актах также использовалось определение «геопространственной информации» как совокупности данных о местности и объектах (ПП РФ N 326, 28.05.2007), однако данный документ утратил силу (ПП РФ N 159, 09.02.2017), что

требует осторожности при его использовании – преимущественно в историко-методологическом контексте.

Для научного анализа полезно различать:

– геоданные/пространственные данные как формализуемую (машиночитаемую) основу;

– геопространственную информацию как результат интеграции данных, метаданных, контекста, интерпретации и аналитической обработки, применимый для принятия решений. Логика «данные → информация» закрепляется и через терминологию в области ГИС: «данные» понимаются как информация, представленная в форме, пригодной для автоматизированной обработки (рисунок 1).

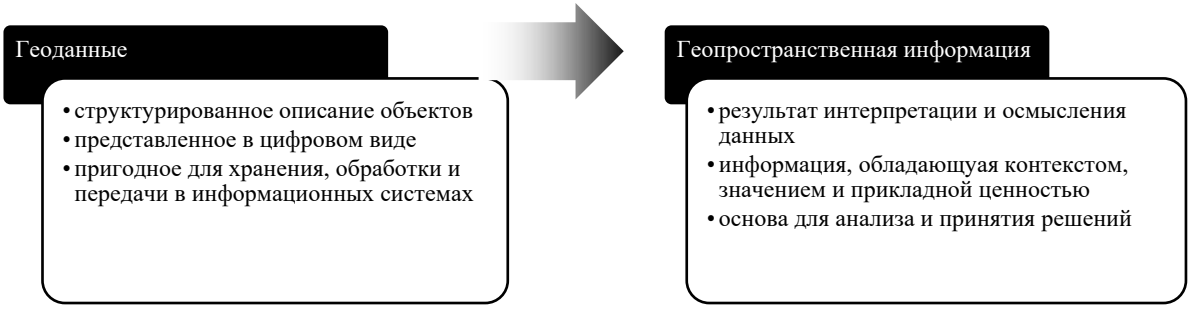


Рисунок 1 – Соотношение понятий геоданные и геопространственная информация (Источник: Составлено автором)

Существенные свойства ГПИ, значимые для управления, включающие пространственную определённость (привязку через координаты или географические идентификаторы), многокомпонентность (геометрию, атрибуты, временные характеристики и топологические связи, описываемые, в том числе, метаданными по ISO 19115-1), а также интероперабельность, предполагающую инфраструктурный подход к управлению данными, сервисами и механизмами доступа (как в INSPIRE), позволяют раскрыть данное понятие в более широком смысле. В мировой практике это выражается в его трактовке как результата функционирования инфраструктур пространственных данных и геоинформационных систем, включающего не только сами данные, но и процессы их обработки, анализа и распространения.

Наконец, в современных условиях усиливается динамический характер ГПИ: наблюдения могут поступать в виде потоков, а дистанционное зондирование и облачные платформы делают возможной обработку в режиме, близком к реальному времени.

Обобщая затронутые положения, представляется целесообразным уточнить понятие геопространственной информации, закрепленное в российской практике, с учётом современных вызовов и зарубежного опыта. Геопространственная информация может быть определена как динамическая, многоуровневая и семантически насыщенная цифровая модель реального мира, интегрирующая пространственные координаты, временные характеристики, атрибутивные свойства, взаимосвязи объектов и правила их поведения, и используемая для анализа, моделирования и поддержки принятия решений в пространственном контексте.

Эволюция подходов к управлению геопространственной информацией

Эволюция подходов к управлению геопространственной информацией отражает последовательную смену «единицы управления»: от картографического документа к цифровым данным, затем к сетевым сервисам и, наконец, к API-ориентированным экосистемам с потоковой обработкой и встроенной аналитикой (рисунок 2). На ранних этапах управление носило документально-ориентированный характер: основное внимание уделялось

хранению, учёту и обновлению бумажных карт, при этом анализ выполнялся вручную и отличался низкой оперативностью.

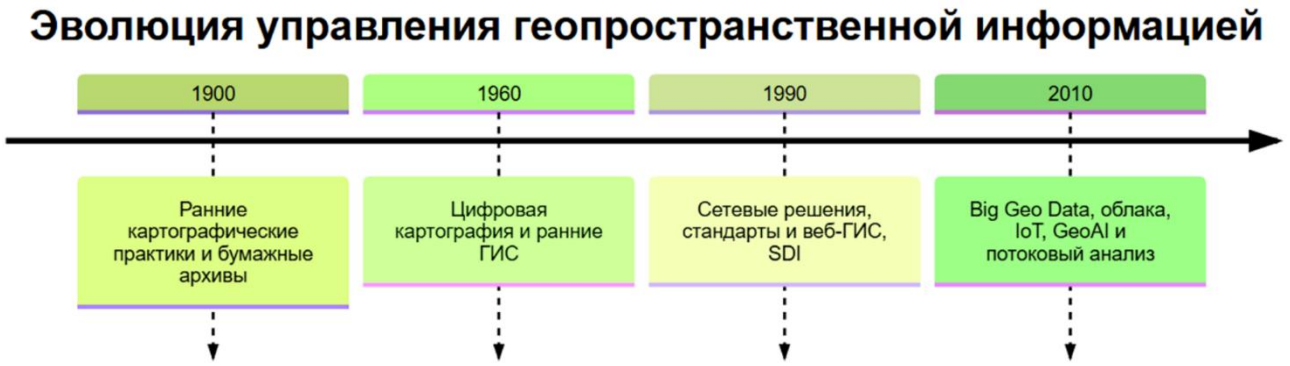


Рисунок 2 – Временная шкала эволюции управления ГПИ (Источник: Составлено автором)

С переходом к цифровой картографии (1960–1990-е гг.) формируются геоинформационные системы, обеспечивающие автоматизацию хранения и анализа данных (операции наложения, буферизации, моделирования). Дальнейшее развитие в 1990-е–2000-е годы связано с распространением Интернета и клиент–серверных технологий, что привело к появлению стандартизированных геосервисов (WMS, WFS) и формированию инфраструктур пространственных данных (SDI), ориентированных на межсистемную интеграцию, обмен и повторное использование данных [1].

Современный этап (с 2010-х гг.) характеризуется переходом к обработке больших и потоковых геоданных с использованием облачных платформ и API-first подходов (например, OGC API, SensorThings). Одновременно развивается направление GeoAI, расширяющее возможности анализа за счёт методов искусственного интеллекта, что усиливает требования к качеству данных, интероперабельности и воспроизводимости результатов [2].

Методы и подходы к управлению геопространственной информацией

Методы управления целесообразно рассматривать не как конкурирующие «варианты», а как взаимодополняющие компоненты единого конвейера управления жизненным циклом: получение → гармонизация → контроль качества → хранение/индексация → документирование (метаданные) → доступ/распространение → анализ/моделирование → публикация результатов и повторное использование.

Ниже представлены ключевые группы методов и их роль в управлении.

1. Геоинформационные системы (ГИС) как интеграционная среда управления. С точки зрения терминологии и функционала ГИС определяется как система, оперирующая пространственными данными; при этом «данные» трактуются как информация, представленная в виде, пригодном для автоматизированной обработки. На практике ГИС-подход обеспечивает редактирование, пространственный анализ, визуализацию и подготовку картографических продуктов, а также организацию доступа (особенно в серверных и веб-архитектурах) [3, 4].

2. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) как метод массового и оперативного получения данных. ДЗЗ является ключевым источником обновляемых пространственных данных, особенно для мониторинга природных процессов и территорий; современные облачные платформы иллюстрируют модель «данные + вычисления» в единой среде, что повышает масштабируемость анализа. Как пример облачной парадигмы часто рассматривается Google Earth Engine – облачная платформа планетарного масштаба для

геопространственного анализа. Управленческая специфика ДЗЗ состоит в том, что качество и сопоставимость результатов зависят от корректной предобработки, валидации и документирования параметров [5].

3. Топографическая съёмка и инженерно-геодезические методы как «эталон точности». В жизненном цикле управления это, как правило, наиболее точный, но наиболее ресурсоёмкий способ получения данных, критичный для задач, где важны метрическая строгость и юридическая значимость результатов. В типовой архитектуре управления такие данные затем интегрируются в ГИС/БД и используются как опорные слои [6].

4. Пространственные базы данных (СУБД) как инфраструктурное ядро управления. Для устойчивого управления версионностью, транзакционностью, многопользовательской работой и индексированным поиском пространственные СУБД выступают базовым компонентом. PostGIS описывается как расширение к PostgreSQL, позволяющее хранить объекты ГИС в базе данных, использовать пространственные индексы и функции анализа. Альтернативный класс решений представлен корпоративными СУБД: в Oracle Spatial and Graph геометрия хранится в типе SDO_GEOMETRY, используются специализированные представления метаданных и механизмы индексирования [7, 8].

5. Облачные платформы и Big Data как подход масштабирования управления. Этот подход решает задачи хранения и обработки больших объёмов геоданных, включая интеграцию потоковой и пакетной обработки. Показателен пример Apache Spark как унифицированного движка обработки больших данных, объединяющего потоковые и пакетные сценарии [9, 10].

6. Машинное обучение и GeoAI как подход автоматизации извлечения знаний. GeoAI трактуется как применение пространственно-явных методов ИИ к задачам географического знания и аналитики. В управлении это проявляется в детектировании объектов, семантической классификации, прогнозировании процессов и автоматизации интерпретации больших массивов данных (особенно растров ДЗЗ) [11].

Ниже представлена компактная сравнительная таблица (качественная оценка), предлагаемая автором для выбора «связки методов» под конкретную задачу управления. Важно: показатели «высокая/средняя/низкая» носят контекстный характер и должны уточняться под отрасль, регламенты, точностные требования и ограничения доступа.

Таблица 1 – Сравнительный анализ методов и подходов к управлению ГПИ

Метод / подход	Оперативность обновления	Точность и надёжность	Масштабируемость	Интероперабельность
ГИС	средняя	высокая	средняя	высокая
ДЗЗ	высокая	средняя	очень высокая	высокая
Топографическая съёмка	низкая	очень высокая	низкая/средняя	средняя
Пространственные БД	средняя	высокая	высокая	высокая
Облачные платформы и Big Data	высокая	средняя/высокая	очень высокая	высокая
Машинное обучение и ИИ	средняя/высокая	средняя, зависит от данных	высокая	средняя/высокая

Заключение

В современных условиях управление геопространственной информацией следует трактовать как управление жизненным циклом пространственных данных, их метаданных и сервисов доступа/обработки. Эта «инфраструктурная» логика согласуется с международными

определениями инфраструктуры пространственной информации и со стандартами, закрепляющими необходимость интероперабельности и метаданных.

Таким образом, управление геопространственной информацией приобретает характер комплексной, многокомпонентной системы, в рамках которой выбор методов определяется конкретными условиями применения, а их эффективное сочетание обеспечивает достижение требований масштабируемости, интероперабельности и аналитической полноты.

Список использованных источников

1. Edson, E. Mapping Time and Space: How Medieval Mapmakers Viewed Their World. – London: British Library, 1997

2. Open Geospatial Consortium. OGC API – Features – Part 1: Core (OGC 17-069r3). – 2019. – URL: *https://docs.ogc.org/is/17-069r3/17-069r3.html* – Текст : электронный.

3. Janowicz K., Scheider S., Pehle T., Hart G. Geospatial semantics and linked spatiotemporal data – Past, present, and future // Semantic Web. – 2012. – Vol. 3, № 4. – P. 321–332. – DOI: 10.3233/SW-2012-0077. – URL: *https://journals.sagepub.com/doi/10.3233/SW-2012-0077* – Текст : электронный.

4. Goodchild, M.F. (2001). A Geographer Looks at Spatial Information Theory. In: Montello, D.R. (eds) Spatial Information Theory. COSIT 2001. Lecture Notes in Computer Science – Vol. 2205. – Springer, Berlin, Heidelberg. *https://doi.org/10.1007/3-540-45424-1_1*

5. Геоинформатика: учеб. для студентов вузов / Е.Г.Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др.; / под ред. В.С. Тикунова. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 480 с.

6. Инженерная геодезия : учебник для вузов / Д. Ш. Михелев [и др.] ; под ред. Д. Ш. Михелев. – 4-е изд., испр. – Москва : Академия, 2004. – 480 с. : ил. – ISBN 5-7695-1524-4

7. Postgres Professional : официальный сайт. – URL: *https://postgrespro.ru/* – Текст : электронный.

8. Oracle Spatial and Graph. Spatial Data Types and Metadata : документация пользователя. – Oracle Corporation. – URL: *https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/19/spatl/spatial-datatypes-metadata.html* – Текст : электронный.

9. Li, S., Dragicevic, S., Castro, F. A., et al. (2016). «Geospatial big data handling theory and methods: A review and research challenges». ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing

10. Apache Spark: A Unified Engine For Big Data Processing (масштабируемая обработка больших данных). URL: *https://cacm.acm.org/research/apache-spark/* – Текст : электронный.

11. Janowicz K., Gao S., McKenzie G., Hu Y., Bhaduri B. GeoAI: spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. // International Journal of Geographical Information Science. – 2020 – Vol. 34(4) – P.625–636. *https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500*

УДК 528.082.

Современные цифровые технологии в управлении геопространственной информацией

Семенова А.Е., магистрант*

* Ответственный за переписку: semenova.risha@gmail.com
Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), Москва

Аннотация. В статье подробно рассматривается роль и функции ГИС, возможности ДЗЗ и облачные решения, сравниваются ключевые характеристики и предлагаются рекомендации по техническому и организационному внедрению.

Ключевые слова: управление геопространственной информацией, ГИС, ДЗЗ, облачные хранилища

Научный руководитель – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики МИИГАиК Синицына Анна Львовна.

Введение

В условиях цифровой трансформации экономики возрастает роль геопространственной информации как основы для принятия управленческих решений в различных отраслях, включая градостроительство, сельское хозяйство, транспорт и экологический мониторинг. Современные цифровые технологии, такие как геоинформационные системы (ГИС), дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) и облачные вычисления, позволяют не только эффективно собирать и хранить пространственные данные, но и проводить их комплексный анализ в режиме, близком к реальному времени. Интеграция этих технологий формирует единую информационную среду, обеспечивающую повышение точности анализа, оперативности обработки данных и доступности результатов для широкого круга пользователей. В данной работе рассматриваются возможности применения указанных технологий для управления геопространственной информацией, их функциональные особенности, а также преимущества и ограничения при практическом использовании.

ГИС как инструмент управления геопространственной информацией

ГИС объединяет сведения о местоположении и описательные атрибуты объектов, что позволяет выявлять пространственные закономерности и улучшать принятие решений.

Основные функции ГИС включают комплексную работу с геопространственной информацией: сбор и хранение данных из различных источников с поддержкой множества форматов (базы данных, векторные и растровые данные), проведение пространственного анализа и моделирования (например, буферизация, наложение слоёв), наглядную визуализацию в виде карт, 2D/3D моделей и интерактивных панелей, управление метаданными в соответствии с международными стандартами, обеспечение совместной работы и интеграции через API и расширения, а также моделирование и прогнозирование пространственных процессов с использованием геостатистики и методов машинного обучения [1, 2].

Типы ГИС делятся на несколько категорий:

– настольные (например, ArcGIS Pro, QGIS Desktop, GRASS GIS), которые используются на локальных компьютерах для глубокого анализа и создания карт;

– серверные (например, ArcGIS Server, GeoServer), обеспечивающие централизованное хранение и обработку данных для множества пользователей;

– веб-ГИС, предоставляющие доступ к картам и сервисам через интернет с высокой масштабируемостью и кроссплатформенностью (например, ArcGIS Online) [3];

– мобильные ГИС (например, ArcGIS Field Maps, QField), которые позволяют собирать и обновлять геоданные непосредственно в полевых условиях с использованием смартфонов и планшетов.

Архитектуры развертывания ГИС могут быть локальными, смешанными или облачными и чаще всего реализуются по клиент-серверной модели, где серверная часть (например, с использованием PostGIS) обеспечивает хранение и обработку данных, а клиенты (настольные или веб-приложения) выполняют визуализацию и запросы [4].

Среди крупных проектов распространена трёхуровневая архитектура (база данных, сервер приложений, веб/API-уровень, клиенты), при этом применяются распределённые и облачные решения с балансировкой нагрузки и отказоустойчивостью, тогда как для небольших задач возможны монолитные системы. Одновременно предъявляются строгие требования к данным: они должны быть геопривязанными, корректными по топологии и качеству, а также сопровождаться метаданными (описание, точность, дата съёмки), стандартизированными по ISO 19115 или Open Geospatial Consortium (OGC), что обеспечивает удобный поиск, контроль источников и повторное использование геопространственной информации [5].

Для более наглядного представления различий между основными типами и решениями геоинформационных систем была составлена сводная таблица (таблица 1). Это позволит сопоставить функциональные возможности, преимущества и ограничения различных подходов к реализации ГИС, а также облегчит выбор оптимального решения в зависимости от задач и условий применения.

Таблица 1 – Сравнение типов ГИС и характерных решений

Решение / тип	Функции / особенности	Преимущества	Ограничения / сценарии
Настольные (ArcGIS Pro, QGIS)	Полный набор инструментов анализа, редактирования, создания карт	Высокая точность и гибкость, офлайн-работа	Локальное применение, лицензии
Серверные (ArcGIS Server, GeoServer)	Обслуживание множества пользователей, хостинг сервисов карт и геоанализа	Централизованное управление, масштабируемость	Требуют инфраструктуры и управления
Веб-GIS (ArcGIS Online)	Доступ через браузер/мобильные клиенты	Быстрый развёртывание, кроссплатформенность, совместимость (OGC)	Зависимость от интернет/провайдера, ограниченные возможности
Мобильные (ArcGIS Field Maps)	Сбор и правка данных на местности, GPS-навигация, офлайн-кэш	Прямое взаимодействие с реальным миром, портативность	Меньший функционал по сравнению с десктопом, требует устройств
Open Source (QGIS, GRASS, PostGIS)	Сообщество расширений, полная поддержка стандартов OGC	Отсутствие платы за ПО, высокая настраиваемость	Поддержка сообществом, может требовать усилий в интеграции
Коммерческие (Esri ArcGIS, Bentley, Trimble)	Комплексные решения, техподдержка и документация, интеграция с партнёрами	Богатый функционал «из коробки», гарантии SLA	Лицензионные затраты, проприетарность

Внедряя ГИС, технически важно обеспечить совместимость форматов, предусмотреть масштабируемую архитектуру, установить системы резервирования и управления версиями данных. Для успешного использования ГИС требуется дополнительно обучить сотрудников ГИС-аналитике, назначить ответственных за качество геоданных, выстроить процессы сбора-прохождения данных, урегулировать лицензионные вопросы и вовлечь конечных пользователей (картографов, инженеров) в тестирование решений.

Дистанционное зондирование как источник геопространственных данных

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) предоставляет широкий спектр геопространственных данных, значительно расширяя возможности ГИС: ключевыми источниками информации являются спутники Земли (например, Landsat, Sentinel-2), обеспечивающие регулярный глобальный мониторинг с оптическими и радиолокационными датчиками; авиакосмические средства (БПЛА и самолёты), позволяющие получать сверхдетализированные данные (до сантиметров) для локальных задач, таких как строительство и сельское хозяйство; а также воздушное лазерное сканирование (ВЛС), формирующее высокоточные трёхмерные модели рельефа и поверхности за счёт плотных облаков точек, что делает его особенно ценным для анализа местности и инфраструктуры [6].

Основные типы данных ДЗЗ включают оптические (мультиспектральные) снимки, которые фиксируют отражение в видимом и инфракрасном диапазонах и удобны для анализа растительности и водных объектов, но зависят от погодных условий; радарные данные, работающие в микроволновом диапазоне и позволяющие вести съёмку в любое время суток и при любой погоде, хотя требуют сложной интерпретации; гиперспектральные данные, обеспечивающие высокую спектральную детализацию и позволяющие идентифицировать материалы по их «спектральным отпечаткам», но создающие большие объёмы данных; данные ВЛС, формирующие точные трёхмерные модели рельефа и объектов; а также аэрофотосъёмка, обеспечивающая высокое пространственное разрешение и детализацию, но требующая значительных ресурсов для сбора и обработки.

Процесс обработки данных ДЗЗ включает этап предобработки, в ходе которого выполняются радиометрическая и атмосферная коррекция, геопривязка и ортокоррекция (с учётом рельефа), мозаика изображений и фильтрация шумов, после чего данные интегрируются в ГИС в виде растровых слоёв; при этом точность данных зависит от типа источника. К преимуществам ДЗЗ относятся глобальный охват, регулярность съёмки и доступность данных, возможность работы в любых погодных условиях для активных сенсоров и высокая детализация при использовании БПЛА, тогда как ограничения включают высокую стоимость коммерческих данных, зависимость оптических систем от облачности, большие объёмы данных и территориальные ограничения аэрофотосъёмки и дронов.

Рекомендации по использованию ДЗЗ включают выбор источника данных в зависимости от масштаба задачи (для больших территорий – спутниковые миссии, такие как Sentinel-2 и Landsat, для детальной съёмки – БПЛА и аэрофотосъёмка), при этом предпочтение стоит отдавать открытым данным для снижения затрат. Стоит уделить внимание автоматизации предобработки и учитывать периодичность съёмок при мониторинге, а также обеспечить эффективное хранение и кэширование больших растровых массивов.

Облачные вычисления как средство хранения и обработки геопространственной информации

Облачные технологии предоставляют гибкие возможности для работы с геопространственными данными: можно использовать инфраструктуру (виртуальные серверы

и хранилища), готовые платформы для обработки данных или полностью готовые сервисы с картами и аналитикой. Крупные компании, такие как Amazon, Google и Яндекс, предлагают решения для хранения больших массивов данных, работы с геопространственными базами и выполнения вычислений. Существуют также специализированные сервисы, например Google Earth Engine или ArcGIS Online, которые позволяют анализировать спутниковые данные и создавать карты прямо через интернет (рисунок 1).

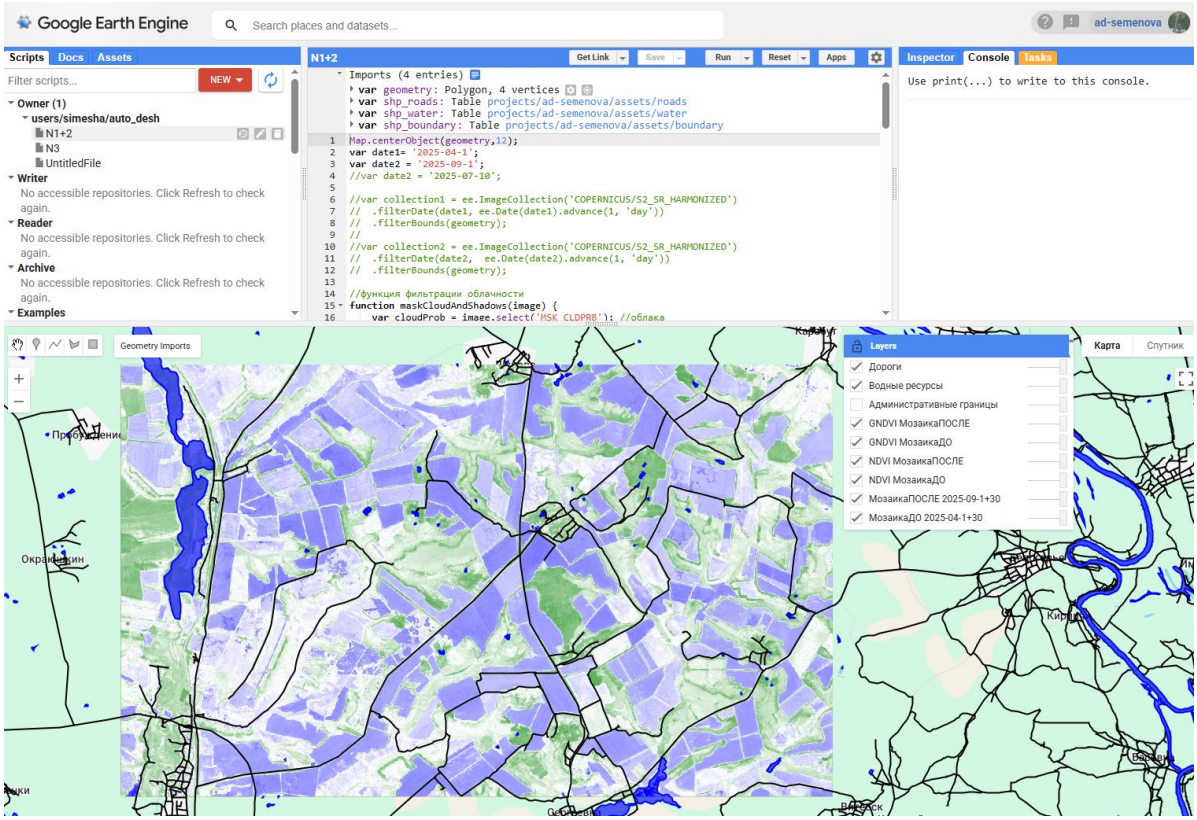


Рисунок 3 – Обработка снимков Copernicus в Google Earth Engine (Источник: Составлено автором)

Преимущества облачных решений заключаются в экономии человеческого ресурса в рамках администрирования собственного сервера и времени для его настройки, масштабируемости (ресурсы можно увеличивать по мере необходимости), высокой доступности и удобстве совместной работы – доступ к данным и картам возможен из любой точки мира без сложной установки программ. Кроме того, используется гибкая модель оплаты: платят только за фактически используемые ресурсы, что особенно важно при работе с большими объёмами геоданных [7, 8].

Однако существуют и риски: вопросы безопасности и конфиденциальности требуют строгого контроля доступа и защиты данных. Следует отметить, что в России государственные ГИС классифицируются по уровням защищённости (К1–К3). Размещение таких систем возможно в облачной инфраструктуре при условии аттестации системы и выполнения установленных требований информационной безопасности (Приказ ФСТЭК РФ N 17). Затраты могут расти при интенсивном использовании, а зависимость от конкретного поставщика услуг может усложнить переход на другую платформу. Поэтому рекомендуется использовать открытые форматы данных и продуманно планировать хранение и обработку информации.

В большинстве исследований показано, что облачные решения имеют более низкую совокупную стоимость владения за счёт отсутствия капитальных затрат, сокращения расходов на обслуживание и гибкой модели оплаты, однако при длительной и стабильной нагрузке

локальная инфраструктура может оказаться экономически выгоднее, особенно при наличии собственной команды и уже существующих ресурсов.

Заключение

Геоинформационные системы выступают основным инструментом интеграции и анализа пространственных данных, дистанционное зондирование обеспечивает их регулярное и масштабное получение, а облачные технологии создают гибкую и масштабируемую инфраструктуру для хранения и обработки информации.

Каждая из рассмотренных технологий обладает как значительными преимуществами, так и определёнными ограничениями, что требует комплексного и взвешенного подхода к их внедрению. На практике наибольшую эффективность демонстрирует их совместное использование, позволяющее повысить качество принимаемых решений, снизить затраты на инфраструктуру и обеспечить доступ к данным в режиме реального времени.

Таким образом, дальнейшее развитие систем управления геопространственной информацией связано с углублением интеграции ГИС, ДЗЗ и облачных решений, а также с внедрением новых методов анализа данных, включая технологии машинного обучения и обработки больших данных.

Список использованных источников

1. GIS LOUNGE – What is GIS – URL: *https://www.gislounge.com/what-is-gis/* – Текст : электронный.

2. Возможности QGIS // QGIS. – URL: *https://docs.qgis.org/3.44/ru/docs/about/features.html* (дата обращения: 10.04.2026). – Текст : электронный.

3. О веб-ГИС // Esri. – URL: *https://enterprise.arcgis.com/ru/server/10.8/create-web-apps/windows/about-web-gis.htm* (дата обращения: 10.04.2026). – Текст : электронный.

4. PostGIS : spatial extension for PostgreSQL : documentation. – URL: *https://access.crunchydata.com/documentation/postgis/latest/*

5. Облачные сервисы и провайдеры // Esri. – URL: *https://architecture.arcgis.com/en/framework/architecture-practices/deployment-concepts/cloud-services-and-providers.html* (дата обращения: 10.04.2026). – Текст : электронный.

6. Геоинформация: дистанционное зондирование, фотограмметрия и ГИС // Научный журнал. – URL: *https://scientific-jl.org/luch/article/view/4571* (дата обращения: 10.04.2026). – Текст : электронный.

7. Wang X., Zhao J., Zhou Y., Li J. The Geospatial Data Cloud: An Implementation of Applying Cloud Computing in Geosciences // Data Science Journal. – 2014. – Vol. 13 – P. 254-264. *https://doi.org/10.2481/dsj.14-042*

8. Zou Q, Li G, Yu W. Cloud Computing Based on Computational Characteristics for Disaster Monitoring. // Applied Sciences. – 2020. – Vol. 10(19):6676. *https://doi.org/10.3390/app10196676*

УДК 004.032.26:528

Применение Mapflow.AI при создании наборов пространственных данных

Сергеева Н.С., студент; Чечин А.В., зав. кафедрой, канд. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: nataliasergeeva4632@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Создание наборов пространственных данных традиционными методами требует трудовых и временных затрат. В статье рассматривается возможность использования сервиса Mapflow.AI для векторизации объектов по аэроснимкам. Приводится результат эксперимента по векторизации зданий, растительности и дорог на территории города Елабуга Республики Татарстан и время обработки по сравнению с ручным трудом. Описан алгоритм работы в данном сервисе: от загрузки снимков до экспорта результатов в ГИС-программы. Выявлены его достоинства и недостатки. Показано, что сервис позволяет ускорить процесс векторизации в десятки раз, сокращая дни ручной работы до нескольких часов обработки. Делается вывод о полезности использования данного сервиса для крупных картографических работ и работ по созданию наборов пространственных данных в ограниченные сроки.

Ключевые слова: нейронные сети, обнаружение объектов, глубокое обучение, дистанционное зондирование, векторизация, дешифрирование.

Научный руководитель – заведующий кафедрой геоинформатики, геодезии и кадастра ННГАСУ, канд. техн. наук, доцент Чечин Андрей Вячеславович.

Введение

Векторизация ортофотопланов, полученных с беспилотных летательных аппаратов, является важным этапом в создании и актуализации пространственных данных. Оцифровка объектов основывается на ручном труде оператора, который обводит контуры объектов на снимках. Данный метод отличается высокой точностью, но он требует больших временных затрат. При векторизации крупных населенных пунктов, процесс может затягиваться на несколько недель. Дополнительную сложность могут создать сжатые временные сроки.

В связи с этим возникает потребность в поиске альтернативных методов векторизации. Наиболее перспективным является использование нейронных сетей. Как отмечает Акинин М.В., нейросетевые методы позволяют эффективно совмещать данные аэрофотосъемки с моделями местности, что открывает возможности для автоматизации процессов дешифрирования и векторизации [1]. В качестве объекта исследования был выбран сервис Mapflow.AI, который обучен распознаванию и векторизации объектов на ортофотопланах [2].

Целью работы является проверка эффективности данного сервиса, оценка его способности сократить трудозатраты и время процесса векторизации, а также анализ пригодности для выполнения больших картографических задач.

Основная часть

Модуль Mapflow.AI от Geoalert предоставляет модели с использованием искусственного интеллекта для автоматического извлечения объектов из спутниковых снимков [3]. Для этого

необходимо загрузить изображение в формате TIFF. В настоящее время данный модуль может извлекать:

– здания
– лес
– дороги.

Был проведен анализ сервиса. Регистрация в данном сервисе простая с подтверждением почты. Сервис предоставляет пользователям бесплатную версию, которая ограничена по объему векторизации. При регистрации дается 250 кредитов – условная валюта для выполнения работ по векторизаций, лимит площади ограничен 25 км^2, можно загрузить только 1 Гб данных, дается 10 областей обработки (AOI), которые могут обрабатываться одновременно, и для обработки могут использоваться стандартные спутниковые снимки.

Достоинством данного модуля является то, что нейросеть имеет пять видов моделей для векторизации: леса и деревья, здания, дороги, совместная модель по векторизации зданий, дорог и лесов, и модель, позволяющая пользователю самому добавить модель, предварительно обученную на общедоступных наборах данных, с последующей их доработкой для конкретных задач (рис. 1) [4]. Этот подход предполагает использование моделей, Каждая модель стоит разное количество кредитов, так модель зданий и лесов стоит 8 кредитов, дороги – 5, мультимодель – 23, а загрузка своего модуля – бесплатная.

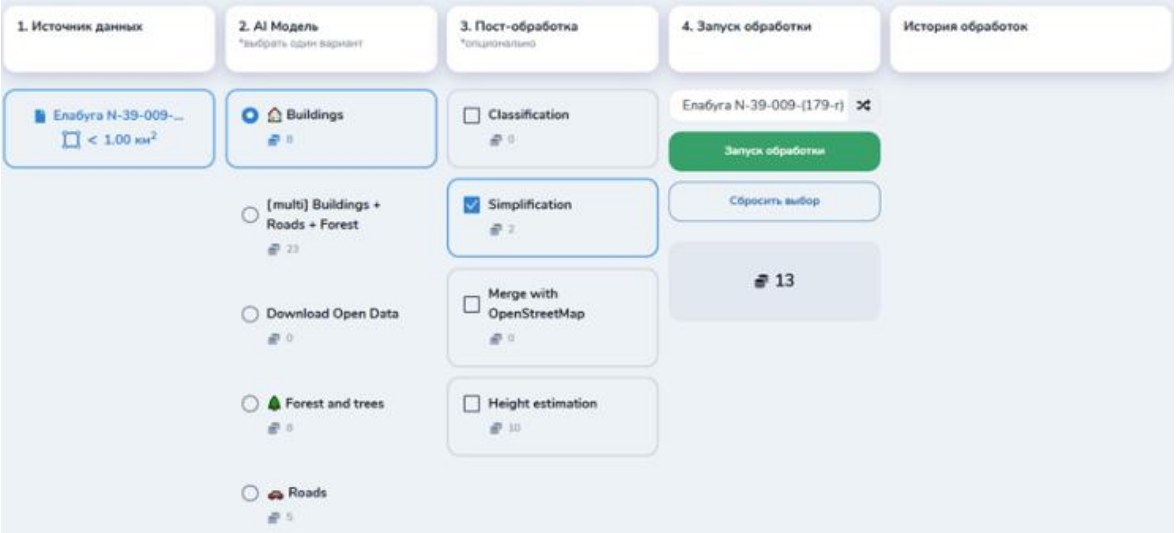


Рисунок 1 – Модели сервиса Mapflow.AI (Источник: Составлено автором)

Для работы необходимо создать проект, в котором будут храниться результаты векторизации. Необходимо задать имя проекта. В моем случае проект был назван «Елабуга». В этот проект загружались необходимые мне снимки формата TIFF с указанием их номенклатуры.

Векторизация производилась с целью использования результата в дальнейшем для создания наборов пространственных данных на часть территории города Елабуга Республики Татарстан. В связи с этим в первую очередь, был запущен процесс векторизации зданий. Для этого в качестве AI-модели была выбрана векторизация зданий («buildings»), а в качестве постобработки – («simplification»). Результат был готов менее чем за 5 минут. Данный показатель является достоинством данного сервиса.

На рисунке 2 представлен результат векторизации территории с высокой плотностью застройки.

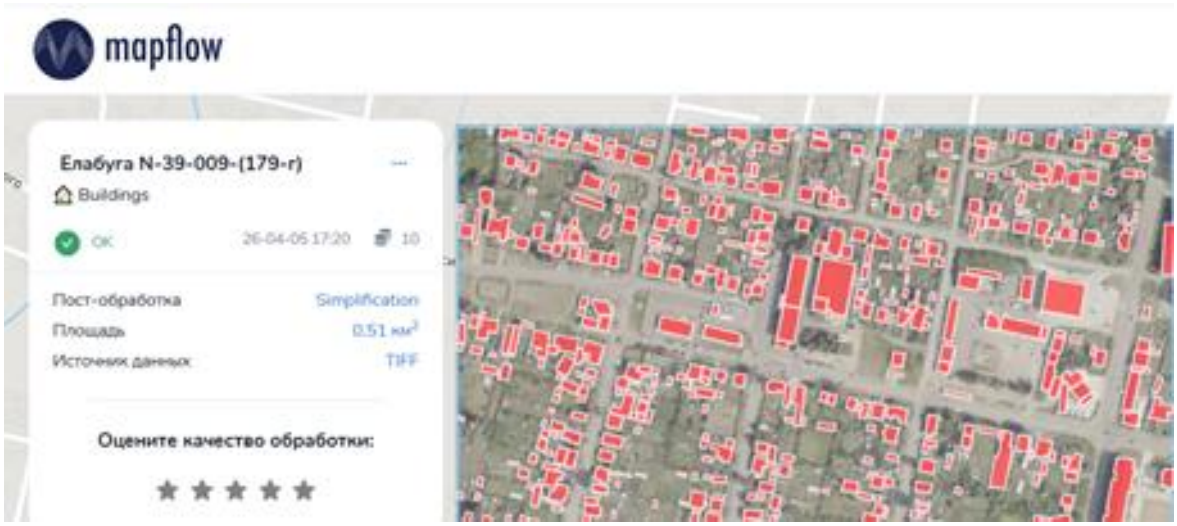


Рисунок 2 – Результат векторизации зданий при помощи сервиса Mapflow.AI
(Источник: Составлено автором)

Анализируя результат работы, были выявлены недостатки:
– неправильная форма у некоторых зданий;
– тени от крупных строений векторизуются как отдельные строения;
– близко расположенные объекты сливаются в один объект;
– козырьки зданий могут отображаться отдельным строением.

В автореферате диссертации Емельянова А.В. отмечается, что применение методов машинного обучения для дешифрирования аэроснимков требует дополнительной постобработки контуров, особенно в условиях плотной застройки [5].

Далее проводилась векторизация дорог. Был загружен тот же ортофотоплан, что и для векторизации зданий. В качестве AI-модели были выбраны дороги («roads»).

Векторизация дорог производилась намного быстрее, чем зданий. Результат приведен на рисунке 3.

Рисунок 3 – Результат векторизации дорог при помощи сервиса Mapflow.AI
(Источник: Составлено автором)

Рассмотрев результат, видно, что нейросеть увидела все дороги, что является ее достоинством. К сожалению, она не может классифицировать дороги на грунтовые и полевые,

что является ее недостатком. Еще одним недостатком является то, что линия состоит из отрезков, а не представляет собой целую линию.

Далее проводилась векторизация лесов на ортофотоплане. Загрузив растр и выбрав AI-модель лесов («forest»), была предложена постобработка, которая давала выбор построить:

– полигональные объекты лесов;

– точечные объекты деревьев;

– полигональные объекты лесов, классифицируя их по высоте от 4 до 10 метров и более.

В итоге было выбрано построение полигональных объектов лесов. Результат векторизации представлен на рисунке 4.

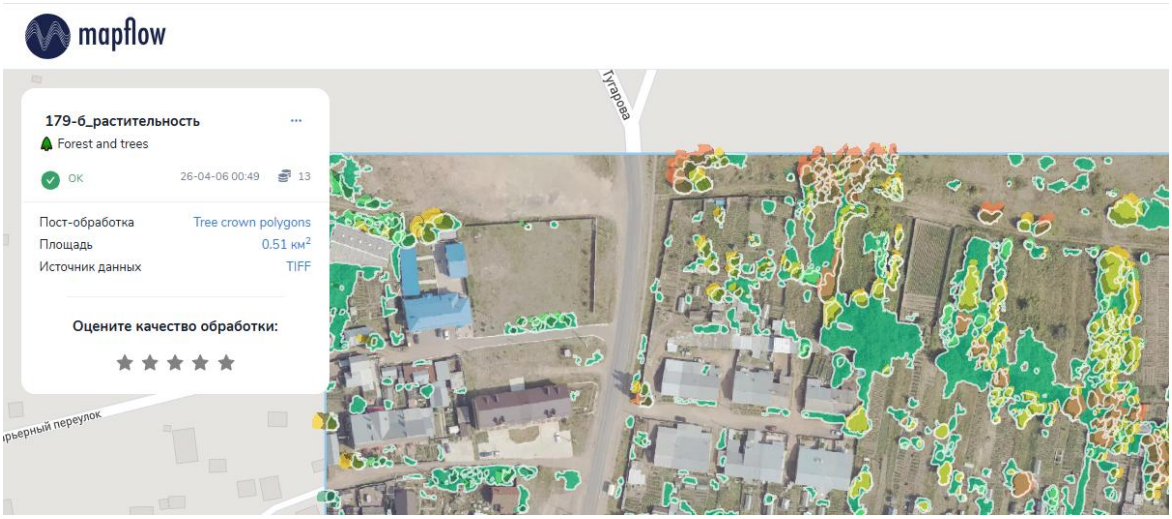


Рисунок 4 – Результат векторизации лесов при помощи сервиса Mapflow.AI
(Источник: Составлено автором)

Проанализировав результат, можно сказать что нейросеть распознает любую растительность. Нажав на полигоны разных цветов, становится понятным, что была проведена классификация по высоте деревьев, где красным обозначены самые высокие, а желтым – самые низкие. Помимо этого, был выявлен и недостаток: нейросеть отмечает газон как лес.

Для исследования была использована бесплатная версия сервиса, поэтому прямой экспорт в другие ГИС-системы не предусмотрен. Стоит отметить, что данный сервис используется в ГИС-программе QGIS как модуль, поэтому результаты векторизации можно просмотреть в программе и уже оттуда путем копирования в слои формата Shapefile экспортировать в другие ГИС-программы, например, Панорама ГИС-карта для дальнейшей работы по созданию наборов пространственных данных.

Заключение

Проведенное исследование показало, что использование сервиса Mapflow.AI значительно упрощает работу оператора по векторизации. Данная нейросеть хорошо определяет здания, растительность и дороги, но при этом имеет существенные недостатки, которые в дальнейшем должны исправляться вручную.

В случаях, когда необходима векторизация крупных населенных пунктов, сервис стоит рассматривать в качестве помощника, но не в качестве полноценного оператора, который сможет с высокой точностью произвести векторизацию. С данной точки зрения, сервис требует доработки, так как высокая плотность застройки, тени, растительность приводят нейросеть к ошибкам.

Список использованных источников

1. Акинин, М. В. Нейросетевой метод оперативного совмещения данных аэрофотосъемки и виртуальной модели местности / М. В. Акинин, А. В. Соколова, М. Б. Никифоров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. – № 9-1. – С. 106-114. *https://elibrary.ru/teurtf*

1. Mapflow.AI. Get maps from pixels [Электронный ресурс]. – URL: *https://Mapflow.ai/* (дата обращения: 06.04.2026)

2. Geoalert Аналитическая и картографическая платформа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: *https://geoalert.io/solutions/power* (дата обращения: 06.04.2026).

3. Зарипова Д.Н. Применение свёрточных нейронных сетей для детекции объектов на аэроснимках / Зарипова Д.Н., Шлеймович М.П. // // Вестник науки. – 2025. – Т. 2, № 5(86). – С. 808-815. *https://elibrary.ru/tapabc*

4. Емельянов А. В. Дешифрирование и векторизация аэро– и космофотоснимков методами машинного обучения для обновления геопространственной информации : автореферат дис. … кандидата технических наук : 1.2.1 / Емельянов Антон Владимирович ; Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет). – Долгопрудный, 2025. – 27 с.

УДК 528.541

Анализ точности неравноточных измерений превышений цифровым нивелиром EFT L-0.7

*Филимонова А.А. *, студент; Умбетова Ж.Д., студент; Петрова Л.Г., старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: a.filimonova@sibstrin.ru
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального исследования неравноточных измерений превышений, выполненных с применением цифрового нивелира EFT L-0.7 и кодовых реек. Измерения одного и того же превышения производились в учебной аудитории способом из середины различным числом приемов: 12, 6, 3, 9, 6 и 15. Проведена математическая обработка полученных результатов неравноточных измерений. Определено вероятнейшее значение превышения. Выполнена оценка точности результатов неравноточных измерений: вычислены средняя квадратическая ошибка единицы веса, средняя квадратическая ошибка общей арифметической середины, а также средние квадратические ошибки этих величин. Полученные значения сопоставлены с паспортными данными прибора. Сделаны выводы о соответствии точности прибора заявленным характеристикам и возможности его использования при выполнении геодезических работ.

Ключевые слова: цифровой нивелир, превышение, неравноточные измерения, математическая обработка, вес измерений, оценка точности, средняя квадратическая ошибка, геодезические работы.

Введение

В современной геодезической практике все большее распространение получают цифровые средства измерений. Например, цифровые нивелиры, которые благодаря высокой автоматизации процесса измерений и возможности цифровой обработки данных, позволяют существенно повысить производительность труда и точность получаемых результатов. Одним из таких приборов является цифровой нивелир EFT L-0.7, сочетающий в себе легкость, высокую точность и интуитивно понятный интерфейс.

В реальных условиях геодезические работы часто сопровождаются выполнением измерений с различной точностью. Такие измерения называют неравноточными, так как они могут быть выполнены, например, различным числом приемов, применением разных приборов, неодинаковыми условиями окружающей среды или различиями в квалификации исполнителей. Корректная математическая обработка ряда неравноточных измерений позволяет получить наиболее надежные значения определяемых величин и дать объективную оценку точности выполненных работ.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оценки точности результатов неравноточных измерений, выполненных современными цифровыми нивелирами, что имеет практическое значение для обоснования возможности применения этих приборов при выполнении геодезических работ различной сложности.

Цель работы – исследовать неравноточные измерения превышений, выполненные несколько раз различным числом приемов с помощью цифрового нивелира EFT L-0.7 и последующую оценку точности полученных результатов.

Задачи исследования:

1) выполнить измерения одного и того же превышения способом из середины различным числом приемов (12, 6, 3, 9, 6, 15 приемами) с помощью цифрового нивелира EFT L-0.7;

2) произвести математическую обработку полученных результатов измерений;

3) выполнить оценку точности и сравнить полученные результаты с паспортными данными прибора.

Основная часть

Для проведения экспериментальных исследований использовался цифровой нивелир EFT L-0.7 с комплектом нивелирных реек со штрих-кодовыми шкалами. В учебной аудитории было измерено поочередно одно и то же превышение между двумя точками способом из середины [1, 2] двенадцатью, шестью, тремя, девятью, шестью и пятнадцатью приемами.

Методика измерений превышения одним приемом заключалась в следующем. Зрительную трубу нивелира, приведенного в рабочее положение, поочередно наводили на рейки, установленные на первой и второй точках (первое расположение реек), и брали соответствующие отсчеты. Далее, поменяв рейки местами (второе расположение реек), наведение на рейки и взятие отсчетов производили в обратном порядке. Вычислив превышения при первом и втором расположении пары реек, находили среднее значение превышения в одном приеме. Вычисления выполняли по формулам (1–3).

$$h_1 = a_1 - b_1, \quad (1)$$

$$h_2 = a_2 - b_2, \quad (2)$$

$$h_{\text{ср}} = 0{,}5 \cdot (h_1 + h_2), \quad (3)$$

где a_1, a_2 – отсчеты на первой точке при первом и втором расположении реек; b_1, b_2 – отсчеты на второй точке при первом и втором расположении реек.

Результаты неравноточных измерений одного и того же превышения представлены в табл. 1. В последней колонке этой таблицы указаны средние значения превышений не одного приема, а нескольких приемов.

Таблица 1 – Результаты неравноточных измерений

№ измерения	Число приемов, n_i	Среднее превышение, x_i, мм
1	12	-626,7
2	6	-626,4
3	3	-626,6
4	9	-626,7
5	6	-627,5
6	15	-627,5

Математическую обработку результатов неравноточных измерений [4, 5], представленную в табл. 2., выполняют в следующем порядке.

Таблица 2 – Математическая обработка результатов неравноточных измерений

№ измерения	x_i, мм	n_i	p_i	ε_i, мм	$p_i \cdot \varepsilon_i$, мм	$p_i \cdot \varepsilon_i^2$, мм^2	v_i, мм	$p_i \cdot v_i$, мм	$p_i \cdot v_i^2$, мм^2
1	-626,7	12	4	+0,8	+3,2	2,56	+0,3	+1,2	0,36
2	-626,4	6	2	+1,1	+2,2	2,42	+0,6	+1,2	0,72
3	-626,6	3	1	+0,9	+0,9	0,81	+0,4	+0,4	0,16
4	-626,7	9	3	+0,8	+2,4	1,92	+0,3	+0,9	0,27
5	-627,5	6	2	0,0	0,0	0,00	–0,5	–1,0	0,50
6	-627,5	15	5	0,0	0,0	0,00	–0,5	–2,5	1,25
x′= -627,5			∑ = 17		∑ = 8,7	∑ = 7,71		∑ = +0,2	∑ = 3,26

Сначала из ряда неравноточных измерений выбирают приближенное значение x'. Обычно берут наименьшее значение, в нашем случае равное –627,5 мм. Так как число приемов n_i кратно 3, то веса измерений p_i для удобства уменьшают в три раза. Затем определяют разности ε_i между каждым измерением x_i и приближенным значением x', а также произведения $p_i \cdot \varepsilon_i$ и $p_i \cdot \varepsilon_i^2$. Посчитав сумму весов $[p]$ и сумму произведений весов и разностей между каждым измерением и приближенным значением $[p\varepsilon]$, находят общую арифметическую середину (вероятнейшее значение превышения) по формуле (4).

$$\bar{x} = x' + \frac{[p\varepsilon]}{[p]} = -627{,}5 + \frac{8{,}7}{17} = -626{,}99 \text{ мм}. \quad (4)$$

При вычислениях обычно используют округленное значение общей арифметической середины $\bar{x}_{\text{окр}} = -627{,}0$ мм. Ошибка при округлении $\Delta_{\text{окр}}$ определяется по формуле (5).

$$\Delta_{\text{окр}} = \bar{x}_{\text{окр}} - \bar{x} = -0{,}01 \text{ мм}. \quad (5)$$

Далее находят разности v_i между каждым измерением x_i и округленным значением общей арифметической середины $\bar{x}_{\text{окр}}$, а также произведения $p_i \cdot v_i$ и $p_i \cdot v_i^2$. После этого выполняют два контроля. Первый контроль по формуле (6), а второй – по формуле (7).

$$[pv] = -\Delta_{\text{окр}} \cdot [p] = -(-0{,}01) \cdot 17 = +0{,}2, \quad (6)$$

где $[pv]$ – сумма произведений весов и разностей между каждым измерением и округленным значением общей арифметической середины; $[p]$ – сумма весов.

$$[pv^2] = [p\varepsilon^2] - \frac{[p\varepsilon]^2}{[p]} = 7{,}71 - \frac{8{,}7^2}{17} = 3{,}26, \quad (7)$$

где $[pv^2]$ – сумма произведений весов и квадратов разностей между каждым измерением и округленным значением общей арифметической середины; $[p\varepsilon^2]$ – сумма произведений весов и квадратов разностей между каждым измерением и приближенным значением; $[p\varepsilon]^2$ – квадрат суммы произведений весов и разностей между каждым измерением и приближенным значением.

Первый и второй контроли выполняются, так как левая и правая части выражений (6, 7) равны.

Для оценки точности результатов измерений вычисляют средние квадратические ошибки.

Средняя квадратическая ошибка единицы веса находится по формуле (8).

$$\mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{3{,}26}{6-1}} = 0{,}8 \text{ мм}, \quad (8)$$

где n – число измерений.

Средняя квадратическая ошибка общей арифметической середины определяется по формуле (9).

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{[p]}} = \frac{0{,}8}{\sqrt{17}} = 0{,}2 \text{ мм}. \quad (9)$$

Так как средние квадратические ошибки также являются случайными величинами. Следовательно, для них тоже можно найти средние квадратические ошибки (ошибки ошибок) по формулам (10, 11).

$$m_\mu = \frac{\mu}{\sqrt{2(n-1)}} = \frac{0{,}8}{\sqrt{10}} = 0{,}3 \text{ мм}, \quad (10)$$

$$m_M = \frac{m_\mu}{\sqrt{[p]}} = \frac{0{,}3}{\sqrt{17}} = 0{,}1 \text{ мм}. \quad (11)$$

Полученное значение средней квадратической ошибки единицы веса μ = 0,8 мм характеризует точность измерения, выполненного с весом, равным единице (в данном эксперименте – тремя приемами). Паспортная точность цифрового нивелира EFT L-0.7 составляет 0,7 мм на 1 км двойного нивелирного хода [3]. Полученное значение хорошо согласуется с заявленными техническими характеристиками. Незначительное расхождение (0,1 мм) может указывать на наличие ошибок при измерении, что повлияло на точность исследования. Средняя квадратическая ошибка вероятнейшего значения превышения M = 0,2 мм свидетельствует о высокой надежности полученного результата.

Заключение

В ходе проведенного исследования были решены поставленные задачи:

1) выполнены неравноточные измерения одного и того же превышения с помощью цифрового нивелира EFT L-0.7, различным числом приемов (3,6,9,12,15 приемов);

2) произведена математическая обработка полученных результатов и определено вероятнейшее значение превышения –627,0 мм;

3) выполнена оценка точности измерений: средняя квадратическая ошибка единицы веса μ = 0,8 мм, средняя квадратическая ошибка общей арифметической середины M = 0,2 мм.

Полученные результаты подтверждают, что точность измерений цифровым нивелиром EFT L-0.7 соответствует паспортным данным. Прибор может быть рекомендован для выполнения геодезических работ, требующих высокой точности высотных определений.

Данная методика обработки неравноточных измерений позволяет объективно оценивать точность результатов при различной организации измерений и может быть использована в учебном процессе и производственной деятельности.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения полученных результатов для обоснования выбора методики измерений при выполнении геодезических работ с использованием цифровых нивелиров.

Список использованных источников

1. Подшивалов, В. П., Нестеренок, В. Ф., Нестеренок, М. С., Позняк, А. С. Геодезия в строительстве: учебник. – Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. – 395 с.

2. Кравченко, Ю. А. Геодезия : учебник / Ю.А. Кравченко. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 344 с.

3. Цифровой нивелир EFT L-0.7. – URL: *https://novosibirsk.eftgroup.ru/catalog/niveliry/tsifrovye_niveliry/tsifrovoy_nivelir_eft_l_0_7/* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

4. Голубев, В. В. Теория математической обработки геодезических измерений : учебник / В. В. Голубев. – Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 424 с.

5. Беликов, А. Б. Математическая обработка результатов геодезических измерений : учебное пособие / А. Б. Беликов, В. В. Симонян. – Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. – 432 с.

УДК 364.122.5

Анализ территорий населенных пунктов Ветлужского муниципального округа Нижегородской области

Чистякова П.П., студент*

* Ответственный за переписку: polina_chistiakova@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена проблеме ежегодной убыли населения Ветлужского муниципального округа Нижегородской области, которая за период с 2015 по 2025 год составила 18,59%. Актуальность исследования обусловлена расхождением между официальными статистическими данными и реальным положением дел: многие населённые пункты юридически считаются существующими, но фактически опустели, что приводит к неэффективному расходованию бюджетных средств и утрате культурного наследия. В работе проанализированы ключевые причины депопуляции: миграционный отток молодёжи, естественная убыль, отсутствие рабочих мест, слабое развитие инфраструктуры и транспортная труднодоступность округа. Предложен комплекс практических мер, включающий развитие туризма на базе природных и исторических ресурсов, поддержку малого бизнеса и лесопереработки, привлечение молодых специалистов, модернизацию дорог и коммуникаций. Реализация данных рекомендаций позволит замедлить отток жителей, сохранить населённые пункты и повысить эффективность территориального планирования.

Ключевые слова: Ветлужский муниципальный округ, населённые пункты, сельское расселение, динамика численности населения, урбанизация.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры геоинформатики, геодезии и кадастра ННГАСУ Шерснева Наталья Николаевна.

Благодарности. Выражаю благодарность научному руководителю старшему преподавателю Шерсневой Наталье Николаевне.

Введение

Наиболее актуальной проблемой для Ветлужского муниципального округа Нижегородской области является ежегодная убыль населения, ведущая к исчезновению населённых пунктов и запустению земель. Это приводит к потере культурного и исторического наследия.

Кроме того, многие населённые пункты официально считаются существующими, но на самом деле являются нежилыми. Методы статистического и административного учёта не успевают за скоростью этих изменений, что приводит к искажению данных в документах территориального планирования и неэффективному расходованию бюджетных средств. В связи с этим возникает необходимость проведения анализа территорий населённых пунктов Ветлужского муниципального округа для выявления и поиска решений данной проблемы.

Основная часть

Ветлужский муниципальный округ расположен на севере Нижегородской области и занимает площадь – 2992,37 квадратных километра. На востоке, юго-востоке и юго-западе Ветлужский округ граничит соответственно с Шахунским, Уренским и Варнавинским округами Нижегородской области, а на северо-востоке, севере, северо-западе и западе – с Поназыревским, Шарьинским, Мантуровским и Макарьевским округами Костромской области [1].

Большая часть территории Ветлужского муниципального округа занята лесами, которые составляют 71,52 % от общей площади. Климат влажный континентальный [2].

Общая численность населения округа на 2025 год составляет 12 359 человек, из которых городским населением являются 9097 человек, сельским – 3262 человека [3].

В состав округа входят 138 населённых пунктов, которые распределены по трём типам:

1) Городские поселения: административный центр округа – город Ветлуга;

2) Поселок городского типа: рабочий поселок городского типа имени М. И. Калинина;

3) Сельские поселения.

Схема расселения Ветлужского муниципального округа представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Схема расселения (Источник: Составлено автором)

Управление сельским поселением осуществляется через 7 территориальных отдела, которые пришли на смену бывшим сельским администрациям.

Распределение населённых пунктов по территориальным отделам выглядит следующим образом:

1) Макарьевский территориальный отдел – самый крупный по количеству населенных пунктов, объединяет 40 деревень и сел;

2) Волыновский территориальный отдел – управляет 27 населенными пунктами;

3) Мошкинский территориальный отдел – включает 21 населенный пункт;

4) Крутцовский территориальный отдел – состоит из 16 населенных пунктов;

5) Туранский территориальный отдел – объединяет 14 населенных пунктов;

6) Проновский территориальный отдел – включает 11 населенных пунктов;

7) Новоуспенский территориальный отдел – самый компактный, состоит из 7 населенных пунктов.

Основная часть населения сосредоточена в городе Ветлуга и составляет 7467 человек, что является 60% от всей численности населения округа. Это свидетельствует о высокой степени урбанизации и централизации социальной и экономической жизни вокруг города.

Тем не менее, несмотря на это, количество жителей в округе с каждым годом стабильно становится меньше на 2-3 %. Если в 2015 году население Ветлужского округа насчитывало 15 182 человека, то к 2025 году оно уменьшилось на 18,59%.

В соответствии с современной динамикой трансформации сети поселений региона муниципальные образования группируются, в зависимости от интенсивности деградации, следующим образом:

1) стабильные и растущие муниципальные районы/городские округа;

2) деградирующие муниципальные районы/городские округа, которые подразделяются, в зависимости от степени интенсивности на:

а) умеренно деградирующие, если потеря составила от 1 до 10% сельских населённых пунктов;

б) средне деградирующие с долей исчезнувших селений от 10 до 20%;

в) сильно деградирующие с долей исчезнувших сельских населённых пунктов более 20% [4].

На основании чего Ветлужский муниципальный округ является средне деградирующим.

Можно выделить несколько основных причин, вызывающих ежегодную убыль населения:

1) Миграционный отток

Молодые люди часто уезжают в крупные города такие как Нижний Новгород и Москва в поисках образования, работы и более высокого уровня жизни.

2) Естественная убыль

Миграционный отток наиболее активной и репродуктивно способной группы населения приводит к увеличению среднего возраста населения, что усиливает демографический кризис. В подтверждение служат данные статистики на 2023 год, где смертность в 2,25 раза превышает рождаемость.

3) Социально-экономические факторы:

а) Нехватка рабочих мест и низкий уровень заработной платы являются основными причинами, по которым люди покидают Ветлужский муниципальный округ;

б) Отсутствие крупного бизнеса;

в) Ограниченный доступ к качественным медицинским и образовательным услугам;

г) Слабое развитие жилищного строительства.

4) Инфраструктурные факторы

Ветлужский муниципальный округ один из самых труднодоступных округов Нижегородской области, который находится на расстоянии 250 км. от областного центра. Нет железной дороги. Ближайшая станция находится в Уренском районе – город Урень. Многие автомобильные дороги в плохом состоянии. Также отсутствуют современные коммуникации.

Для предотвращения дальнейшей убыли населения в Ветлужском муниципальном округе требуется разработать и применить комплексный подход. Могут помочь следующие рекомендации и мероприятия:

1) Использование природных и исторических ресурсов округа для развития туризма может создать новые рабочие места и привлечь инвестиции;

2) Поддержка ЛПХ и сельхозкооперации;

3) Поддержка лесоперерабатывающих предприятий;

4) Стимулирование малого бизнеса;

5) Грантовая поддержка молодых предпринимателей;

6) Сохранение образовательных учреждений;

7) Развитие здравоохранения;

8) Поддержка культурных учреждений;

9) Программы привлечения молодых специалистов в сельскую местность (возможно предоставление жилья с условием проживания несколько лет);

10) Модернизация коммунальной инфраструктуры;

11) Развитие дорожной сети;

11) Цифровизация (создание коворкингов);

12) Строительство нового жилья

Подходы к решению проблем сельской местности в общем и сельского расселения в частности необходимо вырабатывать индивидуально, учитывая местные особенности, обеспечивающие хозяйственную деятельность человека: экономико-географическое положение, агроклиматические условия, динамику и структуру сельского населения, людность и плотность поселений, местные трудовые навыки населения. Некоторые исследователи уже отмечают, что планы социально-экономического развития региона «должны включать Модельные программы развития сельской местности» [5]. Именно разработка и воплощение в жизнь Модельных программ позволит достичь лучшего результата по сохранению и возрождению села, оптимизации сети поселений и в целом подойти к преодолению проблем социально-экономического развития сельской местности с «ювелирной» точностью [6].

Заключение

Таким образом, Ветлужский муниципальный округ Нижегородской области сталкивается с серьёзной проблемой – ежегодной убылью населения. За десять лет (с 2015 по 2025 год) численность жителей сократилась на 18,59%, многие деревни фактически опустели, а официальная статистика не отражает реального положения дел. Это приводит к неэффективному расходованию бюджетных средств и потере культурного наследия.

Основные причины кризиса – отток молодёжи, низкая рождаемость (смертность превышает её в 2,25 раза), отсутствие рабочих мест и плохая инфраструктура.

Для исправления ситуации необходим комплексный подход: развитие туризма, поддержка местного бизнеса, а также сельского и лесного хозяйства, привлечение молодых специалистов, ремонт дорог и строительство жилья. Реализация этих мер позволит замедлить убыль населения и сохранить округ.

Список использованных источников

1. Администрация Ветлужского муниципального округа Нижегородской области : официальный сайт. – URL: *https://vetluga.nobl.ru/* (дата обращения: 07.04.2026). – Текст : электронный.

2. Погода в Ветлужском районе (Нижегородская область) за год : архив погоды. – URL: *https://goodmeteo.ru/pogoda-vetluzhskiy-nizhegorodskaya/god/* (дата обращения: 07.04.2026). – Текст : электронный.

3. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Нижегородской области : официальный сайт. – URL: *https://52.rosstat.gov.ru/* (дата обращения: 08.04.2026). – Текст : электронный.

4. Валяев, И. А. Пространственный анализ поляризации системы сельских населенных пунктов нечерноземной зоны России / П. М. Полян // Региональные исследования. – 2016. – № 1. – С. 45-57.

5. Широкалова, Г. С. Реалии российской деревни / Г. С. Широкалова, М. В. Зинякова // Социологические исследования. – 2006. – № 7. – С. 70-78.

6. Вознесенская, А. Г. Особенности сельского расселения Нижегородской области на локальном уровне исследования (на примере Ковернинского и Лукояновского районов) / А. Г. Вознесенская, И. А. Валяев // Вестник Мининского университета. – 2013. – № 2. – С. 7-8. – URL: *http://www.mininuniver.ru/scientific/scientific_activities/vestnik* (дата обращения: 08.04.2026). – Текст : электронный.

УДК 528.9

Разработка веб-карты разрушенных церквей Нижегородской области

Широкова Е.В., студент; Сорокин К.Д., ассистент кафедры геоинформатики, геодезии и кадастра*

* Ответственный за переписку: iamkirillsorokin@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена разработке веб-карты разрушенных деревянных храмов Нижегородской области как инструмента сохранения культурного наследия. Актуальность исследования обусловлена необходимостью систематизации разрозненных архивных данных и их интеграции в единое геоинформационное пространство. Объектом исследования выступили 75 храмов XVIII-XX веков. Разработка включает верификацию геоданных, анализ кадастровых данных и программную реализацию на базе HTML, JavaScript и формата JSON. Разработанный прототип обеспечивает семантическую визуализацию объектов, кластеризацию точек и интерактивный доступ к атрибутивной информации. Результаты анализа выявили проблемы кадастрового учета. У 72% объектов отсутствуют координаты границ или зафиксировано некорректное назначение земель. Созданная система служит эффективным инструментом для научного анализа, охраны наследия и просветительской деятельности, трансформируя фрагментарные сведения в структурированный общедоступный ресурс.

Благодарности. Авторы выражают благодарность доценту кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования, канд. архитектуры, Зайцеву Алексею Александровичу.

Ключевые слова: веб-картография, объекты культурного наследия, разрушенные храмы, деревянное зодчество, визуализация пространственных данных, API Яндекс Карты, HTML, JavaScript

В условиях стремительной цифровизации общества и развития геоинформационных технологий методы сохранения объектов культурного наследия претерпевают фундаментальные изменения. Для Нижегородской области, обладающей уникальным, но уязвимым фондом деревянного зодчества, проблема утраты исторических объектов стоит особенно остро. Традиционные формы фиксации состояния памятников архитектуры, в частности разрушенных деревянных храмов ограничены фрагментарностью архивных данных [1].

Проблема исследования заключается в отсутствии подходов создания информационных систем, адаптированных для разрушенных деревянных храмов, существующих в виде руин, разрозненных архивных справок, исторических фотографии и реестровых записей без точных координат. Теоретическая значимость работы состоит в разработке подхода, совмещающего исторические, кадастровые и любительские данные с современными веб-картографическими технологиями. Практическая значимость обусловлена созданием инструмента, позволяющего не только зафиксировать факт утраты, но и объединить геоданные, архивные снимки и исторические справки в единую систему для научного анализа, визуализации, охраны наследия и просвещения.

Целью исследования является разработка веб-карты разрушенных церквей Нижегородской области с применением API Яндекс Карты для систематизации и визуализации утраченного наследия. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Систематизировать данные о 75 разрушенных храмах Нижегородской области.
2. Провести верификацию геоданных путем сопоставления архивных материалов с актуальной картографической подложкой.
3. Разработать программный интерфейс на базе HTML и JavaScript для интерактивной визуализации данных.
4. Оценить полноту и точность полученного продукта, включая анализ кадастрового статуса объектов.

Интеграция архивных данных в единую веб-среду с использованием семантической визуализации позволит создать инструмент для туризма, культурного просвещения, анализа и мониторинга территорий потенциальной охраны.

Веб-картография, основанная на использовании картографических API-сервисов, предоставляет инструментарий для создания интерактивных сред, доступных широкому кругу пользователей без установки специализированного программного обеспечения.

Анализ отечественной и зарубежной литературы показывает наличие опыта в создании веб-карт объектов культурного наследия. В работе С.С. Янкелевича описана технология создания веб-ГИС на примере Новосибирской области, где акцент сделан на дешифрировании космических снимков для привязки координат существующих объектов и использовании открытых картографических основ [2]. Зарубежный опыт демонстрирует эффективность мультимедийного подхода, объединяющего ортофотопланы разных лет, 3D-анимацию и даже аудио-сопровождение [3].

Теоретическим обоснованием данного исследования служит концепция перехода от статичного архивирования к динамическому геопространственному моделированию. Использование клиент-серверной архитектуры с выносом логики визуализации на сторону клиента (браузера) позволяет обеспечить доступность ресурса без установки специализированного программного обеспечения, что соответствует современным трендам развития веб-картографии [4].

Объектом исследования выступила выборка из 75 объектов из каталога разрушенных деревянный церквей Нижегородской области, выполненного в рамках совещания об итогах совместной работы по консервации и восстановлению разрушенных храмов на территории Нижегородской области и о планах на 2025-2027 гг. под председательством Губернатора Нижегородской области Г.С. Никитина от 1 апреля 2025 г. № Сл-001-337143/25. Хронологический анализ дат постройки выявил три основных этапа храмостроительства в регионе. Наиболее ранние объекты относятся к XVIII веку (24%), пик строительства произошел в XIX веке (57,3%) и завершающий этап охватывает начало XX века (16%). Географическое распределение объектов неравномерно и демонстрирует высокую концентрацию утраченного наследия в отдельных муниципальных образованиях, в том числе Ковернинский и Починковский муниципальный округ (8 и 5 объектов соответственно).

Кроме того, был проведен анализ кадастровых данных исследуемых объектов. Основной проблемой является низкая степень кадастровой информации. У 72% объектов отсутствуют одновременно кадастровые номера земельных участков и зданий. Ряд учтенных объектов не имеют координат границ или зарегистрированы с некорректным видом разрешенного использования (в т.ч. «образовательное назначение», «дом культуры»), что искажает их функциональную принадлежность. Динамика постановки на учет свидетельствует об активизации процесса с 2021 года. Данные обстоятельства подчеркивают острую необходимость проведения комплексной инвентаризации и актуализации пространственных данных не только для формирования достоверной основы веб-карты, но и для отражения их реального правового статуса.

Разработка выполнена с использованием технологий HTML5, CSS3 и JavaScript (Рисунок 1). Выбран формат хранения данных JSON, содержащего координаты и характеристики 75 объектов деревянного зодчества. Несмотря на текстовую структуру и необходимость ручного редактирования при обновлении данных, формат обеспечивает высокую скорость загрузки для малых объемов данных и возможность хранения различных атрибутов внутри одного файла. Также реализуется метод уникальной символизации по полю «condition», что позволяет автоматически присваивать маркерам различные цветовые схемы. Объекты, имеющие признаки полной утраты визуализируются маркерами красного цвета, тогда как аварийные имеют желтую окраску, а объекты не в аварийном состоянии сохраняют зеленую расцветку. Такой подход обеспечивает первичную визуальную фильтрацию и позволяет исследователю мгновенно оценивать пространственную концентрацию наследия без необходимости детального запроса данных каждого объекта [5].

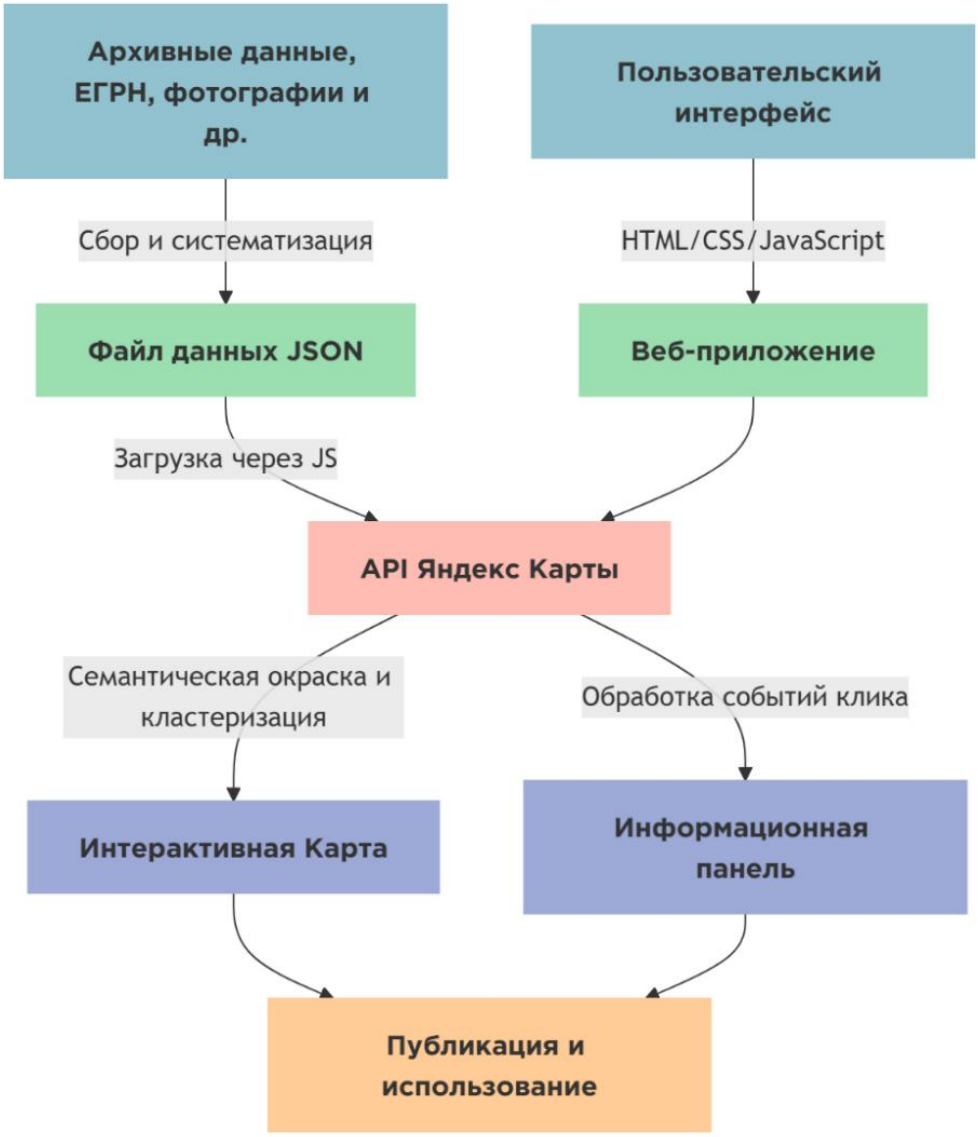


Рисунок 1 – Схема разработки веб-карты (Источник: Составлено автором)

Для обеспечения высокой производительности при отображении плотных скоплений объектов используется механизм автоматической кластеризации. Алгоритм группирует близкорасположенные маркеры в агрегированные узлы при малых масштабах обзора,

предотвращая перекрытия и повышая читаемость карты. Система также поддерживает функцию автоматического экстентирования, вычисляющего ограничивающий прямоугольник и корректирующую начальный масштаб карты для оптимального охвата исследуемой территории Нижегородской области.

Результатом исследования стал функционирующий прототип веб-карты (Рисунок 2), реализующий принцип двухоконного интерфейса с интерактивной картой и информационной панелью. Несоответствие данных и их отсутствие подчеркивает необходимость комплексной инвентаризации объектов деревянного зодчества. Выбор формата JSON и API Яндекс.Карты оказался оптимальным для поставленных задач. Для выборки в 75 объектов, такой набор обеспечил мгновенную загрузку без использования сложных серверных решений или статичных форматов, по типу KML. Внедрение тематической окраски по состоянию объекта позволило реализовать функцию первичной фильтрации, что значительно ускоряет работу исследователя по сравнению с табличными реестрами.

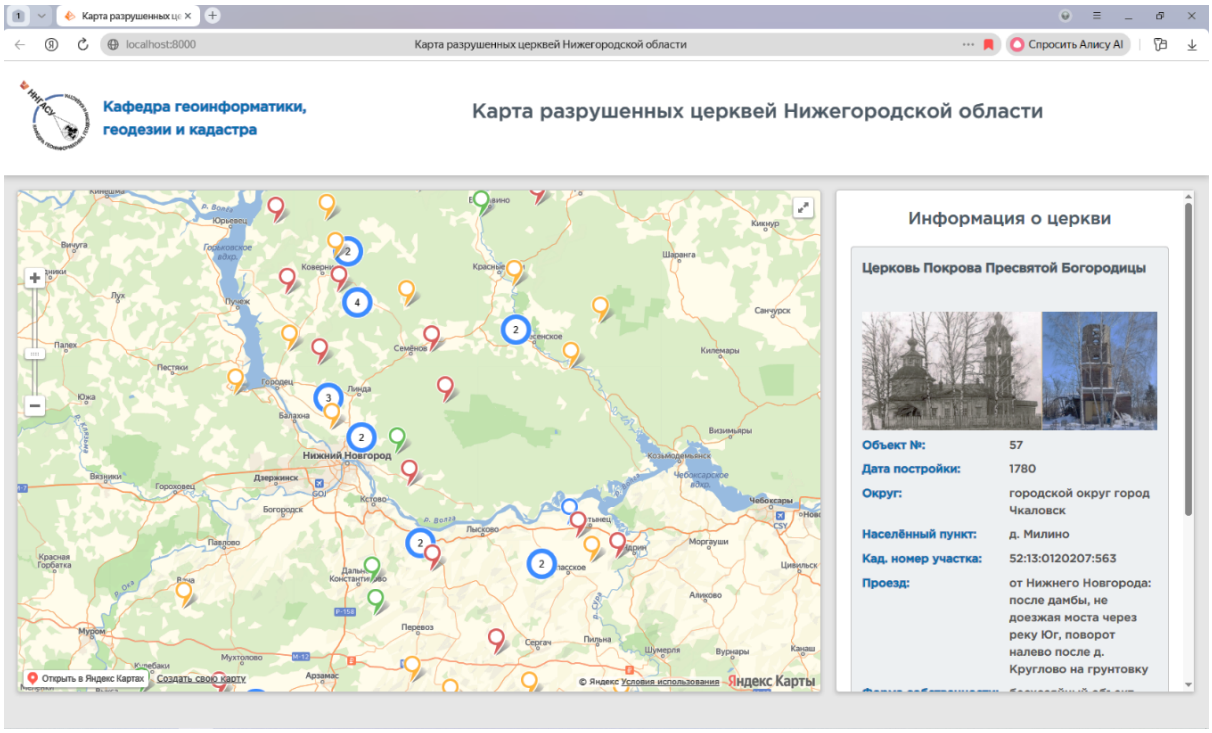


Рисунок 2 – Прототип разработанной веб-карты разрушенных церквей Нижегородской области (Источник: Составлено автором)

Полученный продукт трансформирует разрозненные историко-архивные и другие данные в структурированный научный ресурс, готовый к интеграции в системы поддержки принятия решений органами охраны культурного наследия.

Разработка веб-карты разрушенных позволила преодолеть разрыв между накопленным объемом архивной информации и возможностями ее практического применения. Исследование подтвердило гипотезу о том, что интеграция ретроспективных данных в современную веб-среду способствует повышению эффективности мониторинга утраченного наследия. Выявленные проблемы кадастрового учета указывают на необходимость актуализацию сведений ЕГРН. Предложенный подход может быть применен на другие регионы Российской Федерации, служа основой для научных исследований, образовательных проектов и разработки мероприятий по охране культурного наследия.

Список использованных источников

1. Кацко, С. Ю. Особенности использования картографических произведений в среде Web-ГИС / С. Ю. Кацко. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2017. – Т.3. – №3. – С. 46-50.

2. Янкелевич, С. С. Технологические аспекты создания веб-ГИС объектов культурного наследия для пространственного развития территории (на примере Новосибирской области) / С.С.Янкелевич, А.О. Лебзак, Е.В. Лебзак // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2020. – Т. 26. – № 4. – С. 311–319. *https://elibrary.ru/zvmmrf*

3. Mouafo, D. Web-based multimedia cartography applied to the historical evolution of Iqaluit, Nunavut / D. Mouafo, A. Muller // Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications. – Ottawa, 2002. – Vol. 16. – P. 155-177. – URL: *https://www.academia.edu/105292798/Web_based_multimedia_cartography_applied_to_the_historical_evolution_of_Iqaluit_Nunavut*

4. Быков, А. В. Веб-картографирование: учебное пособие / А. В. Быков, С. В. Пьянков. – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2015. – 110 с. – ISBN 978-5-7944-2565-9.

5. Peterson, M. P. International Perspectives on Maps and the Internet / M. P. Peterson – Berlin ; Heidelverg : Springer, 2008. – 437 p. – ISBN 978-3-540-72028-7.

Информационные технологии и BIM-моделирование в строительстве

УДК 004.94

Алгоритм построения оболочек двоякой Гауссовой кривизны в программах автоматизированного проектирования

*Баркин К.В. *, студент; Трянина Н.Ю., профессор, канд. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: barkin150@mail.ru.
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается гиперболический параболоид (гипар) – оболочка двоякой отрицательной Гауссовой кривизны. Описывается геометрические свойства гипара: его структура и возможность моделирования из прямых линий. Основная цель работы – предоставить алгоритм построения гиперболического параболоида в программах автоматизированного проектирования, на примере AutoCAD с заданием его геометрических параметров. Так же в результате моделирования можно получить конструкцию с скругленными краями, повышающими эстетическую выразительность формы. Отмечена возможность импорта полученной модели в расчетные программы (например, SCAD).

Ключевые слова: гиперболический параболоид, гипар, алгоритм проектирования, строительные конструкции, AutoCAD.

Научный руководитель – профессор кафедры теория сооружений и технической механики ННГАСУ, канд. техн. наук, доцент Трянина Надежда Юрьевна.

Введение

Современная архитектура стремится к сочетанию эстетической выразительности и конструктивной эффективности. Одной из наиболее впечатляющих форм, отвечающих этим требованиям, является гиперболический параболоид (гипар) – оболочка двоякой отрицательной Гауссовой кривизны – седлообразная поверхность, определяемая в декартовых координатах уравнением:

$$z = \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} \quad (1)$$

Гипар представляет собой криволинейную поверхность, которая включает в себя две параболы, располагающиеся в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (рис.1) [1-2].

Пусть парабола I располагается в плоскости XOZ и неподвижна. Парабола II совершает сложное движение:

– ее начальное положение совпадает с плоскостью ZOY, причем вершина параболы совпадает с началом координат;

– далее эта парабола совершает движение: параллельный перенос, причем её вершина N совершает траекторию, совпадающую с параболой I;

– для образования гиперболического параболоида ветви параболы II направлены вниз.

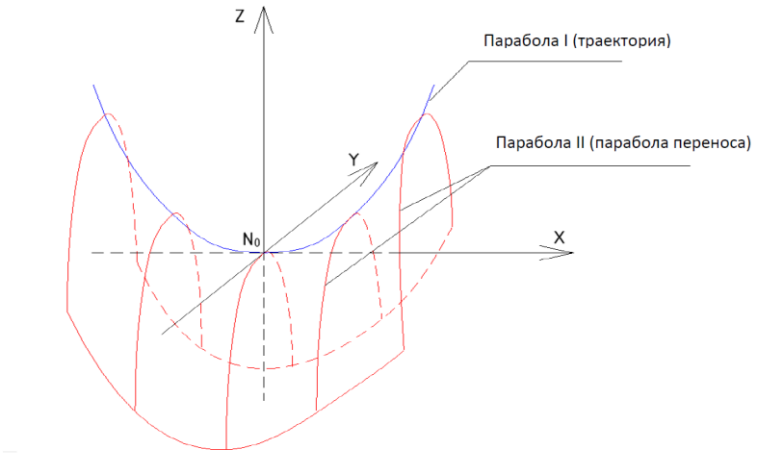


Рисунок 1 – Формообразующие параболического гиперболоида [2]

Пусть поверхность задана вышеописанным уравнением. Тогда сечения гипара плоскостями, параллельными OXZ и OYZ, – есть параболы. Сечения плоскостями параллельными OXY – гиперболы с вершинами, лежащими на главных параболах. В случае самой плоскости OXY гипербола вырождается в две пересекающиеся прямые [2].

Эта особенность придает гипару двойную кривизну, но при этом его можно смоделировать из прямых линий, что делает его привлекательным для строительства.

Первым инженером, теоретически обосновавшим эффективность конструкции на основе гиперболического параболоида, стала Т.М. Макарова. Это выдающиеся изобретение было запатентовано в 1928 году в СССР. Т.М. Макарова представила две принципиальные схемы покрытия квадратного в плане помещения на основе гиперболического параболоида, собиравшиеся только из прямых элементов. В первом случае оболочка имеет пирамидальную форму и опирается на весь периметр стен, во втором –покрытие куполообразное и поддерживается только по углам [3].

Конструкцию из четырех «лепестков» гиперболического параболоида мы видим в одном из проектов Феликса Канделы – океанографического музея и наук в Валенсии [4] (рис.2)

Рисунок 2 – Океанографический музей в г. Валенсия [4]

Цель данной работы представить алгоритм построения гиперболического параболоида в программах автоматизированного проектирования и черчения на примере AutoCAD.

Для построения гипара нужно задать геометрические параметры: L,B,α,H1,H2 (рис. 3). Эти параметры будут зависеть от того, для каких целей мы будем применять данное покрытие.

Величины L, B и α зависят от размеров здания в плане. Можно получить покрытие из нескольких гипаров (секций), тогда параметр α будет обратно пропорционален их числу и будет задаваться уравнением: $\alpha = 360/n$, где n –количество секций (рис.4)

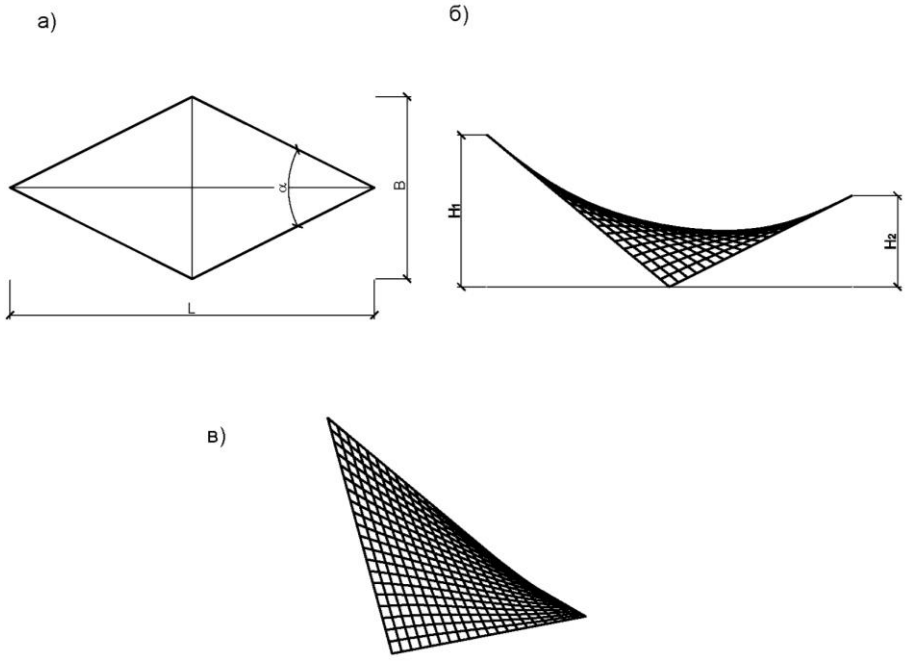


Рисунок 3 – Модель гипара: а – вид сверху; б – вид спереди; в – изометрия (Источник: Составлено автором)

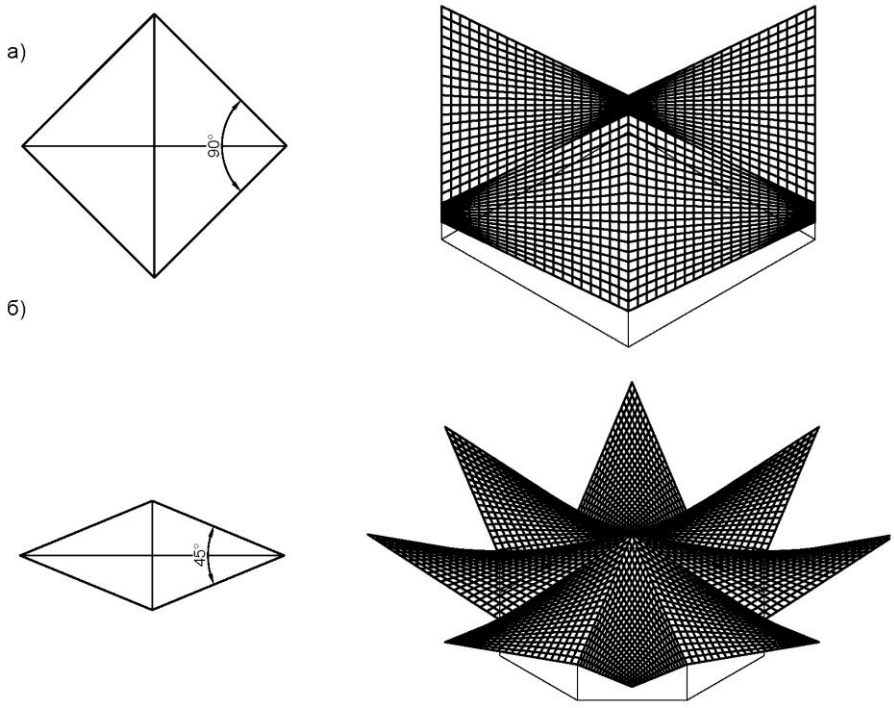


Рисунок 4 – Модели в зависимости от количества секций: а – модель при $n = 4$; б – модель при $n = 8$ (Источник: Составлено автором)

Меняя параметры H1 и H2, а также отношение H/l можно получить различные формы гипара от пологих до крутых (рис.5).

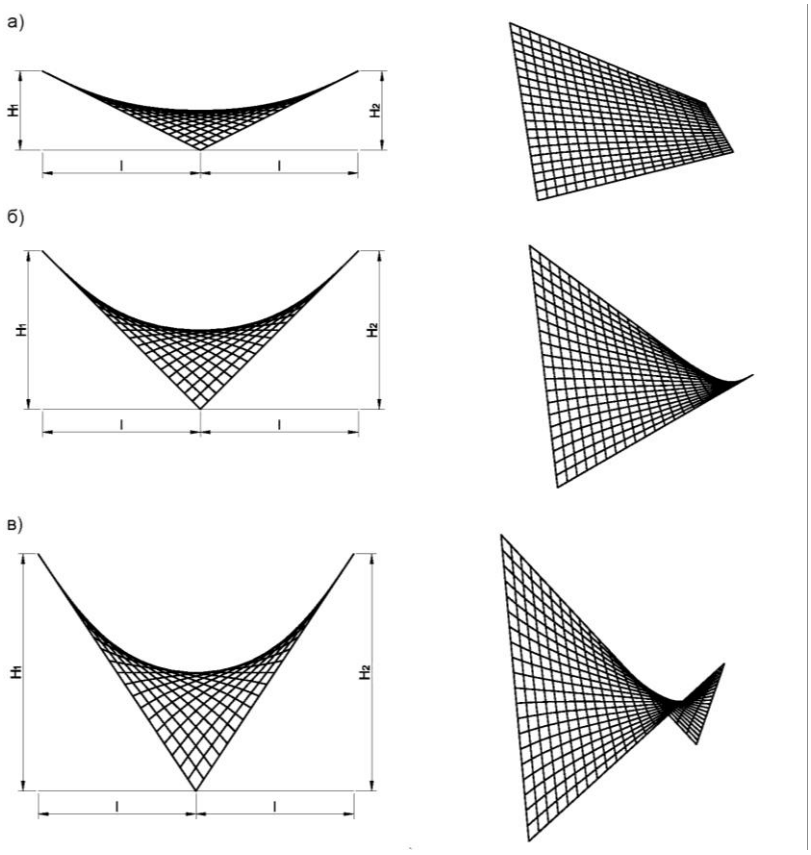


Рисунок 5 – Модели в зависимости от параметров H1 и H2: а – модель при H1=H2< l; б – модель при H1=H2=l; в – модель при H1=H2>l (Источник: Составлено автором)

Алгоритм моделирования

Алгоритм построения гиперболического параболоида заключается в следующем:

1. Построение каркаса

1.1. Переходим в 3D– пространство (вид Сверху)

1.2. С помощью инструмента Отрезок (LINE) рисуем в пространстве четыре отрезка, образующих замкнутый контур по заданным параметрам L, B и α;

1.3. Устанавливаем вид Спереди, поднимаем две противоположные вершины контура по оси Z на высоту соответствующим значениям H1 и H2, а две другие оставляем на нулевой отметке. Получаем пространственный четырех угольник;

2.1. Создание поверхности (1-й Вариант);

2.1.1. Вводим команду П-КРОМКА (EDGESURF) и последовательно выбираем все четыре отрезка. AutoCAD автоматически построит сетчатую поверхность между ними;

2.1.2. Чтобы настроить плотность сетки, перед созданием поверхности можно изменить переменные SURFTAB1 и SURFTAB2 (например, установить значение 20 или 30);

2.2. Создание поверхности (2-й Вариант);

2.2.1. Вводим команду ПОВЕРХСЕТЬ (SURFNETWORK) и выбираем сначала два противоположных отрезка, затем другие противоположные отрезки;

2.2.2. Для дальнейшего использования модели можно извлечь прямые, лежащие в этой плоскости, вводим команду ПОВЕРХИЗВЛКРИВЫЕ, и выбираем точку, в которой хотели бы получить данный отрезок;

3. Построение «лепестка» гипара;

3.1. Устанавливаем вид Спереди и строим отрезок в центре четырехугольника под углом, под которым будет наклонен «лепесток» гипара;

3.2. Вводим команду ПОВЕРХОБРЕЗАТЬ и выбираем поверхность с отрезком;

3.3. Выбираем ту часть, которая будет обрезана.

Получаемую модель в дальнейшем можно импортировать в другие программы для расчета, например SCAD. При импорте мы получим каркас, состоящий из стержней, которым можно задать жесткость. Так же в последующем задать нагрузку на покрытие и рассчитать усилие в данных стержнях [6].

При моделировании оболочки по 2-му варианту, можно дополнительно получить скругленные края гипара, что добавит больше выразительности этой фигуре (рис.6).

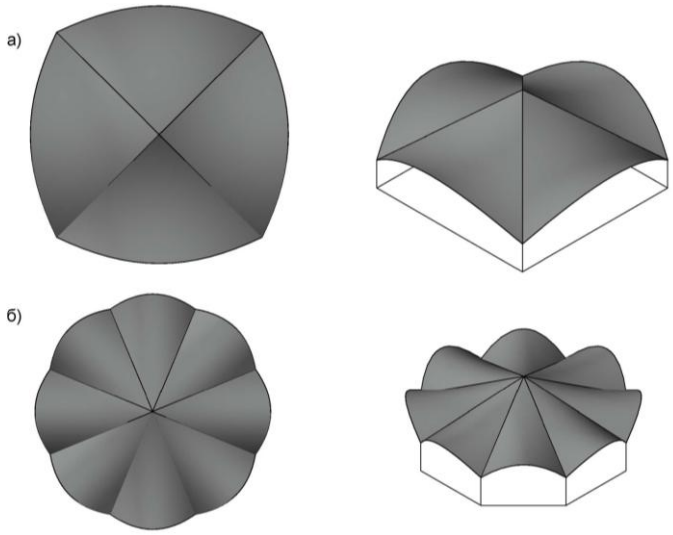


Рисунок 6 – Модель гипара из «лепестков»: а – модель при $n = 4$; б – модель при $n = 8$ (Источник: Составлено автором)

Несмотря на визуальную сложность гиперболического параболоида, возможность возведения его с помощью прямолинейных элементов делает этот вид конструкций привлекательным и экономически эффективным.

Список использованных источников

1. Милейковский И. Е., Купар А. К. Гипары. Расчет и проектирование пологих оболочек покрытий в форме гиперболических параболоидов. – М. : Стройиздат, 1978. – 223 с.

2. Шилов, С. С. Параметрическое моделирование как способ увеличения жизненного цикла зданий и сооружений / С. С. Шилов, А. В. Федоров, А. А. Молева // Приволжский научный журнал. – 2024. – № 3(71). – С. 231-239. *https://elibrary.ru/chpmfi*

3. Ахметзянов, Р. И. Геометрические и конструктивные особенности гиперболоидных конструкций / Р. И. Ахметзянов, Л. В. Данченко, Р. И. Рыбалкина // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – № 4(30). – С. 59-64. *https://elibrary.ru/tsmoqp*

4. Макарова Т.М. Патент на изобретение «Перекрытие помещений», №5568. 30 марта. 1925. *https://searchplatform.rospatent.gov.ru/doc/SU5568A1_19280630*

5. Кандела, Феликс. // Википедия : [сайт]. – URL: *https://ru.wikipedia.org/wiki/Кандела,_Феликс*

6. Третьякова З. О. Компьютерная графика. Система автоматизированного проектирования AutoCAD / З. О. Третьякова, М. В. Воронина, В. А. Меркулова. – Санкт-Петербург : ООО «Политехника-принт», 2019. – 127 с. – URL: *https://xn--5-ctbskp.xn--p1ai/upload/uf/036/Uch_p_AutoCAD_2019.pdf*

УДК 721.021

Сравнительный анализ эффективности использования BIM-технологий на разных этапах жизненного цикла объекта

*Гусева Д.М. *, студент; Морякова А.Л., преподаватель Колледжа ННГАСУ*

* Ответственный за переписку: dianka.guseva.8@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье проведен сравнительный анализ эффективности технологий информационного моделирования (BIM) и автоматизированного проектирования (CAD) в строительной отрасли. Рассмотрены ключевые преимущества BIM: системная интеграция данных, автоматическое выявление коллизий, управление жизненным циклом объекта. Представлены результаты математического моделирования в среде MATLAB с использованием нечеткой логики, показавшие превосходство BIM по интегральным показателям качества, производительности, универсальности и информативности. Проанализированы динамика производительности труда при переходе на BIM и организационные аспекты внедрения. Сделан вывод о целесообразности перехода отечественных проектных организаций на BIM-технологии.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий, BIM, CAD, САПР, эффективность проектирования, нечеткая логика, производительность труда.

Научный руководитель – преподаватель дисциплин профессионального цикла Колледжа ННГАСУ, Морякова Анастасия Львовна.

В настоящее время в российской строительной отрасли сохраняется значительное отставание в темпах внедрения технологий информационного моделирования (BIM) по сравнению с зарубежной практикой. Большинство проектных организаций по-прежнему используют CAD-системы, которые, несмотря на автоматизацию чертежных работ, не обеспечивают интеграции данных на всех этапах жизненного цикла объекта. Цель данной статьи – на основе анализа существующих исследований и математического моделирования дать количественную и качественную оценку эффективности BIM по сравнению с CAD [1].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью внедрения BIM-комплексов в деятельность строительных и проектных организаций. Ключевым аспектом становится оценка эффективности и обоснованности применения информационного моделирования здания.

Период 1965–1980 гг. ознаменовался распространением персональных компьютеров, что послужило катализатором развития CAD-технологий. Этот процесс сопровождался активным ростом программного обеспечения для ПК, оптимизирующего работу различных специалистов, включая проектировщиков.

Знаковым событием в 1982 году стало появление AutoCAD от компании Autodesk, который радикально изменил подход к созданию проектной документации. Внедрение CAD-систем позволило: существенно сократить временные затраты на разработку чертежей и сопутствующей документации; упростить процессы корректировки, тиражирования и повторного использования проектных данных; повысить общую производительность труда и его интеллектуальную составляющую.

С точки зрения инновационного менеджмента, CAD-технологии представляют собой пример процессной инновации, нацеленной на повышение эффективности производственных и технологических процессов. Экономический эффект таких инноваций проявляется в росте производительности или снижении себестоимости.

Ключевым прорывом стало внедрение трехмерного моделирования (3D), выведшее проектирование за рамки традиционных плоских чертежей. Однако изначально эта возможность не получила широкого распространения: устоявшаяся методология проектирования, основанная на планах, фасадах и разрезах, не требовала 3D-визуализации. Таким образом, технологические возможности опережали существующие методы работы.

Еще одним значимым преимуществом CAD-систем стала возможность коллективной работы над проектами. Электронные средства коммуникации позволили специалистам из разных организаций, городов и стран эффективно взаимодействовать в режиме реального времени, управляя проектом из единого центра.

В конце XX века внедрение CAD-технологий в России привело к масштабному переоснащению рабочих мест проектировщиков. Оснащенное компьютером и специализированным ПО рабочее место по эффективности стало сопоставимо с целым отделом, выполнявшим аналогичные задачи вручную [2].

Несмотря на технологическое усовершенствование процессов проектирования, концептуальная основа оставалась неизменной на протяжении столетий – она по-прежнему базировалась на принципах ручного создания чертежей, сформировавшихся еще 500 лет назад.

Информационное моделирование зданий (BIM) представляет собой принципиально новый подход к проектированию на всех этапах жизненного цикла строительного проекта. Его суть заключается в создании полноценной цифровой модели здания.

Исторически концепция BIM формировалась постепенно, однако ее развитие сдерживалось недостаточной технической оснащенностью и отсутствием необходимого инструментария. Лишь с развитием современных информационных технологий система BIM получила возможность реализовать свой потенциал и занять лидирующие позиции в архитектурно-строительном проектировании.

Информационная модель должна быть не просто выполненным с помощью компьютера аналогом обычного картонного макета, дающего представление о форме здания, а о полноценной виртуальной копией здания, включающей все его технические системы и коммуникации. Модель должна соответствовать количественными, геометрическими и технологическими характеристиками конструкций, материалов, оборудования и функциональных особенностей. Благодаря информационной модели здания у заинтересованных сторон имеется доступ к актуальной проектной и строительной документации с возможностью просматривать весь процесс постройки, эксплуатации и сноса здания.

Многих специалистов, продолжающих использование CAD-проектирования, пугает необходимость использования большого числа данных для полноценного функционирования информационной модели. Это является одной из причин использования большинством отечественных проектировщиков устаревшей технологии.

Внедрение BIM-технологий упрощает процессы визуализации будущего проекта и позволяет организации выполнять моделирование значительно эффективнее, по сравнению с моделированием на основе CAD. Преимуществом информационного моделирования перед CAD-моделированием является возможность выявлять коллизии. То есть, процесс информационного моделирования проектов проходит более эффективно и продуктивно [3].

Основным стимулом проектных организаций к использованию информационной модели здания является сокращение затрат. Использование BIM-моделей позволяет за счет выделенных преимуществ улучшить качество, в перспективе уменьшить себестоимость и увеличить скорость выпуска проектов. Заказчик может эффективно управлять проектом,

видеть затраты, которые можно учесть как на начальной стадии, так и на стадии реконструкции, точно знать стоимость строительства или возможного ремонта.

Информационная модель позволяет постоянно отслеживать состояние объекта капитального строительства (ОКС), что облегчает реконструкцию или вывод из эксплуатации здания или сооружения, эта особенность технологии актуальна для объектов, используемых в условиях сложных и опасных технологических процессов (ГЭС, ГРЭС, АЭС, ТЭС и заводы со сложным технологическим циклом), поскольку всегда имеется актуальная информация об объекте. Благодаря цифровой модели становится труднее не заметить изменения в элементах конструкции или имеющихся скрытых коммуникациях.

ООО «Конкуратор» в 2019 году провело исследование «Уровень применения BIM в России». Участниками опроса стали 541 респондент. На основании исследования было выявлено, что 22% опрошенных применяют BIM-технологии с разной степенью внедрения, 48% респондентов сообщили о том, что не применяют BIM-технологии. В ходе исследования от 87 организаций (16%) был получен ответ «затрудняюсь ответить», в 75 случаях этот ответ дал секретарь или офис-менеджер ввиду невозможности контакта напрямую с компетентным сотрудником. Еще 12% респондентов не дали ответ на поставленные вопросы. Согласно девятилетним исследованиям NBS (коммерческое подразделение RIBA) в Великобритании, уровень внедрения BIM колебался следующим образом: 54% в 2014 году, 48% в 2015 году и 54% в 2016 году. Это происходит на фоне четырехкратного увеличения показателя с 13% за первые три года опросов (с 2011 года). Сейчас начать активное внедрение этих технологий намного проще, поскольку уже существует современное программное обеспечение и опыт других стран, чего 15 лет назад еще не было [4].

Так же важно знать, что в BIM-проектировании есть свои минусы. Руководителям организации необходимо быть готовыми к тому, что на начальном этапе перехода на BIM неизбежно падает производительность труда – показатель эффективности, отображающий численное значение количества продукции за единицу времени.

В исследовании российского специалиста Козлова И.М. рассматривается экономическая эффективность применения технологии информационного моделирования (BIM). Анализ проведен на материалах проектной компании среднего масштаба из Сибирского региона. Данные, полученные в ходе работы, свидетельствуют о следующем: адаптационный период, в течение которого происходит восстановление и рост производительности труда, занимает примерно шесть месяцев. В первый год использования BIM максимальный прирост эффективности труда достигает 30%. Для достижения этого пикового показателя также требуется полугодичный срок. Подготовка и обучение сотрудников занимает около одного месяца. На второй год реализации BIM-технологий представлено на рис. 1 рост производительности труда увеличивается и достигает порядка 50% [5].

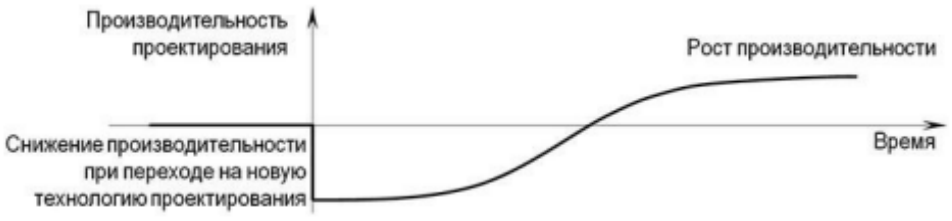


Рисунок 1 – Кривая производительности от времени

Результаты анализа свидетельствуют, что спустя приблизительно 15–16 месяцев после внедрения технологии BIM проектная компания способна восстановить прежний объем производства и далее работать с более высокой эффективностью. Это позволит повысить не только уровень оплаты труда, что служит важным стимулом для персонала при переходе на новые методы, но и совокупную рентабельность деятельности. Сравнение изменения уровня

производительности труда и объема выполненной работы при использовании двух моделей для проектирования представлено на рис. 2.

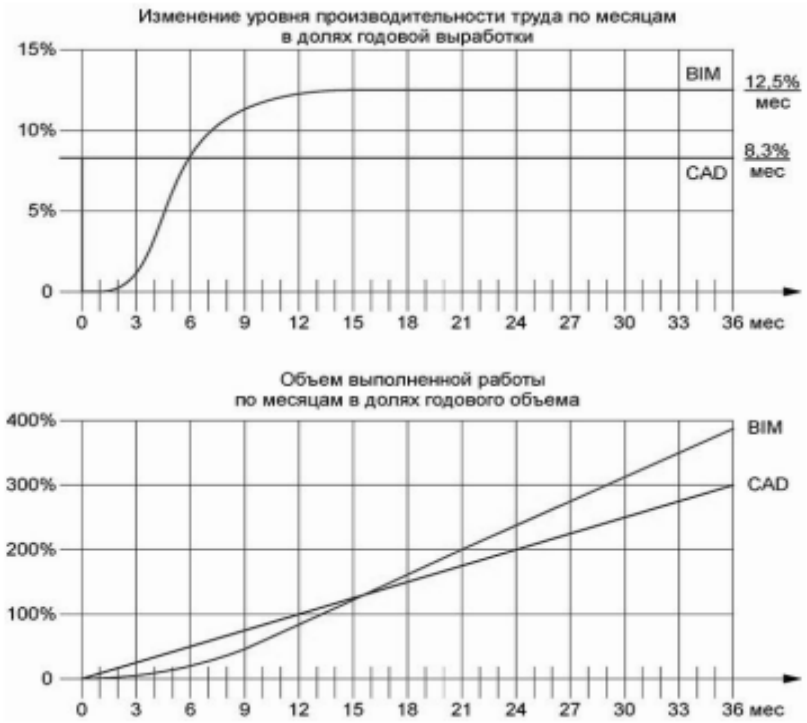


Рисунок 2 – Сравнение изменения уровня производительности труда и объема выполненной работы (за 100% принимается годовая выработка) при использовании BIM– и CAD-технологий

Также сравнение этих моделей проектирования на основе параметров представлено в табл. 1, необходимых для построения математической модели оценки технологий проектирования зданий и сооружений.

Таблица 1 – Сравнение изменения уровня производительности труда и объема выполненной работы (за 100% принимается годовая выработка) при использовании BIM– и CAD-технологий

Показатели	BIM	CAD
Качество	7,46	2,54
Производительность	8,75	6,33
Универсальность	8,11	5,00
Информативность	9,00	3,00
Итоговая оценка	4,66	2,03

BIM-технологии значительно превосходят CAD по всем четырем рассмотренным показателям: качеству, производительности, универсальности и информативности. Особенно заметен разрыв по информативности (9,00 против 3,00) и качеству (7,46 против 2,54). Итоговая

оценка BIM (4,66) более чем вдвое выше, чем у CAD (2,03), что свидетельствует о существенно большей эффективности BIM при проектировании и управлении жизненным циклом объекта.

Таким образом, эксплуатация зданий и сооружений становится цифровой отраслью, вместе с проектированием, цифровым становится и строительство. В настоящий момент в отрасли AEC наиболее актуальными являются две различные технологии САПР: BIM – информационное моделирование зданий и CAD – автоматическое проектирование зданий.

Список использованных источников

1. Курников, Т. Д., Гулякин, Д. В. BIM-технологии и их применение в архитектуре / Т. Д. Курников, Д. В. Гулякин // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 102-6. – С. 112-115. *https://elibrary.ru/viuzfo*

2. Иевлева, О.Т., Чурсин Р.В. Эволюция процесса архитектурного проектирования: от ручной графики к новейшим технологиям / О. Т. Иевлева, Р. В. Чурсин // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 2(122). – С. 647-663. *https://elibrary.ru/wbthpx*

3. Грахов, В. П., Симченко, О. Л., Русинова, Н. С., Макарова, А. Ю., Чазов, Е. Л. Обоснование необходимости использования BIM-технологий с целью повышения эффективности проектной деятельности предприятия / В. П. Грахов, О. Л. Симченко, Н. С. Русинова [и др.] // Социально-экономическое управление: теория и практика. – 2019. – № 2(37). – С. 103-106. *https://elibrary.ru/epwdka*

4. Соловьев, Д. Б., Копотилова В. Г., Катюк Д. П., Пирус А. В., Григорюк В. А.; Крылова, А. И. Сравнение эффективности использования технологий BIM и CAD с помощью математической модели / Д. Б. Соловьев, В. Г. Копотилова, Д. П. Катюк [и др.] // Строительные материалы и изделия. – 2021. – Т. 4, № 1. – С. 18-26. *https://elibrary.ru/ocdwsx*

5. Козлов, И. М. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий / И. М. Козлов // Архитектура и современные информационные технологии. – 2010. – № 1(10). – С. 6. *https://elibrary.ru/kztkwx*

УДК 004.9:378.14

Проблемы организации среды общих данных в студенческих BIM-проектах

Захарова Е.Ю., студент; Щеголева А.В. начальник отдела научно-исследовательской работы студентов, Безсольнов М. В. ассистент кафедры инженерной графики и информационного моделирования*

* Ответственный за переписку: katerina_z_04@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Успешная реализация проектов с использованием технологии информационного моделирования зданий (BIM) невозможна без организации среды базы данных (СОД). В рамках импортозамещения высшие технологические предприятия начинают переход на отечественные профессиональные решения (Pilot-BIM), однако этот процесс осложняется дефицитом компетенций и нехваткой квалифицированных кадров. Данная статья посвящена проблемам децентрализации коммуникаций и передачи данных соответствующим специалистам при выполнении междисциплинарных студенческих проектов. На примере практического опыта координации комплексного дипломного проекта анализируются последствия работы в переходный период: отторжение сложного программного обеспечения, возврат к неформальным мессенджерам, нарушение элементов привязки и определение пространственных коллизий. Обосновывается необходимость разработки адаптированных регламентов и поэтапного наращивания компетенций для успешного продвижения студентов в профессиональные СОД.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий, среда собранных данных, СОД, BIM-координация, совместная работа, комплексный диплом, Pilot-BIM, пространственные коллизии.

Введение

В современную строительную отрасль переход к технологиям информационного моделирования (BIM) Задача не просто как смена программного обеспечения, а как комплексная трансформация процессов проектирования и управления. Ключевым элементом этой трансформации является среда общих данных (СОД) – единый источник достоверной информации для всех участников проекта [1]. Анализ актуальных научных статей показывает, что, несмотря на признанную эффективность BIM-технологий, их внедрение в образовательный процесс и реализацию студенческих проектных групп связано с рядом внешних препятствий. Согласно данным задачи, применение BIM позволяет сэкономить от 50 до 80 % времени на этапе проектирования и на 80–90 % снизить вероятность возникновения пространственных коллизий [1]. Однако статистика показывает, что темпы цифровизации отечественной отрасли означают желать лучшего: по состоянию на 2021 год лишь около 12% российских компаний использовали BIM на полном уровне [2].

Цель исследования заключается в анализе проблем коммуникации и маршрутизации задач при выполнении комплексных выпускных квалификационных работ в условиях переходного периода профессиональной СОД в образовательном процессе.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

– определение исходной информации и использование проектных данных при элементарном обмене заданиями между соответствующими разделами через неформализованные каналы связи (мессенджеры);

– выявить и классифицировать типовые геометрические элементы и коллизии, возникающие в сводной BIM-модели из-за включения статусной модели передачи заданий;

– создать барьеры, создающие быстрому освоению профессиональных СОД (по принципу Pilot-BIM) студенческими командами.

Гипотеза исследования: основной причиной пространственных коллизий при выполнении комплексных дипломных проектов является не отсутствие программного обеспечения, а главный недостаток некоторых управленческих компетенций, который вынуждает участников стать привычным, но деструктивным для BIM нерегламентированным каналом связи (мессенджерам).

Материалы и методы

Организации теоретической основы совместной работы выводятся из нормативно-технической документации. Фундаментальные принципы заложены в международных стандартах (BS 1192, ISO 19650-1:2018) и их национальных изменениях (ГОСТ Р 58439.1–2019, СП 333.1325800.2020) [3].Данные документы требуют жесткого структурирования информационного пространства на четыре зоны: «В работе» (WIP), «Общий доступ» (Shared), «Опубликовано» (Published) и «Архив» (Archive). Строгое разделение, а также обязательное присвоение файлам статусов предотвращает превращение СОД в неструктурированный архив [4].

В первую очередь исследователи выделяют финансово-технические и организационные проблемы [2]. Интеграция полноценных СОД требует значительных капиталовложений в лицензирование корпоративного программного обеспечения (ПО), обновление аппаратной базы и переподготовку кадров. Для небольших проектных команд, студенческих объединений такие издержки оказываются непреодолимыми. Ситуация усугубляется фрагментарным и методически необоснованным внедрением BIM-дисциплин в образовательные программы, где фокус часто смещен на базовое 3D-моделирование без изучения регламентов междисциплинарного взаимодействия [3].

Анализ зарубежного опыта внедрения технологий информационного моделирования демонстрирует более высокую степень регламентации процессов обмена данными. В частности, международный стандарт ISO 19650 жестко закрепляет необходимость использования среды общих данных как единственного источника информации (Single Source of Truth) на всех этапах жизненного цикла объекта. В зарубежной образовательной практике студенческие проектные группы изначально интегрируются в коммерческие экосистемы (например, Autodesk Construction Cloud или Dalux) по академическим лицензиям. В отечественных же реалиях, из-за санкционных ограничений и отсутствия доступных отечественных аналогов для образовательного сегмента, малые команды вынуждены искать обходные пути, что неизбежно ведет к деградации процессов координации.

Особое внимание в научной литературе уделяется проблематике коммуникации между проектировщиками при отсутствии регламентированной среды общих данных [4]. В условиях, когда участники проекта (архитекторы, конструкторы, инженеры инженерных сетей) используют множество разрозненных каналов связи, возникает комплекс негативных последствий:

– длительные и неэффективные процедуры согласования, ведущие к срыву сроков;

– невозможность отслеживания статусов выполнения поручений и исправления замечаний;

– работа с неактуальными данными и рассинхронизация команды;

– позднее выявление междисциплинарных пространственных коллизий, исправление которых на поздних этапах требует значительных трудозатрат BIM-координатора [5].

Пытаясь компенсировать отсутствие профессиональной СОД, малые команды часто прибегают к альтернативным, но неэффективным методам. Самым распространенным компромиссом является использование обычных сетевых или облачных папок (файловых серверов) [5]. Данный подход имеет критические недостатки: отсутствие логирования действий пользователей, невозможность цифровизации процессов согласования и отсутствие связи файла со статусом задачи. В результате структура хранения быстро превращается в несистематизированный архив, где управление версиями файлов становится невозможным.

Другим вариантом является адаптация непрофильного программного обеспечения, такого как CRM-системы или системы электронного документооборота (СЭД) [5]. Хотя они позволяют настраивать права доступа и отслеживать этапы, их интерфейс перегружен избыточным функционалом и не адаптирован для работы со специфическими BIM-форматами и 3D-визуализацией коллизий.

В качестве доступной альтернативы дорогостоящим зарубежным решениям исследователями активно предлагаются отечественные разработки, такие как Pilot-BIM, Renga, Vitro-CAD и другие [6]. Данные системы обладают широким функционалом, включая автоматическую сборку сводных моделей и поддержку открытого формата IFC. Однако их использование по-прежнему требует приобретения коммерческих лицензий или развертывания локальных серверов, что не решает проблему обеспечения доступной средой общих данных студенческих проектных команд.

Таким образом, обзор литературы подтверждает отсутствие универсального, бесплатного решения для организации СОД в некоммерческих и малобюджетных проектах. Это обуславливает необходимость разработки гибридных методологий координации, объединяющих доступные облачные хранилища с системами визуального таск-менеджмента для предотвращения коллизий и повышения дисциплины смежных специалистов.

Результаты исследования

В рамках данного исследования был проведен анализ организации совместной работы команды при проектировании в программном комплексе Revit на базе междисциплинарного комплексного дипломного проекта (разработка информационной модели студенческого кампуса ДВФУ о. Русский). Целью практического этапа стала оценка качества коммуникации смежных специалистов в условиях дефицита компетенций для работы в профессиональной СОД.

Несмотря на наличие доступа к регламентированным инструментам, эксперимент выявил фундаментальную проблему адаптации. Столкнувшись с необходимостью оперативного решения проектных задач и не имея достаточного опыта маршрутизации заданий в Pilot-BIM, участники комплексного диплома (архитекторы, конструкторы, инженеры сетей) начали стихийно дублировать процессы в привычной среде. Облачные хранилища стали использоваться как простые файлообменники, а профессиональная коммуникация полностью перешла в мессенджеры.

Задания для смежных специалистов, например, на выдачу отверстий под инженерные коммуникации, передавались в виде неструктурированных текстовых сообщений и терялись в потоке переписок. Участники регулярно забывали обновлять версии файлов-связей, работая с устаревшими архитектурными подосновами. Следствием этого нарушения дисциплины данных стало массовое возникновение критических пространственных коллизий в сводной модели.

Отсутствие четкой системы статусов привело к колоссальным неэффективным трудозатратам. Анализ распределения рабочего времени показал, что более половины ресурса

BIM-координатора проекта тратилось не на интеллектуальную оценку проектных решений или проверку соответствия модели требованиям BEP, а на ручную техническую очистку модели и поиск актуальных договоренностей в истории сообщений мессенджеров.

Выявленные проблемы доказывают, что наличие самого программного обеспечения не гарантирует успешной совместной работы. Без планомерного формирования культуры управления данными и пошагового наставничества, внедрение мощных систем вроде Pilot-BIM в рамки сжатого по срокам комплексного дипломного проектирования приводит к коммуникационному хаосу.

Заключение

Основным барьером при выполнении междисциплинарных комплексных студенческих BIM-проектов является не техническая недоступность сред общих данных, а острый дефицит управленческих компетенций и недостаток методического сопровождения. Переход университетов на систему Pilot-BIM является стратегически верным шагом, однако медлительность этого процесса обусловлена высоким порогом входа для обучающихся. Использование неформализованных чатов в качестве замены СОД неизбежно ведет к системным ошибкам, пространственным коллизиям и деградации информационной модели. Для успешного преодоления переходного периода необходимо внедрение специализированных подготовительных модулей, разработка упрощенных внутренних регламентов и усиление роли BIM-координаторов-наставников, что позволит трансформировать хаотичную студенческую коммуникацию в профессиональный междисциплинарный процесс.

Список использованных источников

1. Клоченко, М. О. Проблемы обеспечения BIM-технологий / М. О. Клоченко // Актуальные проблемы современной науки : сборник тезисов научных трудов XXIV Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург – Астана – Киев – Вена, 29 ноября 2017 года. – Киев : Финансовая Рада Украины, 2017. – С. 14–17. *https://elibrary.ru/yqavfa*

2. Пупенцова, С. В. Анализ проблем России в сфере строительства BIM-технологий и способы их решения / С. В. Пупенцова, А. Р. Хозина, М. А. Боровик // Управление развитием социально-экономических систем : материалы V Всероссийской научно-практической конференции, Ульяновск, 27 мая 2022 года. – Ульяновск : Ульяновский государственный технический университет, 2022. – С. 185–188. *https://elibrary.ru/xxpzjy*

3. Мкртычев, О. В. Проблемы реализации BIM-технологий в образовательном процессе / О. В. Мкртычев // Наука, инновации, образование: актуальные вопросы XXI века : сборник статей XIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 15 марта 2025 года. – Пенза : Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2025. – С. 56–59. *https://elibrary.ru/igejjy*

4. Богуславский, Л. А. Взаимодействие участников BIM-проектирования в среде общих данных / Л. А. Богуславский, Г. В. Проваторова // Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации : материалы V Международной научно-практической конференции. – Владимир : Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, 2023. – С. 98-101. *https://elibrary.ru/boksod*

5. Савенко, А. И. Среда общих данных при реализации строительных объектов с применением BIM / А. И. Савенко, П. В. Черенков // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2019. – № 2(13). – С. 4–11. *https://elibrary.ru/yccezg*

6. Гвоздицкий, М. А. Принципы построения общих данных информационной модели строительного объекта в облачном сервисе / М. А. Гвоздицкий, Ю. В. Огороднова, Д. С. Лейтес // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 3. – С. 74–81. *https://elibrary.ru/tfxsit*

УДК 004.946

Применение VR\AR технологий для управления строительными проектами и взаимодействии с BIM-моделями

*Исаев Е.Д, студент; Балынин С.Ю. *, доцент, канд. техн. наук*

* Ответственный за переписку: fvarop@bk.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В работе рассматривается возможность практического применения VR\AR-технологий для повышения эффективности управления строительными проектами через улучшенное взаимодействие с BIM-моделями.

Ключевые слова: VR\AR-технологии, BIM-моделирование, квалификация специалистов, строительная ортосоль.

Введение

На сегодняшний день в области строительства и проектирования особенно популярными становятся средствами автоматизированного проектирования, которые позволяют помимо удобства, значительно повысить и качество проектирования. Однако углубляясь в данном вопросе, следует отметить, что наиболее востребованным является информационное моделирование или же – BIM (Building Information Modeling), которое обладает рядом преимуществ по сравнению с остальными типами САПР.

Цифровизация строительной отрасли открывает путь не только к автоматизации и управлению данными, но и к полному погружению в проектируемую среду – через технологии виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR). Если традиционный подход BIM (Building Information Modeling) или российский аналог – ТИМ (технология информационного моделирования) – уже позволяет описывать здание как многомерную базу данных, то интеграция этой модели с VR/AR выводит взаимодействие с проектом на качественно новый уровень.

Несмотря на растущий интерес к XR-технологиям в строительстве, как в России, так и за рубежом, остаются недостаточно изученными вопросы их системной интеграции в управленческие процессы, оценка экономической эффективности внедрения, а также разработка методических рекомендаций по взаимодействию с BIM-моделями в иммерсионной среде.

Обзор современных VR/AR решений для строительной отрасли

Рассматривая строительную ортосоль, можно говорить о таких технологиях, как BIM, AR, VR. BIM (Building Information Modeling) – это процесс коллективного создания и использования информации о сооружении, формирующий надёжную основу для всех решений на протяжении жизненного цикла объекта (от самых разных концепций до рабочего проектирования, строительства эксплуатации и сноса) [1].

Использование BIM повышает экономическую эффективность инвестиционно-строительных процессов.

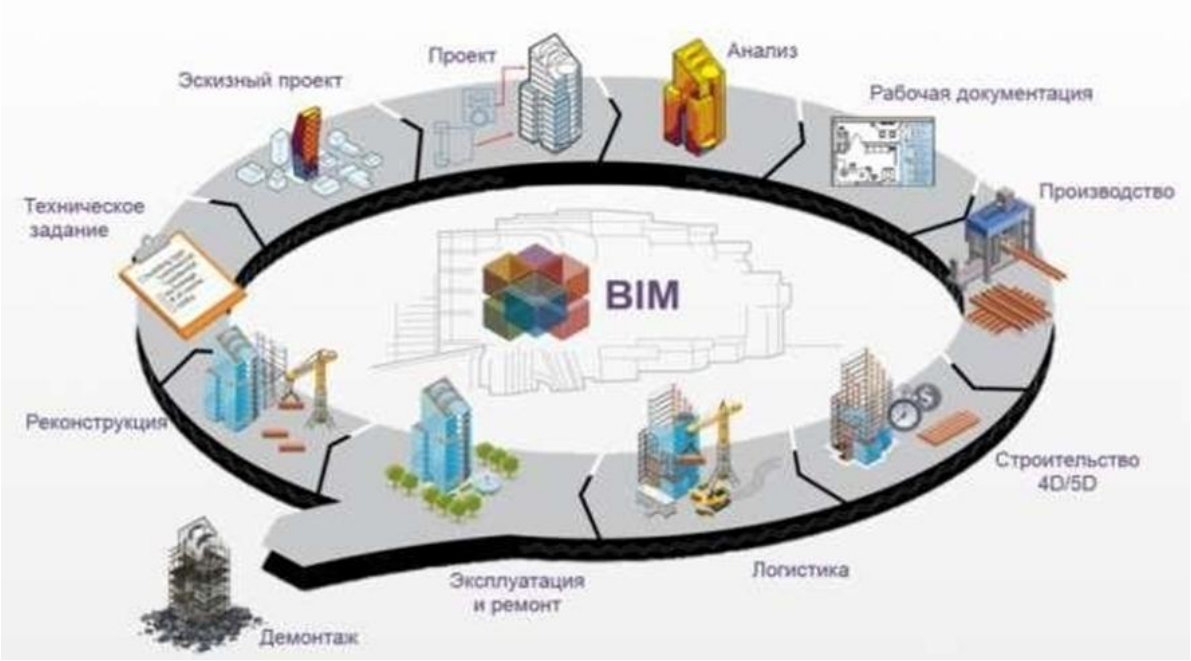


Рисунок 1 – Этапы использования BIM

Спецификация применения инструментов визуализации

Современные технологии достигли такого уровня, что эту возможность теперь можно реализовать непосредственно через смартфон. Камера устройства сканирует плоскую поверхность с рисунком, узором или QR-кодом и связывает с ней 3D-объект. При этом некоторые модели смартфонов оснащены лидаром (LiDAR) – лазерным сканером, который повышает точность распознавания пространства и делает взаимодействие с виртуальными объектами ещё более плавным и реалистичным.

Таблица 1 – Возможности лоне использования клавиатурой VR/шлему AR

Визуализация «цифрового двойника» с целью имитации реальной среды	
Виртуальный осмотр производственной площадки	
Визуализация специфических компонентов и функция за физическими границами оборудования	
Виртуальная тренировка по сборке/разборке и конфигурированию оборудования. Использование инструкций по сборке в процессе обучения	
Виртуальные тренировки по работе в условиях повышенной опасности. Виртуальные тренировки по поведению в экстренных ситуациях и ликвидации аварий.	
Сравнение физической и виртуальной версий оборудования.	

Принцип работы в тренажере в виртуальной среде примерно следующий: надевая очки виртуальной реальности, пользователь появляется на виртуальной площадке, где перед ним ставится задача, к примеру «Оценить состояние несущей конструкции и зафиксировать нарушения». Таким образом, обучаемый должен в течении определенного времени провести аналитический обзор, найти и зафиксировать дефекты. В данном случае реальный мир ему заменяют очки виртуальной реальности, контроллеры – манипуляторы, наушники.

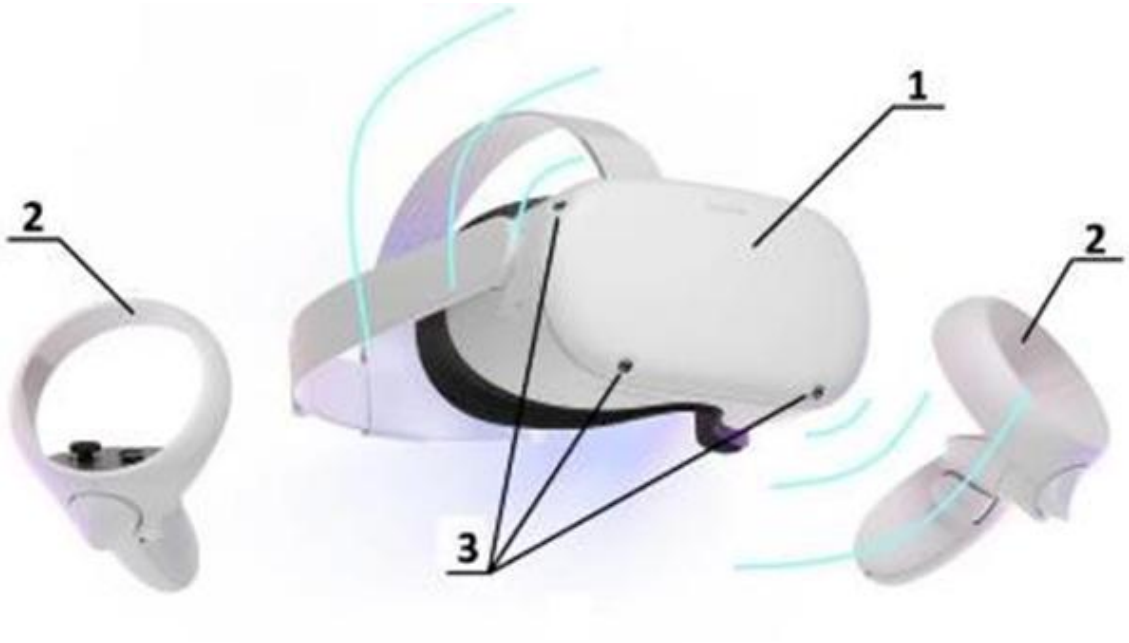


Рисунок 2 – Модель VR шлема (1– шлем виртуальной реальности. 2– контроллеры – манипуляторы. 3– датчики отслеживающие положения шлема и контроллеров в пространстве.)

Инновационные подходы к обучению с применением технологий VR/AR.

Современный мир претерпевает стремительное развитие технологий оказывающих значительное воздействие на различные сферы человеческой деятельности. В образовательном контексте, особенно в области строительства и дизайна, технологии дополненной и виртуальной реальности (AR и VR) становятся важными инструментами для усовершенствования обучения и подготовки будущих строителей и дизайнеров. Эти инновационные методы открывают новые перспективы для образовательных учреждений, предоставляя студентам уникальные возможности для обучения.

Актуальность использования технологий AR и VR в данном контексте сложно переоценить. Сферы строительства и дизайна требуют от специалистов глубоких знаний и практических навыков, и технологии AR и VR предоставляют эффективные средства для интерактивного обучения.

Преимущества применения технологий AR и VR в обучении строителей и дизайнеров огромны. Во– первых, они позволяют студентам переходить от абстрактных представлений к реальным, осязаемым опытам, создавая возможность взаимодействия с объектами и окружающей средой. Это способствует более глубокому усвоению материала и развитию практических навыков.

Во– вторых, технологии AR и VR способствуют созданию условий для обучения в реальных условиях без фактического присутствия на месте. Студенты могут исследовать строительные объекты, дизайнерские концепции и архитектурные проекты, взаимодействуя с ними в виртуальном пространстве.

В– третьих, использование AR и VR позволяет разрабатывать индивидуализированные образовательные программы, учитывая разные темпы обучения и стили восприятия информации студентами. Это повышает эффективность обучения и стимулирует активное

участие в процессе. Однако существуют определенные трудности, связанные с использованием технологий

AR и VR в образовании строителей и дизайнеров. Технические ограничения, такие как требования к оборудованию и доступность программного обеспечения, могут стать препятствием для полноценной реализации потенциала этих технологий.

Педагогические сложности включают разработку эффективных образовательных программ, максимально использующих возможности AR и VR. Преподаватели также сталкиваются с необходимостью обучения студентов использованию новых технологий, что требует времени и ресурсов.

Организационные аспекты включают в себя внедрение технологий в существующие учебные программы, что может потребовать пересмотра курсов и методов обучения.

Для подтверждения актуальности предмета данного исследования, обратим внимание на работу ученых Московского государственного педагогического университета (МГПУ), где проведен первый этап исследования применения иммерсивных XR– технологий, объединяющих дополненную и смешанную реальности, в высших учебных заведениях по всему миру. Результатом данного исследования является составление картотеки кейсов, структурированной по различным направлениям использования [2].

Исследование «Иммерсивные технологии в образовании» от МГПУ проходит в несколько этапов. В ходе первого этапа эксперты собрали и систематизировали имеющиеся примеры. Картотека кейсов организована в соответствии с разными областями применения XR– технологий в высшем образовании. Среди них визуализация и моделирование объектов, совместные практики взаимодействия с объектами в виртуальной реальности, создание среды для совместного исследования объектов и другие аспекты.

Одним из распространенных применений иммерсивных технологий в образовании является визуализация объектов с использованием виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальностей. Интеграция технологий дополненной и виртуальной реальности (AR и VR) в учебный процесс предоставляет значительные возможности для улучшения обучения и обогащения опыта студентов. Рассмотрим некоторые успешные кейсы интеграции этих технологий.

Санкт-Петербургская государственная архитектурно– строительная университет (СПбГАСУ) разработала программный комплекс для виртуализации ТИМ– моделей с сохранением метаданных. Этот комплекс поддерживает отечественное программное обеспечение ТИМ– моделирования и обладает широким функционалом. Разработка велась в рамках федерального инновационного проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций». Программный комплекс может использоваться в профессиональной деятельности и образовательном процессе. ТИМ– модель включает информацию об архитектурных и конструктивных особенностях, системах отопления, вентиляции и др. Этот программный комплекс является единственным решением в области VR– визуализации ТИМ– моделей, совместимым с программой ТИМ– моделирования Renga. СПбГАСУ сохраняет и улучшает свои позиции в рейтинге RAEX-100 и предметных рейтингах вузов за 2023 год [3-5].

Заключение

Интеграция информационного моделирования (BIM/ТИМ) с технологиями виртуальной и дополненной реальности открывает новые возможности для строительной отрасли. Иммерсивное взаимодействие с цифровой моделью обеспечивает более глубокое понимание проекта, повышает наглядность и точность принятия решений на всех этапах жизненного цикла объекта. Такое сочетание технологий способствует не только оптимизации проектных и строительных процессов, но и созданию качественно новой среды для сотрудничества между

всеми участниками проекта. Дальнейшее развитие и внедрение BIM+XR-решений станет важным шагом к формированию полностью цифровой и интуитивно понятной экосистемы строительства.

Список использованных источников

1. Голован Гришина, Н.В. Эксплуатируй это: о пользе BIM на этапе эксплуатации [Электронный ресурс] / Н.В. Гришина // Цикл авторских публикаций об информационном моделировании зданий . – 2017. – URL: *https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19458*

2. В России изучили применение виртуальной реальности в образовании // Московский городской университет МГПУ : [сайт]. – URL: *https://www.mgpu.ru/v-rossii-izuchili-primenenie-virtualnoj-realnosti-v-obrazovanii/* – Текст : электронный.

3. Виртуальная реальность для строителей будущего // СПбГАСУ : [сайт]. – URL: *https://www.new.spbgasu.ru/news-and-events/news/virtualnaya-realnost-dlya-stroiteley-budushchego-/* – Текст : электронный.

4. Откуда взялся BIM: История виртуальной архитектуры [Электронный ресурс]. – URL: *http://archspeech.com/article/otkuda-vzyalsya-bim-istoriya-virtual-noyarhitektury*

5. Петрова Е.А. Предшественники BIM. История проектирования зданий [электронный ресурс]/Е.А. Петрова // цикл авторских публикаций. – 2014. – URL: *http://bim-proektstroy.ru?p=57*

УДК 004.41

Разработка веб-приложения для эффективного планирования и отслеживания выполнения строительных задач

*Кузнецов Н.И. *, студент.*

* Ответственный за переписку: nikitka.cuznetcov2010@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Разработанный веб–сервис предназначен для организации, отслеживания и оценки прогресса задач. Платформа построена на клиент-серверной структуре и объединяет функции распределения задач, разграничения прав доступа, мониторинга дедлайнов, логирования правок и коммуникации сотрудников. Ключевой упор сделан на процедуру подтверждении результатов, где сдача этапа невозможна без одобрения ответственного лица. Встроена синхронизация с календарями, оповещения и файловое хранилище, прикрепляемое к поручениям. Данная методика помогает улучшить наглядность всех строительных этапов и уменьшите вероятность задержек.

Ключевые слова: управление задачами, веб-сервис, строительные процессы, контроль исполнения, автоматизация, иерархия доступа, уведомления, аудит, планирования работ.

Введение

Современные инженерные объекты обладают масштабным характером. Сейчас в процессах задействовано множество специалистов, а сами этапы тесно связаны между собой. Любая оплошность или задержка при проведении работ грозит колоссальными убытками, а также вызывает ощутимое смещение графика. Ранее для нужд администрирования объектов применялись привычные методы фиксации, опирающиеся на бумаги. Однако, данные условия доказывают неспособность гарантировать надлежащий надзор за ходом стройки. По этой самой причине возникает необходимость установки особых цифровых комплексов, способных оптимизировать всю деятельность по графику и мониторингу текущих задач [1,2].

Цель работы – разработка системы для планирования и мониторинга выполнения задач, включая внедрение инструментов контроля прав, оптимизацию операций и усиление продуктивности коммуникации между персоналом.

Материалы и методы

Система реализована в виде веб–сервиса, который использует технологии платформы .NET. В качестве серверной части за основу был взят ASP.NET Core Web API. Данная технология дает обработку HTTP-запросов, реализацию бизнес-логики, а также взаимодействие с клиентской частью программы.

Приложение построена по многоуровневой структуре. Это значит, что вся логика разбита на несколько частей. Отдельно обрабатываются все запросы, отдельно хранится логика работы всей системы и отдельно происходит работа с базой данных. Метод облегчает написание и дает хорошую стабильность. [3]

Для хранения данных используется реляционная база данных «PostgreSQL», благодаря этому система имеет высокую надежность и масштабируемость [4, 5]. Взаимодействие с базой данных выстроено через Entity Framework Core. Указанный инструментарий дает возможность управлять записями как объектами, минуя ручное управление через создание SQL-команд.

Главным средством написания кода стал C#. Он комфортен для создания серверных инструментов и отлично сочетается с используемыми технологиями.

Для защиты данных задействован алгоритм авторизации на базе токенов. По завершении входа клиент обретает уникальный код, который подтверждает статус доступа.

На главной странице сайта изображены задачи. Они включают в себя название, статус, исполнителя, сроки выполнения и описание. Клиент может создать задачу, назначить ответственного и выставить дату начала и конца. Далее данная задача проходит ряд фаз: сперва проектируется, потом реализуется, затем подается на контроль и в итоге завершается. Особенность в том, что нельзя закрыть задачу без одобрения начальника. Данный подход позволяет исключить случаи, когда труд условно окончен, однако по факту еще не сделан.

Платформа мониторит график непрерывно. Если задача не завершится в указанные сроки, она обретает статус просроченной. Это способствует активнее решать и реагировать на проблемы.

Еще в системе есть уведомления. Пользователи получают уведомление о ключевых событиях:

– назначение задачи;
– изменение статуса;
– отправка на проверку;
– подтверждение или отклонение результата.

Также была внедрена функция хранения файлов, привязанных к задачам. Пользователь может прикреплять всевозможные материалы, требуемые для выполнения задач. Для каждого такого материала сохраняется информация о загрузившем пользователе и времени загрузки.

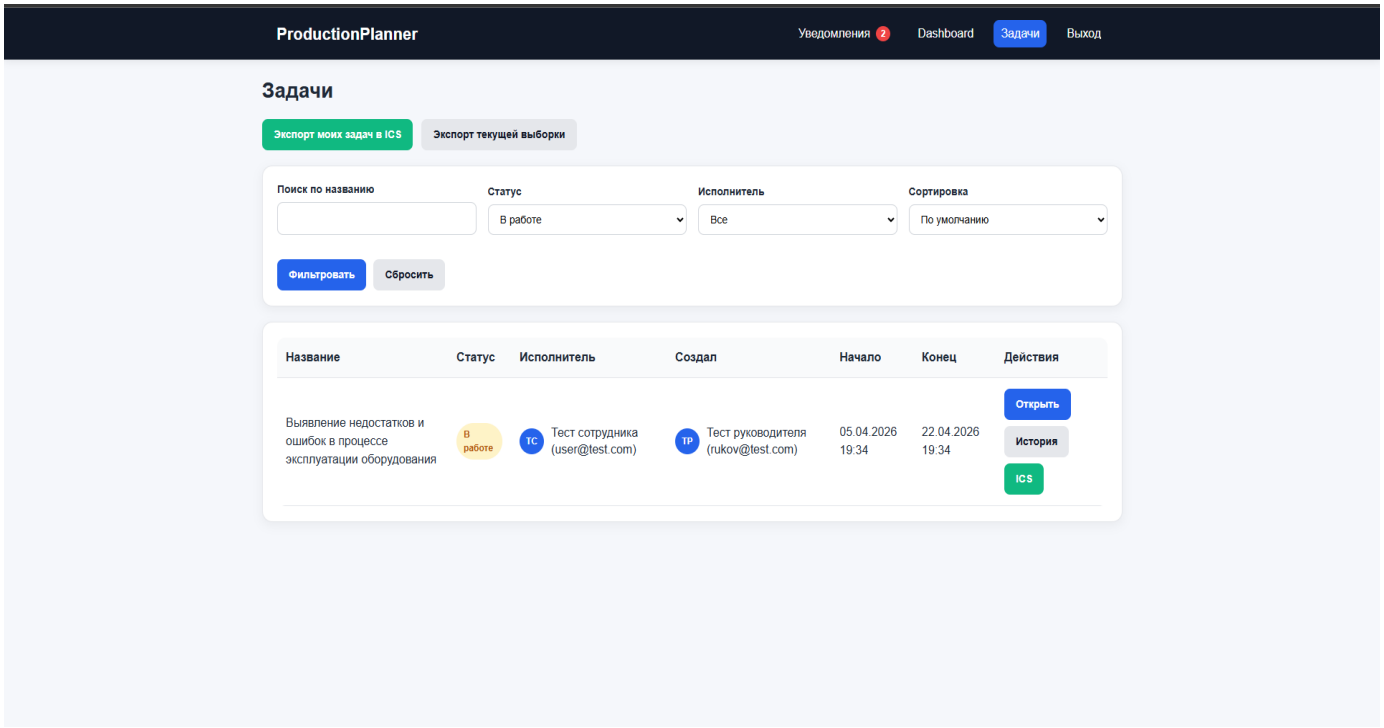


Рисунок 1 – Интерфейс системы (Источник: Составлено автором Кузнецов Н.И.)

Результаты исследования

В результате был создан веб–сервис, предназначенный для контроля рабочих процессов внутри строительной компании. Тестирование подтвердило надежность платформы. Базовый функционал работает исправно, а сотрудники взаимодействуют между собой без системных ошибок.

Внедрение продукта оптимизирует время на координацию задач. Становится проще контролировать зоны ответственности и стадии реализации текущих и будущих задач. Помимо прочего, уменьшается вероятность ошибок. Это обусловлено записью любых операций и автоматическим наблюдением за дедлайнами.

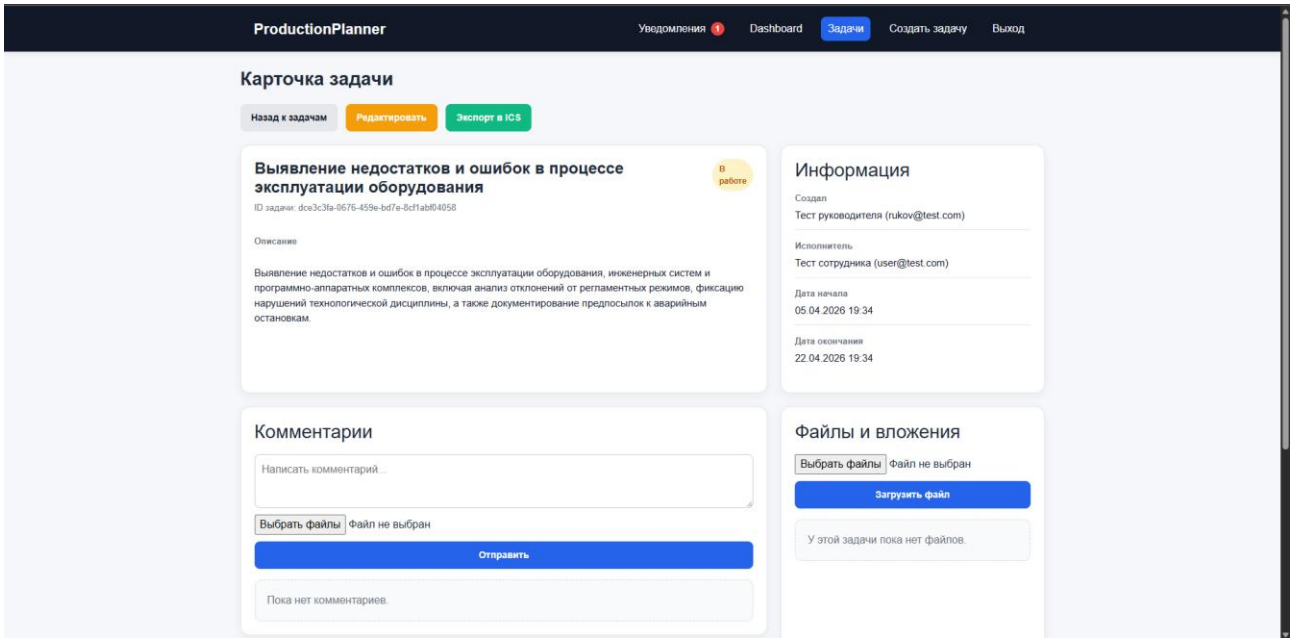


Рисунок 2 – Страница с задачей (Источник: Составлено автором Кузнецов Н.И.)

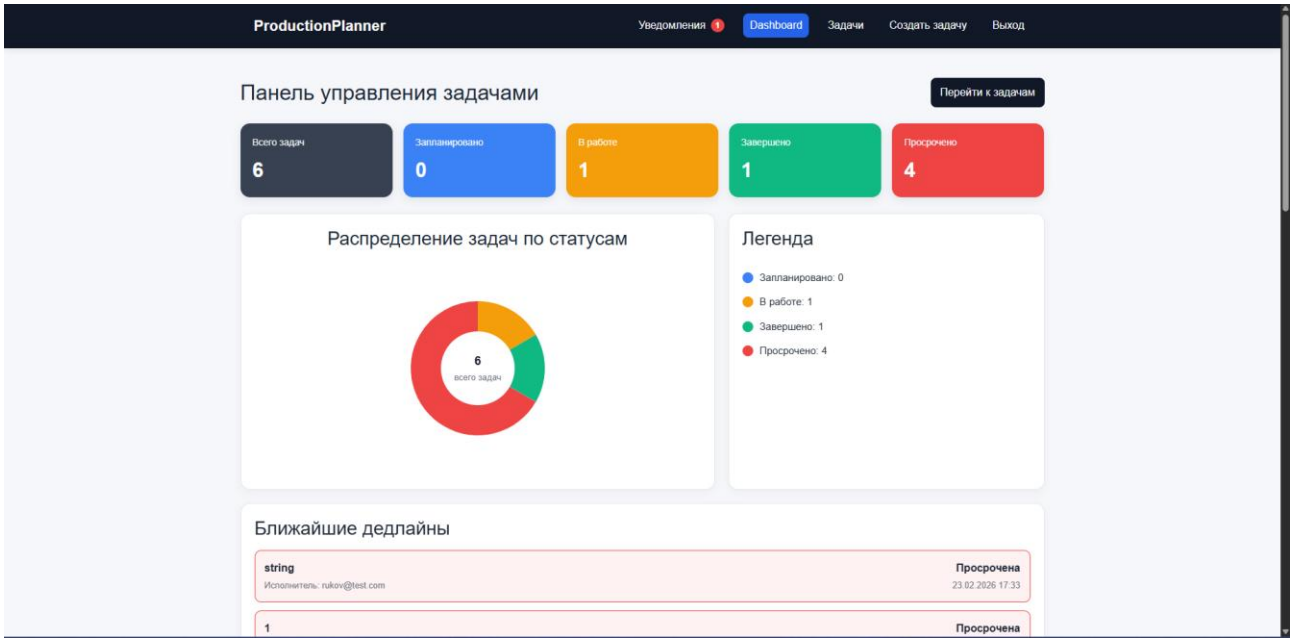


Рисунок 3 – Страница с общей информацией о всех задачах (Источник: Составлено автором Кузнецов Н.И.)

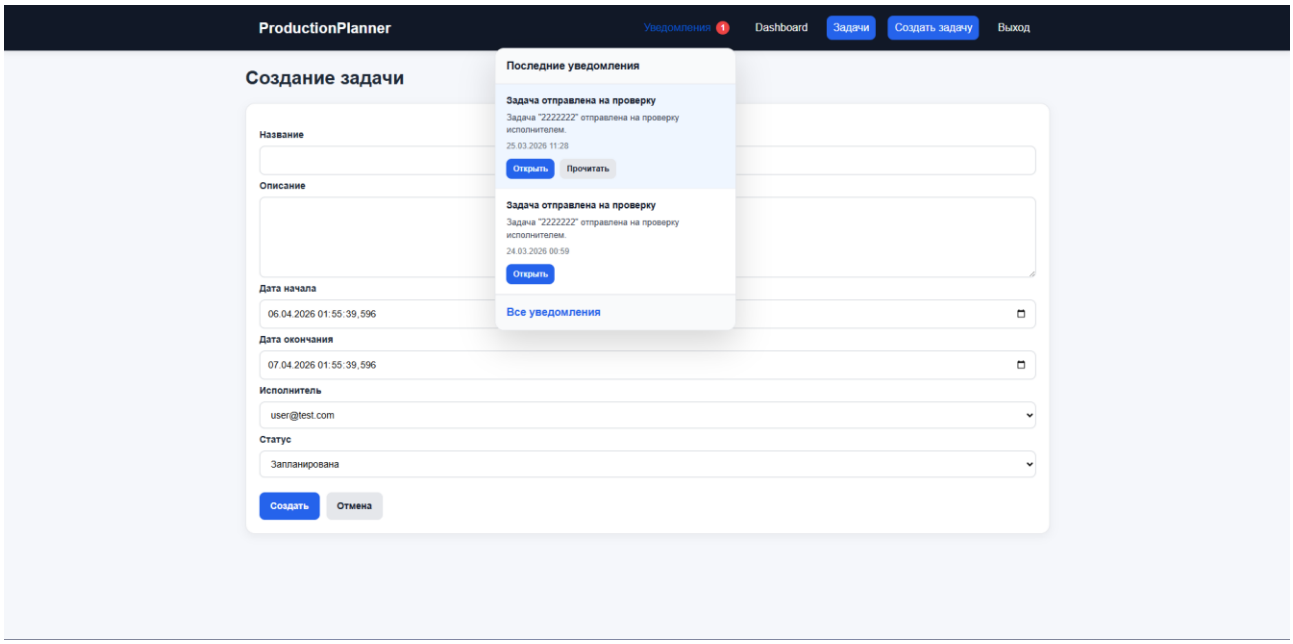


Рисунок 4 – Страница с созданием задачи и уведомлениями (Источник: Составлено автором Кузнецов Н.И.)

Заключение

Созданный программный продукт предназначен для качественного администрирования объектов в сфере строительства.

Платформа дает возможность планировать работу, назначать поручения и следить за всеми стадиями исполнения. Практика показывает, что подобные внедрения способствуют росту результативности деятельности и минимизируют число различных ошибок. Предложенный метод пригоден для применения действующими подрядчиками. При потребности функционал платформы можно расширить и включить в него новые функции.

Список использованных источников

1. Лавлинская О. Ю., Кузнецов В. И., Петрученко М. К. Скриптовый язык PowerShell как средство автоматизации работы с объектами службы active directory // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2019. – № 1(15). – С. 55-58. *https://www.elibrary.ru/cirqcg*

2. Куклина, И. Г. Автоматизация процессов проектирования при создании и эксплуатации специальных автомашин / И. Г. Куклина // Computational Nanotechnology. – 2019. – Т. 6, № 4. – С. 9-17. *https://doi.org/10.33693/2313-223X-2019-6-4-9-17*

3. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Современные технологии в теории и практике программирования : сборник материалов научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 26–27 апреля 2023 г. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 267 с. *https://www.elibrary.ru/gwqcud*

4. Семенова, О. С. Основы проектирования баз данных / О.С.Семенова, КузГТУ // Электрон. издан. – Кемерово, 2018. – С. 1-33.

5. Трусова, А. Ю. Создание электронных баз данных оценочных структур в технической терминологии машиностроения / А. Ю. Трусова, А. С. Куклина // Наука и образование в XXI веке : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 34 частях, Тамбов, 30 сентября 2013 года. – Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2013. – С. 123-124. *https://www.elibrary.ru/sagdph*

УДК 10.18454

Разработка программного обеспечения для автоматизированной обработки результатов обследования зданий

*Мирошниченко Д.А., студент; Балынин С.Ю. *, доцент, канд. техн. наук*

* Ответственный за переписку: balhouse@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрена проблема высокой трудоёмкости камеральной обработки обследований зданий. Выявлены недостатки существующих методов отчётности: ручное заполнение, отсутствие единой классификации дефектов, большие затраты времени. Представлена авторская разработка – ПО с модулями классификации, автозаполнением шаблонов по ГОСТ 31937-2024 и автоматизированными расчётами. Использование системы сократит время подготовки отчёта в несколько раз и снизит влияние человеческого фактора.

Ключевые слова: обследование зданий, технический отчёт, автоматизация, классификация дефектов, программное обеспечение.

Научный руководитель – преподаватель кафедры технологии строительства ННГАСУ, канд. техн. наук, доцент Балынин Станислав Юрьевич.

Техническое обследование зданий и сооружений традиционно завершается составлением развёрнутого технического заключения, которое включает текстовую часть, таблицы с результатами измерений, расчёты несущей способности, ведомости дефектов, графические материалы и итоговое заключение о категории технического состояния [1]. Как показывает практика, до шестидесяти процентов рабочего времени инженера при проведении обследования приходится не на полевые работы, а на камеральную обработку данных и оформление отчёта [2].

Существующие подходы к обработке результатов можно условно разделить на три группы. Ручной метод с использованием текстовых редакторов и табличных процессоров страдает низкой скоростью, ошибками при копировании данных и ручном вводе. Полуавтоматический метод с применением CAD-систем для чертежей и отдельных расчётных программ приводит к разрозненности информации. BIM-решения, такие как Autodesk Revit со специализированными плагинами, часто оказываются избыточно дорогими и сложными для малых и средних организаций [3]. Таким образом, задача создания доступного, ориентированного на российские нормативы программного обеспечения, объединяющего обработку полевых данных, классификацию дефектов и формирование отчёта, является актуальной.

В разрабатываемую систему входят несколько ключевых модулей. Модуль классификации конструкций и дефектов реализует иерархическую структуру в соответствии с СП 13-102-2003. Для каждого конструктивного элемента – фундаментов, стен, перекрытий, покрытий, перегородок и остальных – определены типовые дефекты, такие как трещины с градацией по ширине раскрытия, коррозия, увлажнение и биоповреждения. Каждый дефект привязан к категории технического состояния [4]. Например, при вводе параметра «трещина в кирпичной стене шириной раскрытия 2,5 мм» система автоматически предложит категорию

«ограниченно-работоспособное состояние» и формирует соответствующий шаблон рекомендаций.

Модуль ввода и обработки данных полевых измерений позволяет загружать результаты неразрушающего контроля, геометрические обмеры и фотофиксацию с привязкой к конкретному элементу. Система автоматически вычисляет среднюю прочность материала, определяет класс бетона или марку кирпича. Модуль автоматических расчётов содержит встроенные зависимости для проверки несущей способности или эксплуатационной среды. Все расчёты выполняются с подстановкой измеренных значений, и результат выводится в виде готового протокола.

Модуль формирования отчёта использует предварительно созданные шаблоны разделов, включая титульный лист, перечень нормативной документации, ведомость дефектов, графические материалы, фотоматериалы, протоколы испытаний, расчёт несущей способности, заключение и рекомендации. Данные подтягиваются из единой базы, что исключает дублирование и несогласованность информации. Итоговый отчёт может быть экспортирован в форматах .docx и .pdf.

Схема работы разрабатываемой системы представлена на рис. 1.

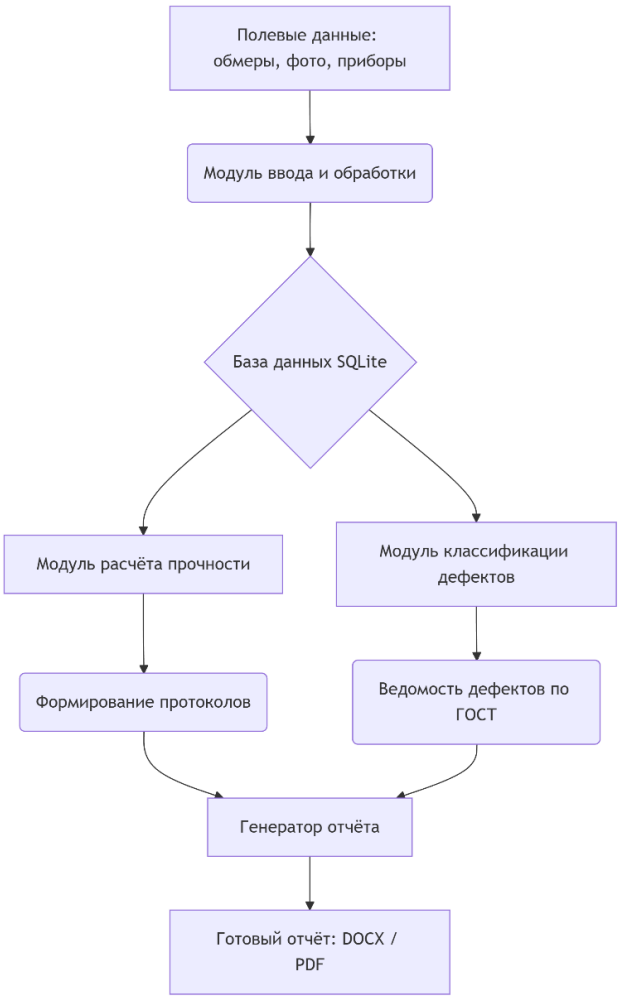


Рисунок 1 – Схема работы системы

При ручном составлении отчёта регулярно возникают системные проблемы. Ширина трещины, указанная в текстовом описании, может отличаться от значения в таблице или на

схеме. Один инженер относит один и тот же дефект к ограниченно-работоспособному состоянию, а другой – к аварийному. Даже простые формулы, такие как перевод чисел отскока склерометра в прочность материала, требуют значительного времени и постоянного внимания, что повышает риск арифметических ошибок. Кроме того, при ручном оформлении часто отсутствуют обязательные приложения к отчёту или нарушается структура. При изменении исходных данных, уточнении прочности материала по результатам дополнительных испытаний, приходится вручную править несколько разделов, что практически неизбежно приводит к появлению новых ошибок.

Разрабатываемое программное обеспечение решит эти проблемы благодаря использованию единого хранилища данных, где изменение информации в одном месте автоматически обновляет все связанные разделы отчёта. Автоматические расчёты с сохранением промежуточных результатов позволяют не только ускорить вычисления, но и обеспечить их полную воспроизводимость.

Традиционный ручной метод с использованием текстовых и табличных редакторов требует на один объект от двадцати до сорока часов. Применение CAD-систем в сочетании с расчётными комплексами сокращает это время до пятнадцати-двадцати пяти часов, но при этом требует высокой квалификации персонала и наличия дорогостоящих лицензий. Разрабатываемая система позволит подготовить полный отчёт за четыре-восемь часов, причём обучение персонала займёт не более трёх дней. Единая классификация дефектов и автоматическое соответствие шаблонам реализованы только в предложенном решении, тогда как в других подходах они либо отсутствуют, либо реализованы частично. Важно отметить, что автоматизированные расчёты протоколов неразрушающего контроля в других системах, как правило, не предусмотрены и выполняются вручную.

Разрабатываемое программное обеспечение позволит автоматизировать ключевые этапы камеральной обработки результатов обследований, включая классификацию дефектов, расчёты по протоколам неразрушающего контроля и формирование технического отчёта в полном соответствии с требованиями ГОСТ 31937-2024. Система снизит временные затраты в три-пять раз, уменьшает количество ошибок и обеспечивает единообразие документации. Дальнейшие направления развития включают интеграцию с BIM-моделями через экспорт в формат IFC, создание мобильного приложения для полевого сбора данных, а также пополнение базы дефектов [5].

Список использованных источников

1. Георгиевский, Н. Н. Техническое обследование зданий и сооружений / Н. Н. Георгиевский, Т. А. Лобанова // Теория и практика современной науки. – 2018. – № 10(40). – С. 112-114. *https://elibrary.ru/vpmmtu*

2. Пичуева, А. С. Методы обследования зданий и сооружений / А. С. Пичуева // Парадигма. – 2025. – № 5-2. – С. 355-360. *https://elibrary.ru/bmnnni*

3. Русских, А. Г. Применение програмного комплекса AUTODESK REVIT в обследовании зданий / А. Г. Русских // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 11-2(53). – С. 75-77. *https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.53.141*

4. Ефимов, В. В. Систематизация целей обследования зданий и сооружений / В. В. Ефимов // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 11(119). – С. 433-444. *https://elibrary.ru/oqlmex*

5. Половникова, Н. А. Цифровизация в строительстве в России / Н. А. Половникова // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2022. – № 12-2(94). – С. 102-105. *https://doi.org/10.24412/2411-0450-2022-12-2-102-105*

УДК 004.65:624.04

Проектирование реляционной базы данных экспериментальных исследований каменной кладки для моделей машинного обучения

Пестрикова В.И., студент; Поздеев М.Л., аспирант каф. ТСиТМ, канд. техн. наук; Кислицын Д.И., зав. каф. ИСТ, канд. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: maksim.leon.pz@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В работе описана разработка реляционной базы данных с графическим веб-интерфейсом для систематизации, хранения и анализа результатов экспериментальных исследований каменных кладок. Программа реализована на платформе Streamlit с использованием облачной базы данных Supabase (PostgreSQL). Предусмотрен многошаговый интерфейс для добавления данных об испытаниях кирпича, раствора и кладки, включая кривые деформирования. Реализована система модерации записей с панелью администратора. Описана структура базы данных, архитектура программы и функциональные возможности каждого модуля. Разработанный инструмент позволяет исследователям удобно накапливать и сравнивать экспериментальные данные по каменным кладкам в единой открытой базе.

Ключевые слова: каменная кладка, база данных, машинное обучение, экспериментальные исследования, кривые деформирования

Введение

Современные достижения в области механики каменных конструкций совместно с развитием численных методов решения задач теории пластичности и механики разрушения позволяют прогнозировать напряженно-деформированное состояние конструкций с возрастающей точностью. Однако проектирование новых зданий или расчет элементов исторических сооружений по-прежнему сопряжены с проблемой большой вариативности физико-механических характеристик кладок, что требует использования больших коэффициентов надежности по материалу в сравнении с металлическими или железобетонными конструкциями.

С одной стороны, это связано с большим числом скрытых параметров, эффекты влияния которых не могут быть определены с требуемой точностью, с другой – со сложностью проведения экспериментальных исследований на представительных фрагментах кладок. Совместно с большой номенклатурой современных кладочных изделий это привело к разрыву между возможностью современных численных методов и объемом эмпирических данных, требуемых для их валидации.

В практике расчета конструктивных систем зданий наиболее актуальными остаются модели, в рамках которых кладка рассматривается как однородный изотропный [1,2] или ортотропный материал [3, 4], при этом его механические характеристики определяются на основании аналитических зависимостей или по результатам испытаний представительных фрагментов, что может быть затруднено при реконструкции исторических зданий.

Известные на сегодня аналитические зависимости ограничены в своей прогностической способности ввиду малого набора входных параметров. Современные исследования указывают на возможность применения методов машинного обучения для прогнозирования некоторых параметров кладки. При этом в большинстве работ за последние годы, в частности [5,6,7], рассматривается прогнозирование предела прочности кладки на сжатие. В рассмотренный период наблюдается рост размера выборки, а также рост количества входных параметров, учитываемых в моделях. Одна из наибольших выборок состоит из 611 образцов, собранных из 78 источников [6].

Существенно меньшее количество работ связаны с прогнозированием предела прочности кладки на сдвиг или диагональное раскалывание [8,9,10], начального модуля деформации [11]. При этом подавляющее число современных физически нелинейных моделей остаются требовательными к количеству входных параметров, среди которых также предел прочности кладки на растяжения, предельные относительные деформации, величины энергии разрушения и другие.

Все это делает задачу создания открытых баз данных и новых инфраструктурных решений для их масштабирования актуальной как для увеличения обучающих выборок для построения моделей машинного обучения, так и для расширения баз данных для валидации численных моделей метода конечных элементов.

Над задачей агрегирования и систематизации экспериментальных данных работали и другие авторы. Например, в работе [12] представлена база данных, посвященная оценке механических свойств стен из двухслойной каменной кладки. Известны базы данных, связанные с вопросами сейсмостойкости каменных конструкций [13].

Несмотря на наличие ранее разработанных решений, в большинстве случаев базы данных реализованы в виде статических таблиц с ограниченным набором исследованных напряженных состояний, что существенно ограничивает их масштабируемость, актуальность и удобство коллективного использования. В этой связи наиболее эффективным подходом к формированию обширной и постоянно обновляемой базы экспериментальных данных представляется разработка специализированного веб-сервиса, обеспечивающего централизованное хранение и структурирование информации, а также предоставляющего исследователям интуитивно понятный графический интерфейс для ввода, валидации и последующего вывода результатов.

Структура базы данных

Структура реляционной базы данных отражает как физическую иерархию объекта (кладка как материал, состоящий из кирпича и раствора), так и методологию проведения испытаний, рис. 1.

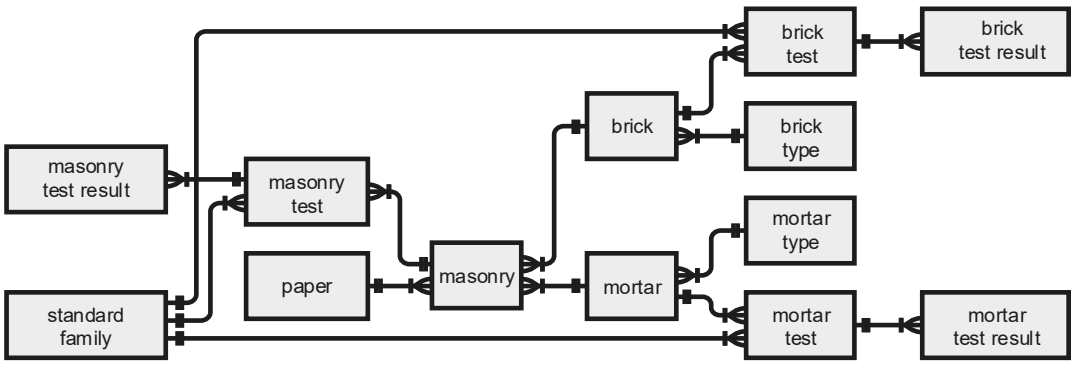


Рисунок 1 – ER-диаграмма разработанной базы данных

В центре схемы находится сущность masonry, представляющая образец кладки как композитный материал, включающий кирпич brick и раствор mortar. Связи типа «многие к одному» между masonry и базовыми материалами показывают, что каждый образец кладки формируется из конкретной комбинации кирпича и раствора с заданными характеристиками.

Испытания кладки представлены сущностью masonry test, связанной с masonry отношением «многие к одному». Это отражает возможность проведения серии испытаний на образцах с идентичными параметрами. Основным параметров каждого испытаний является вид напряженного состояния, характеризуемый параметром ξ и изменяемый от значения −2 в области двухосного сжатия до +2 в области двухосного растяжения:

$$\xi = \sqrt{2}\sigma_{oct}/\tau_{oct}, \quad (1)$$

где σ_{oct}, τ_{oct} – октаэдрическое нормальное и касательное напряжение.

Это позволяет унифицировать широкий спектр испытаний по различным стандартам.

Результаты испытаний masonry test result отделены от описания самих испытаний. Это позволяет хранить несколько наборов результатов для одного испытания.

Аналогичная структура реализована для испытаний отдельных материалов: brick test и mortar test с соответствующими таблицами результатов (brick test result и mortar test result).

Сущность standards family вводит уровень нормативной классификации. Связи с masonry test, brick test и mortar test фиксируют принадлежность каждого испытания к определенной группе стандартов.

Сущность paper связана с masonry отношением «один ко многим», что отражает происхождение экспериментальных данных из научных публикаций. Это решение позволяет агрегировать все образцы кладки, описанные в одной работе, и сохранять библиографические ссылки в структурированном виде.

Такая организация данных облегчает проведение статистического анализа, сопоставление результатов различных исследований и расширение базы при добавлении новых экспериментальных данных.

Архитектура программы и функциональные модули

Интерфейс программы показан на рис. 2 и включает три модуля.

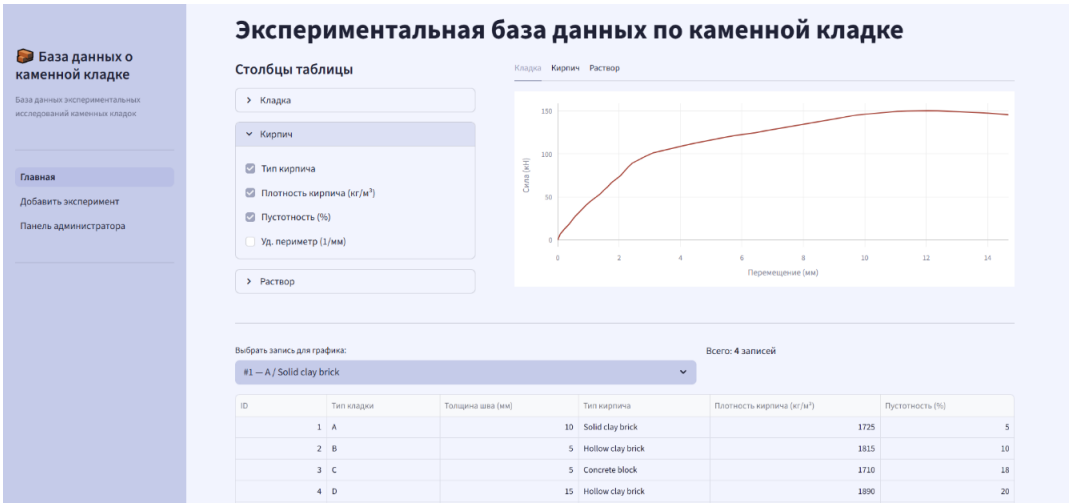


Рисунок 2 – Интерфейс главной страницы разработанной программы

Главная страница отображает все эксперименты в виде интерактивной таблицы с системой фильтрации, аналогичной Excel, что позволяет быстро находить нужные данные.

Дополнительно пользователь может настраивать отображение категорий («кладка», «кирпич», «раствор») и отдельных столбцов.

Справа расположена область визуализации: интерактивный график, обновляющийся при выборе строки. Он разбит на три вкладки по категориям и отображает зависимость «сила – перемещение».

Данные графиков хранятся в виде текста CSV-файлов в базе, что позволяет точно воспроизводить кривые и при необходимости скачивать исходные данные.

Страница добавления эксперимента состоит из четырёх шагов: загрузка BibTeX-файла и ввод данных о кирпиче, растворе и кладке. Из .bib автоматически извлекаются основные сведения с возможностью редактирования. На каждом этапе можно добавлять неограниченное число испытаний и загружать CSV-файлы с кривыми деформирования. Доступен пример файла. После заполнения запись получает статус pending и ожидает проверки; несвязанные материалы удаляются автоматически.

Панель администратора доступна через авторизацию Supabase Auth. Администратор видит статистику записей и список заявок со статусом pending. Для каждой заявки доступны все данные, включая BibTeX и результаты испытаний, а также интерактивные графики и CSV-файлы. Возможны действия: одобрить, отклонить с причиной или удалить запись. Статус синхронизируется с таблицей paper.

Результаты

Разработанное программное решение позволяет стандартизировать процесс накопления экспериментальных данных по каменным кладкам. Использование облачной базы данных обеспечивает доступность системы с любого устройства и возможность совместной работы нескольких исследователей. Кэширование запросов снижает нагрузку на базу данных при интенсивном использовании приложения.

Привязка каждой записи к библиографическому источнику через таблицу paper обеспечивает прослеживаемость данных: администратор может проверить оригинальную публикацию непосредственно в панели модерации, просмотрев текст BibTeX-записи. Система модерации исключает попадание в публичный доступ некачественных или ошибочных данных.

Хранение кривой зависимости «сила – перемещение» в виде текста исходного CSV-файла в поле таблицы базы данных позволяет воспроизвести кривую без потерь точности, строить интерактивный график в приложении и при необходимости скачать оригинальный файл.

Заключение

В работе представлен веб-сервис для систематизации и хранения результатов экспериментальных исследований каменных кладок. Разработанный инструмент охватывает полный жизненный цикл данных: от их ввода исследователем через структурированную многошаговую форму с привязкой к источнику в формате BibTeX до последующей проверки администратором и публикации в общей базе данных. Такой подход обеспечивает упорядоченность, целостность и достоверность хранимой информации.

Ключевыми преимуществами разработанного решения являются централизованное хранение данных, унификация их структуры и удобство доступа. Использование реляционной базы данных позволяет эффективно организовать взаимосвязанные параметры экспериментов (кладка, кирпич, раствор), а также обеспечивает надежность и масштабируемость системы. Хранение данных в стандартизированном формате, согласованном с международными

практиками, упрощает их интеграцию с внешними источниками и повышает воспроизводимость результатов исследований.

Дополнительным преимуществом является развитый пользовательский интерфейс, предоставляющий гибкие инструменты фильтрации и настройки отображения данных. Это позволяет пользователю быстро находить необходимые эксперименты, адаптировать представление таблицы под конкретные задачи и проводить первичный анализ без необходимости выгрузки данных во внешние программы.

Применение современных технологий, таких как Streamlit и Supabase, обеспечивает простоту разработки, развертывания и сопровождения системы, а также делает ее доступной для использования и адаптации исследователями, занимающимися вопросами машинного обучения в области механики строительных конструкций.

Список использованных источников

1. Nastri, E. Macromechanical Failure Criteria: Elasticity, Plasticity and Numerical Applications for the Non-Linear Masonry Modelling / E. Nastri, P. Todisco // Buildings. – 2022. – Vol. 12. – Macromechanical Failure Criteria. – № 8. *https://doi.org/10.3390/buildings12081245*

2. Поздеев, М. Л. Квазиортотропная деформационная теория пластичности каменных кладок при плоском напряженном состоянии / М. Л. Поздеев, С. Ю. Лихачева, И. В. Смагин // Вестник НИЦ Строительство. – 2024. – № 4(43). – С. 218-231. *https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4(43)-218-231*

3. An orthotropic damage model for masonry walls with consistent damage evolution laws / T. Teschemacher, P. Kalkbrenner, L. Pelà [et al.] // Materials and Structures. – 2023. – Vol. 56. *https://doi.org/10.1617/s11527-023-02220-x*

4. Тюпин, Г. А. Деформационная теория пластичности каменной кладки / Г. А. Тюпин // Строительная механика и расчет сооружений. – 1980. – № 6. – С. 28-30.

5. Sathiparan, N. Comparative analysis of machine learning models and standard codes for predicting compressive strength in hollow block masonry / N. Sathiparan, P. Jeyananthan // Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture. – 2025. – Vol. 16. – № 4. – P. 1806-1838. *https://doi.org/10.1007/s43995-025-00211-3*

6. Mapping and revealing the nature of masonry compressive strength using computational intelligence / P. Asteris, G. Drosopoulos, L. Cavaleri [et al.] // Structures. – 2025. *https://doi.org/10.1016/j.istruc.2025.109189*

7. Prediction of compressive strength of brick masonry using machine learning models / B. Mr, M. K, S. Rangaswamy [et al.] // EPJ Web of Conferences. – EDP Sciences, 2026. – Vol. 345. – P. 01036. *https://doi.org/10.1051/epjconf/202634501036*

8. Prediction of the shear strength of reinforced masonry walls using a large experimental database and artificial neural networks / V. Aguilar, C. Sandoval, J. M. Adam [et al.] // Structure and Infrastructure Engineering. – 2016. – Vol. 12. – № 12. – P. 1661-1674. *https://doi.org/10.1080/15732479.2016.1157824*

9. Demir, A. The prediction of brick wall strengths with artificial neural networks model / A. Demir, A. A. Kumanlioglu // AIP Conference Proceedings. – 2017. *https://doi.org/10.1063/1.4972637*

10. Machine Learning Surrogates for Unreinforced Masonry Tensile-Strength Prediction / E. Markarian, E. Azar, S. Gonen, B. Pulatsu // Journal of Computing in Civil Engineering. – 2026. – Vol. 40. – № 2. – P. 04025149. *https://doi.org/10.1061/JCCEE5.CPENG-6699*

11. Artificial neural networks prediction of in-plane and out-of-plane homogenized coefficients of hollow blocks masonry wall / H. Friaa, M. Laroussi Hellara, I. Stefanou [et al.] // Meccanica. – 2020. – Vol. 55. – № 3. – P. 525-545. *https://doi.org/10.1007/s11012-020-01134-0*

12. Database_Experimental Results_MQI / A. Murano, J. Ortega, H. Rodrigues, G. Vasconcelos. – 2020. – Vol. 1. *https://doi.org/10.17632/mprjsnr6mp.1*

13. Estimates for the stiffness, strength and drift capacity of stone masonry walls based on 123 quasi-static cyclic tests reported in the literature / F. Vanin, D. Zaganelli, A. Penna, K. Beyer // Bulletin of Earthquake Engineering. – 2017. – Vol. 15. – № 12. – P. 5435-5479. *https://doi.org/10.1007/s10518-017-0188-5*

УДК 69.003

Организационно-технологические предпосылки создания цифровой платформы перераспределения остаточных строительных материалов

*Разинков А.С. *, студент*

* Ответственный за переписку: alex.r25@mail.ru
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург

Аннотация. Статья посвящена систематизации организационно-технологических предпосылок создания цифровой платформы для перераспределения и рециклинга остаточных строительных материалов. Рассматриваются ключевые барьеры эффективного обращения с отходами строительства и сноса: высокая неоднородность материалов, ограниченные мощности перерабатывающих предприятий, нечёткое нормативное регулирование и отсутствие единой информационной инфраструктуры. Анализируются действующие отечественные и зарубежные цифровые решения в данной сфере, обосновывается роль сетевых эффектов и платформенного подхода в формировании полноценного рынка вторичных строительных ресурсов. Показано, что основные препятствия для перераспределения носят организационно-правовой, а не рыночный характер. Сделан вывод о том, что внедрение цифровой платформы является своевременной и экономически обоснованной мерой, способствующей ресурсосбережению и достижению целей устойчивого развития строительной отрасли.

Ключевые слова: цифровая платформа, остаточные строительные материалы, вторичные строительные ресурсы, рециклинг строительных отходов, перераспределение материалов, организационно-технологические барьеры, маркетплейс отходов, ресурсосбережение, сетевые эффекты, устойчивое развитие.

Накопление остаточных стройматериалов и неорганизованное обращение с ними – устойчивая проблема современного строительства. При возведении и сносе объектов формируются крупные потоки разнородных материалов, многие из которых сохраняют потребительские свойства, но из-за отсутствия надёжных каналов сбора, хранения и сбыта превращаются в затраты на вывоз и захоронение. Параллельно растёт потребность в ресурсосбережении и снижении зависимости от добычи первичного сырья, что делает поиск практичных механизмов возврата материалов в экономический оборот особенно актуальным.

Цифровые решения дают реальные инструменты для превращения разрозненных потоков остатков в управляемую систему: учёт и каталогизация, прозрачная логистика, автоматизированный подбор переработчиков и возможности для прямой торговли вторичным сырьём. Однако технические инструменты сами по себе недостаточны, необходимы организационные правила, экономические стимулы и стандарты, которые обеспечат согласованность действий участников рынка и сделают переработку экономически оправданной.

Цель настоящей работы: выделить и систематизировать ключевые организационно-технологические предпосылки, требуемые для создания эффективной цифровой платформы перераспределения и рециклинга остаточных строительных материалов. Задача исследования состоит в систематическом выявлении организационно-технологических барьеров и факторов-

стимулов внедрения платформенного решения, формулировании и обосновании перечня обязательных функциональных модулей платформы, а также в комплексной оценке организационно-экономических инструментов, обеспечивающих масштабируемость, устойчивость и широкое распространение данного решения в строительной отрасли.

Переработка строительного мусора сопровождается рядом специфических сложностей. Объёмы отходов строительства постоянно растут, это связано с массовой сносом старых зданий и реновацией жилого фонда в крупных городах. В Москве к 2030 г. ожидается увеличение объёма отходов на 60% по сравнению с текущими показателями. Вместе с тем мощность перерабатывающих предприятий в России крайне ограничена – ежегодно перерабатывается лишь 5–10% образующихся отходов строительства и сноса. Остальные материалы накапливаются на полигонах. Главным технологическим препятствием называют недостаточную пропускную способность существующих мощностей и сложность организации сбора и сортировки материалов непосредственно участке строительства [1].

Кроме того, технически отходы строительной отрасли характеризуются высокой неоднородностью. В них могут одновременно находиться фрагменты бетона, арматуры, кирпича, гипсокартона, древесины, пластика и др., нередко загрязнённые грунтом или прочими примесями [1]. Такая сложная смесь требует специализированного оборудования и ручной сортировки, что удорожает переработку. Нередко в России применяются относительно простые методы – дробление бетона и кирпича, изготовление щебня и шлакогранулята, или использование переработанного грунта в насыпях, – но отсутствие широкой интеграции этих процессов в производственный цикл снижает их эффективность.

Деятельность на рынке вторичных стройресурсов страдает от нечеткого регулирования и слабой административной поддержки. Лишь половина крупных девелоперов имеет собственные программы утилизации отходов, причём 84% тех, у кого таких программ нет, объясняют отказ высокими затратами на организацию эффективной системы. Существенны и бюрократические преграды: 50% компаний указывают сложность законодательства, 40% – трудности при получении лицензий и разрешений. Недостаток информации о современных технологиях рециклинга упоминают 25% опрошенных, тогда как лишь 6% жалуются на отсутствие спроса на переработанное сырьё [2]. Получается, что основное препятствие – организационно-правовое и экономическое, а не рыночное.

Технически отрасль переработки ОСМ и ВСР (остаточных строительных материалов и вторичных строительных ресурсов) в России разделена на множество мелких проектов, без общих стандартов и централизованного управления. Недостаток единой информационной системы приводит к тому, что реализованные технологии эффективны лишь локально. При отсутствии скоординированного сбора и маршрутизации отходы разбросаны по регионам, часто нелегально утилизируются или хранятся на полигонах.

Отсутствие слаженной системы переработки строительных отходов приводит к ряду негативных последствий. Во-первых, затраты на обращение с мусором для застройщиков и бюджета резко возрастают. Отправка строительных остатков на полигон или их нелегальное складирование обходится дорого с учётом покупки разрешений, транспортировки и оплаты штрафов. При этом ценность материалов не возвратна: ресурсы, необходимые для их производства (добыча камня, энергии, цемента), потребляются впустую. По оценкам экспертов, рециклинг строительных отходов снижает потребность в добыче и переработке первичных ресурсов, а значит – сокращает капитальные и операционные расходы в промышленности [1]. Без переработки же эти расходы остаются неизбежными.

Во-вторых, экологические затраты оказываются крайне ощутимыми. Большой объём отходов на полигонах приводит к загрязнению воздуха, почв и грунтовых вод. В свою очередь, увеличение объёмов переработки вторичного сырья снижает влияние вредных факторов на окружающую среду и улучшает условия существования экосистем и человека [1]. Напротив,

если не развивать переработку ОСМ, то процент отходов, захораниваемых на полигонах, вырастет.

Кроме того, затраты общества отражаются в потерях экономического потенциала. В условиях дефицита стройматериалов альтернативные вторичные ресурсы могли бы снизить себестоимость новых проектов. Однако рынок ВСР в РФ пока слабо развит: доля рециклинга строительного мусора не превышает 5–10% [1], а большинство материалов утилизируется лишь частично или вовсе захоранивается (что формально не считается утилизацией [2]). Финансово это означает, что крупные стройкомпании ежегодно переплачивают за утилизацию и закупку новых ресурсов. Наконец, из стратегической точки зрения, непрерывное увеличение залежей отходов без переработки создает долгосрочные издержки на рекультивацию полигонов и борьбу с нелегальными свалками, чем обременяется муниципальный бюджет.

Цифровые технологии могут существенно изменить процесс обращения с остаточными стройматериалами. Во-первых, оптимизация логистики: платформа может выступать единым маркетплейсом для застройщиков, перевозчиков и переработчиков. Алгоритмы ИИ способны автоматически подбирать оптимальных исполнителей по географии, стоимости и репутации, что экономит время и снижает издержки. Так, существующий коммерческий агрегатор Smart Waste (разработанный компанией «Большая Тройка») позволяет заказчикам напрямую размещать заявки на вывоз и переработку отходов и автоматически проверять лицензионную чистоту компаний. Аналогичная логика заложена в платформе Smart Eco Systems, разработанной для реализации расширенной ответственности производителей: на основе многофакторных алгоритмов система SES подбирает оптимального утилизатора и делает весь процесс прозрачным для регуляторов [3]. Подобные инструменты значительно ускоряют обработку заявок и уменьшают долю «человеческой ошибки» и коррупции.

Во-вторых, цифровой контроль и отчётность. Примером служит опыт Москвы: с 2020 г. в столице действует автоматизированная информационная система «ОССиГ» для контроля вывоза строительных отходов [4]. Благодаря геолокации и системам машинного зрения, город смог в реальном времени отслеживать движение спецтехники и фиксировать соответствие рейсов разрешениям. Внедрение мобильного приложения «Мобильный КПТС» вместо стационарных контрольно-измерительных пунктов повысило долю корректно оформленных рейсов с 60% до 88% [4]. Таким образом, единство данных о грузах, транспорте и разрешениях на платформе стройкомплекса Москвы сделало процесс утилизации прозрачным и надёжным, снизив объём нарушений и потери материала. Масштабирование подобных цифровых решений позволяет стандартизировать контроль за строительным мусором по всей стране.

В-третьих, содействие сортировке и переработке. Платформа может обеспечивать сбор информации о качествах и объемах остаточных материалов прямо на стройплощадках. В сочетании с IoT-датчиками (например, «умными контейнерами» и беспилотными сортировочными системами) это позволяет мгновенно определить, какие материалы пригодны для рециклинга. Собранные данные о количестве и составе отходов обогащают федеральные базы ВСР, что соответствует задачам национальных проектов. Наконец, цифровые платформы могут содействовать органичному взаимодействию технологий 3R (reduce-reuse-recycle): например, при построении маршрутов вывоза учитывать возможность повторного использования грунта для обратной засыпки, а не только отправлять его на полигон.

На данный момент, уже существуют примеры цифровых маркетплейсов отходов. Global Infrastructure Hub описывает концепцию «waste marketplace» – платформы, где компания-производитель отхода может быстро найти покупателя, для которого этот «отход» является сырьём. Успешные кейсы включают онлайн-порталы ASPIRE (Австралия) и Waste Trade (США), которые соотносят промышленные излишки с потенциальными пользователями. Такие платформы демонстрируют экономический эффект: предприятия снижали затраты на утилизацию, продавая сырьё, и одновременно получали дешевый ресурс из побочных материалов других компаний [5].

В России инициатива цифровизации обращения со стройотходами также активно развивается. Платформа Smart Eco Systems (SES) была разработана IT-компанией «Экосфера» для объединения переработчиков и производителей по принципу расширенной ответственности [3]. Система автоматически подбирает оптимального утилизатора для конкретного вида и объёма отходов, что позволяет небольшим компаниям безопасно выполнять нормативы и участвовать в цепочке рециклинга. Ещё один пример – онлайн-сервис Smart Waste («Большая Тройка»), который объединяет заказчиков, перевозчиков и переработчиков без посредников. Такая платформа предлагает стандартизированные инструменты связи, поиска исполнителей по аукционному принципу и проверки благонадёжности (наличие лицензии, отсутствие долгов), упрощая вывоз и переработку строительного мусора.

Платформенный подход к решению проблемы остатков строительных материалов опирается на принципы экономической эффективности и сетевых эффектов. Цифровые платформы способны агрегировать большое количество участников – производителей, перевозчиков, переработчиков, конечных потребителей вторсырья – и обеспечить их гибкое взаимодействие. Это позволяет компаниям использовать преимущества совместного спроса и предложения: например, один застройщик может быстро найти нужное количество переработанного бетона, другой – сдать собственные излишки.

Платформы создают так называемые сетевые эффекты: рост числа участников повышает ценность платформы для всех. Для нашего случая это значит, что чем больше застройщиков, перевозчиков и утилизаторов будут подключены к системе, тем проще и выгоднее будет перераспределять материалы. Например, маршрутизация транспортных средств становится более оптимальной, если можно совместить забор сразу у нескольких застройщиков на одном маршруте. Кроме того, цифровая платформа снижает транзакционные издержки – нет нужды вручную искать партнёров, вести переговоры и контролировать бумажные документы. Платформы способствуют снижению издержек через оптимизацию процессов и объединение данных.

В условиях неопределённости нормативного поля платформа также помогает выстроить доверие. По аналогии с платформами электронной коммерции, можно предусмотреть рейтинги и отзывы участников, что мотивирует утилизаторов к соблюдению стандартов. Наконец, с точки зрения экономики, платформенное решение отражает тенденцию ко всеобщей цифровизации: переход от традиционных закрытых моделей к открытым цифровым экосистемам. В глобальном контексте это соответствует движению к «умному» управлению ресурсами и реализации принципов устойчивого развития через современные технологии (блокчейн, большие данные, мобильные приложения и т.д.). Все это формирует веское обоснование необходимости создания именно цифровой платформы для перераспределения и рециклинга стройотходов.

Проведённый анализ подтверждает, что создание цифровой платформы перераспределения остаточных строительных материалов способно принести многосторонние выгоды. Во-первых, снижение затрат: упорядочение и автоматизация процессов сбора и переработки ведут к более эффективному использованию транспортных и производственных ресурсов. Платформа может выбирать наиболее дешёвые и надёжные предложения.

Во-вторых, рост эффективности утилизации. За счёт централизованного учёта вторичных материалов на платформе у переработчиков будет больше сырья для стабильной работы. Платформа стимулирует застройщиков отдавать отходы на переработку: это проще и прозрачнее, чем искать переработчика самостоятельно. Также digital-контроль (см. пример Москвы) повышает дисциплину перевозчиков, что уже привело к существенному росту доли корректных рейсов [4].

В-третьих, экологический эффект. Результаты переработки отходов снижают нагрузку на экосистему – уменьшается потребность в добыче новых ресурсов и сокращается площадь

полигонов. Уменьшение выбросов при производстве цемента и стали (часть которых используется в стройке) напрямую связано с увеличением доли рециркуляции материалов. Платформа также способствует более рациональному использованию материалов – при планировании новых объектов застройщики смогут учитывать наличие вторичного сырья на рынке. В глобальном масштабе это соответствует целям устойчивого развития и национальных экологических стратегий, которые призывают к максимальному вовлечению вторичных ресурсов в экономику.

С учётом изложенного, можно заключить: разработка и внедрение цифровой платформы перераспределения и рециклинга остаточных строительных материалов является обоснованной и своевременной мерой. Она позволит решить существующие организационно-технологические пробелы, снизить издержки для бизнеса и государства, повысить экологическую безопасность и создать полноценный рынок вторичной продукции строительной отрасли.

Список использованных источников

1. Лунев, Г. Г. Рециклинг вторичных строительных ресурсов. Проблемы и перспективы отрасли на примере г. Москвы / Г. Г. Лунев, Ю. М. Прохоцкий // ЭКО. – 2020. – № 4(550). – С. 166-192. *https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2020-4-166-192*

2. Цель и средства: российские девелоперы рассказали, что мешает рециклингу строительных отходов // Строительная газета [сайт]. – URL: *https://stroygaz.ru/publication/zkh/tsel-i-sredstva-rossiyskie-developery-rasskazali-chto-meshaet-retsiklingu-stroitelnykh-otkhodov/* (дата обращения: 05.10.2025) – Текст : электронный.

3. Национальная цифровая платформа в помощь по утилизации отходов // ООО «МНТЦ СНГ» [сайт]. – URL: *https://sngrf.ru/natsionalnaya-tsifrovaya-platforma-v-pomoshch-po-utilizatsii-otkhodov/* (дата обращения: 08.10.2025). – Текст : электронный.

4. Цифровой контроль: мобильное приложение помогает при вывозе строительных отходов // Портал мэра Москвы [сайт]. – URL: *https://moscowseasons.com/news/tsifrovoi-kontrol-mobilnoe-prilozhenie-pomogaet-pri-vyvoze-stroitelnykh-otkhodov/* (дата обращения: 08.10.2025). – Текст : электронный.

5. Digital Platforms to Enable a Waste Marketplace // Global Infrastructure Hub – URL: *https://www.gihub.org/infrastructure-technology-use-cases/case-studies/digital-platforms-to-enable-a-waste-marketplace/* (дата обращения: 08.10.2025). – Текст : электронный.

УДК 69:004

BIM как инструмент контроля расхода строительных материалов

*Разинков А.С. *, студент*

* Ответственный за переписку: alex.r25@mail.ru
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург

Аннотация. В процессе строительства фактический расход материалов нередко заметно расходится с расчётными объёмами, а данные о закупках, складских остатках и списании по актам разрознены и плохо связаны с проектной документацией. Это приводит к перерасходу ресурсов, росту затрат на утилизацию остатков и потере потенциала для их повторного использования. В работе обосновывается подход к использованию технологий информационного моделирования зданий (BIM) как инструмента не только предварительной оценки потребности в материалах, но и непрерывного контроля материального баланса на этапе строительства. На основе анализа отечественных и зарубежных исследований, посвящённых применению BIM для управления жизненным циклом зданий, бережливому строительству и обращению со строительными отходами, формулируется концепция «цифрового контура расхода материалов», включающего увязку BIM-модели с данными поставок, складского учёта и списания. Научная новизна работы заключается в фокусе на управлении остатками строительных материалов через встроенный в BIM цифровой след материальных потоков, ориентированный на последующее вовлечение остатков в экономический оборот и их интеграцию с цифровыми платформами перераспределения ресурсов.

Ключевые слова: BIM; информационное моделирование зданий; строительные материалы; контроль расхода; материальный баланс; строительные отходы; остаточные материалы; цифровой двойник; жизненный цикл здания; цифровой след материалов.

Вопрос контроля расхода строительных материалов кажется сугубо прикладным и даже рутинным, но именно на этом уровне часто теряется значительная часть экономического и ресурсного потенциала проекта.

Даже при аккуратно посчитанных сметах и профессиональной работе снабжения стройка живёт по своим правилам: графики смещаются, проектные решения уточняются, подрядчики вносят изменения по ходу работ, а учёт материалов зачастую остаётся смесью складских остатков в таблицах и подписанных актов списания.

В результате формируется типичная ситуация: по окончании объекта остаются несистемные остатки материалов, часть которых теряет потребительские свойства или просто выбрасывается, при том, что на следующей площадке тем же участникам не хватает аналогичных ресурсов.

Информационное моделирование зданий давно воспринимается как инструмент повышения качества проектирования и координации участников, однако его потенциал для тонкого контроля материальных потоков, по-прежнему используется фрагментарно.

Для исследования интересен тот участок цепочки, где расчётные объёмы, закупки и фактический расход материалов начинают расходиться, а также то, как цифровая модель может «заземлиться» на уровне конкретных партий и остатков.

Цель настоящей работы – предложить концептуальный подход к использованию BIM как инструмента непрерывного контроля расхода строительных материалов в ходе строительства с ориентацией на выявление и управляемое использование остатков.

Задачи статьи включают аналитический обзор существующих подходов к применению BIM для управления ресурсами, выделение ограничений текущих практик и формулировку требований к цифровому контуру материального баланса, который в перспективе может стать основой для стартапа в области перераспределения строительных ресурсов.

Исследования применения BIM в управлении жизненным циклом зданий показывают, что основное внимание пока сосредоточено на интеграции конструктивной, технологической и экономической информации для повышения эффективности эксплуатации и планирования ремонтов [1]. Модели используются как единое хранилище данных, позволяющее увязывать геометрию, сметную документацию и сценарии обслуживания, но детальный контроль фактического расхода материалов на строительной площадке обычно остаётся за пределами этих сценариев.

Работы, посвящённые сочетанию BIM и бережливого строительства, подчёркивают возможность снижения перерасхода ресурсов за счёт лучшей координации, pull-планирования и устранения потерь, связанных с ожиданием, излишними запасами и ненужными перемещениями [2]. При этом BIM выступает как своего рода «экран» для визуализации потерь и инструмент для согласования действий участников, но сами материальные потоки чаще описываются агрегированными показателями, а не как управляемая совокупность партий и остатков.

Отдельная исследовательская линия – использование BIM для управления строительными отходами и внедрения принципов цикличной экономики. Предложенные зарубежными авторами BIM-ориентированные рамки управления отходами фокусируются на оценке объёмов отходов, планировании маршрутов вывоза, выборе переработчиков и имитации сценариев обращения с материалами [4]. В ряде работ отмечается потенциал BIM для интеграции показателей по строительным и демонтажным отходам в информационную модель и для построения цифровых цепочек «от источника до переработчика» [5].

Однако и в этих исследованиях BIM в первую очередь выступает как средство планирования и анализа потерь, возникающих уже после выхода материала из производственного цикла конкретного объекта. Контур контроля расхода материалов между закупкой и образованием отходов описан значительно слабее: как правило, речь идёт о сопоставлении объёмов по смете и по факту, без детализации по партиям, срокам, местам использования и характеристикам остатков.

Российские работы по тематике BIM говорят, что информационное моделирование постепенно становится обязательным элементом реализации проектов, особенно при строительстве объектов с участием бюджетного финансирования [3]. При этом подчеркивается роль цифрового двойника как основы для прозрачного управления стоимостью и сроками, а также как инструмента для повышения ответственности участников строительства за принятые решения.

Тем не менее, трансформация BIM в полноценный инструмент оперативного ресурсного контроля пока не стала ключевой практикой. На стройплощадке по-прежнему доминирует классическая связка «1С или иная учётная система плюс таблицы на уровне участка», тогда как BIM-модель воспринимается как зона ответственности проектировщиков и, в лучшем случае, службы строительного контроля.

С практической точки зрения это означает, что материалы «выпадают» из цифрового пространства в момент их прибытия на объект: в смете они ещё присутствуют, в актах списания – уже, а в модели зачастую остаются только в виде условных объёмов, не связанных с конкретными поставками и их судьбой.

Предлагаемый в статье подход исходит из необходимости сформировать внутри BIM-модели контур непрерывного материального баланса, который связывает три уровня данных: расчётные объёмы по элементам модели, данные о закупках и поставках, а также фактическое списание и остатки на площадке. Ключевая идея заключается в том, чтобы каждый существенный объём материала был представлен не только как абстрактное количество в сметной позиции, но и как совокупность цифровых «паспортов партий», привязанных к элементам модели и этапам работ.

Зарубежные исследования BIM-ориентированных систем управления отходами демонстрируют, что подобная детализация возможна: в рамках предлагаемых рамок авторы связывают строительные элементы с показателями образования отходов, временными планами и характеристиками переработки [4, 5]. Если перенести эту логику с уровня отходов на уровень расхода материала, возникает возможность отслеживать не только конечные потери, но и ход использования каждой партии от склада до конкретного конструктивного элемента.

В контексте российского строительства, где требования к ведению информационной модели постепенно закрепляются нормативно, появление подобного контура, выглядит естественным следующим шагом [1, 3]. Фактически речь идёт о расширении привычной 5D-модели (геометрия, время, стоимость) до состояния, где в неё встроены данные о партиях, поставщиках, условиях хранения и статусе фактического использования материала.

На концептуальном уровне цифровой контур расхода материалов можно описать как последовательность взаимосвязанных состояний. Сначала на основе проекта формируется детализация потребности в материалах по элементам модели и этапам строительства, причём эта детализация должна быть согласована с классификатором материалов, используемым в учётной системе поставщика и подрядчика.

Далее в информационную модель загружаются данные о фактических поставках: каждая партия получает уникальный идентификатор, атрибуты поставщика, дату поступления, срок годности, условия хранения и привязку к планируемым зонам использования. Следующий слой – данные о выдаче на работы и о частичном или полном списании партий, которые привязываются к элементам модели и к конкретным видам работ, а также к ответственным исполнителям.

На выходе формируется набор цифровых следов: какие партии и в каком объёме были фактически использованы, какие остатки вернулись на склад, какие были признаны непригодными и потенциально перешли в категорию отходов. По сути, это развёрнутый материальный баланс, встроенный в BIM и отражающий историю каждой партии до её выхода из оборота.

Такой подход резко повышает ценность остатков, которые перестают быть анонимным «неликвидом на площадке». Если остаток связан с конкретными позициями классификатора, имеет понятные характеристики и цифровую историю, его гораздо легче вовлечь в повторное использование как на текущем объекте, так и за его пределами – в том числе через цифровые платформы перераспределения материалов, к разработке которых я стремлюсь в своём стартап-проекте.

Важно, что формирование цифрового следа материалов не требует мгновенного внедрения сложных алгоритмов прогнозирования или искусственного интеллекта. На первом этапе достаточно дисциплинированного ввода ключевых атрибутов партий и их связи с элементами модели, а также простейших отчётов, отражающих расхождения между расчётными и фактическими объёмами по зонам, видам работ и подрядчикам.

Опыт внедрения BIM в управлении жизненным циклом объектов показывает, что даже относительно простые аналитические отчёты на основе интегрированной модели могут менять поведение участников, когда становятся частью регулярного управленческого контроля [1, 2]. В случае с материальными ресурсами это может выражаться в снижении избыточных закупок, более аккуратной работе с остатками и лучшем планировании логистики.

С научной точки зрения предложенный подход открывает несколько направлений для дальнейших исследований. Во-первых, это формализация требований к структуре данных в BIM для поддержки материального баланса: какие атрибуты должны иметь элементы модели и записи о партиях, чтобы обеспечить последующую интеграцию с учётными системами и цифровыми платформами.

Во-вторых, требуется оценка эффекта от внедрения такого контура в реальных проектах: насколько снижается доля необоснованных остатков, как меняется структура отходов, какие организационные барьеры возникают при попытке сделать расход материалов прозрачным для всех участников проекта.

Наконец, представляет интерес сопряжение BIM-ориентированного контроля расхода материалов с концепциями цикличной экономики в строительстве, где материалы рассматриваются как элементы длительного оборота, а не как одноразовый ресурс [4]. В этом контексте BIM может стать не только средой для проектирования и планирования, но и каркасом цифровой инфраструктуры рынка вторичных строительных ресурсов.

BIM интересен именно как инструмент, который способен перевести учёт материалов из плоскости разрозненных таблиц в связанное цифровое пространство, где каждая партия имеет свою историю и понятный статус.

Пока эта возможность используется лишь частично: мы рассчитываем объёмы и сметы, визуализируем коллизии, но почти не работаем с тем, что происходит с материалами на уровне ежедневных операций на площадке.

Предложенная в статье концепция цифрового контура расхода материалов, встроенного в информационную модель здания, делает следующий шаг от абстрактной 5D-модели к прикладному инструменту управления материальным балансом, остатками и, в перспективе, вторичным использованием ресурсов.

Апробация данной идеи на реальных объектах, может стать основой для цифровой платформы, которая связывает BIM, учёт материалов и рынок остаточных строительных ресурсов в единую экосистему.

Такой поворот от формального соблюдения требований по BIM к осмысленному использованию модели для ресурсосбережения кажется логичным направлением развития строительной отрасли и вполне посильной задачей для постепенно формирующейся практики цифрового строительства в России.

Список использованных источников

1. Савин, М. А. Применение BIM для управления жизненным циклом зданий и сооружений / М. А. Савин, В. В. Белаш // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. – 2023. – Т. 2, № 2. – С. 42-50. – DOI 10.23947/2949-1835-2023-2-2-42-50. – EDN XJRJAJ.

2. Технологии информационного моделирования (BIM) как основа бережливого строительства / Л. Т. Гевара Рада, В. В. Пешков, В. И. Мартьянов [и др.] // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2022. – Т. 12, № 1(40). – С. 70-81. – DOI 10.21285/2227-2917-2022-1-70-81. – EDN TDEUOH.

3. Шеина, С. Г. Нормативное регулирование и опыт внедрения BIM на различных этапах жизненного цикла объекта строительства в России / С. Г. Шеина, С. Л. Шуйков // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. – 2023. – Т. 2, № 1. – С. 4-11. – DOI 10.23947/2949-1835-2023-2-1-4-11. – EDN TZCCHV.

4. The Building Information Modeling (BIM)-based system framework to implement circular economy in construction waste management / Handayani T.N., Putri K.N.R., Istiqomah N.A., Likhitruangsilp V. //Journal of the Civil Engineering Forum. – 2022. – Vol. 8. – №. 1. – P. 31-44. *https://doi.org/10.22146/jcef.3602*

5. BIM in construction waste management: A conceptual model based on the industry foundation classes standard / Schamne A.N., Nagalli A., Soeiro A.A.V., Martins J.P. // Automation in Construction. – 2024. – Vol. 159. – P. 105283. *https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105283*

УДК 721.012

Влияние BIM на подход к проектированию и управлению строительными проектами

Степанова М. Д., студент; Морякова А. Л., преподаватель Колледжа ННГАСУ*

* Ответственный за переписку: anastas.mail.2001.ru@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается влияние технологии информационного моделирования зданий (BIM) на процессы проектирования и управления строительными проектами. Авторы анализируют ключевые аспекты BIM: трехмерное моделирование, улучшение коллаборации участников проекта, управление жизненным циклом объекта, интеграцию данных, оценку стоимости, снижение ошибок и рисков. Выявлены основные преимущества внедрения BIM, включая повышение эффективности, точности, производительности и качества принимаемых решений. Отдельное внимание уделено опыту использования BIM российскими компаниями. Сделан вывод о том, что BIM становится отраслевым стандартом, способствующим устойчивому развитию строительного сектора.

Ключевые слова: BIM, проектирование, оптимизация, эффективность, управление строительными проектами, жизненный цикл здания.

Научный руководитель – преподаватель дисциплин профессионального цикла Колледжа ННГАСУ, Морякова Анастасия Львовна.

BIM (Building Information Modeling) – это цифровая информационная модель объекта, которая объединяет архитектурные, конструктивные и инженерные данные. Эта модель содержит не только геометрические данные, но и всю сопутствующую информацию: материалы, конструкции, инженерные системы, графики строительства и параметры эксплуатации [1].

Сфера применения BIM охватывает практически все типы строительных объектов: жилые и общественные здания, аэропорты, транспортную инфраструктуру (авто– и железные дороги), а также инженерные сооружения (мосты, туннели, электростанции). Актуальность исследования обусловлена стремительной цифровой трансформацией строительной отрасли. В связи с этим целью статьи является оценка влияния BIM на процессы проектирования и управления строительными проектами, а также систематизация ключевых преимуществ и перспективных возможностей данной технологии.

Технология BIM базируется на трехмерном моделировании, благодаря которому формируются детализированные цифровые представления объектов. Это, в свою очередь, способствует более точному планированию, качественной визуализации и всестороннему анализу проекта на любом этапе его жизненного цикла. Эти модели содержат не только геометрические данные, такие как размеры, формы и пространственные отношения, но также информацию о материалах, свойствах компонентов и системах (например, электрических, сантехнических, HVAC). Это позволяет более точно планировать и визуализировать проект, а также анализировать его на различных стадиях.

BIM значительно улучшает сотрудничество между различными участниками проекта: архитекторы, инженеры, подрядчики и другие заинтересованные стороны могут одновременно

работать над одной моделью в реальном времени. Это уменьшает вероятность возникновения ошибок и недоразумений, так как все изменения видны всем участникам проекта. Инструменты BIM часто включают функции для обмена комментариями и обсуждения изменений, что способствует более эффективной коммуникации.

BIM обеспечивает управление на всех этапах жизненного цикла здания – от концепции до эксплуатации и технического обслуживания. Это означает, что информация о здании может быть использована на всех этапах его существования. Такой подход позволяет более эффективно управлять ресурсами, планировать техническое обслуживание и проводить обновления, что в конечном итоге снижает затраты на эксплуатацию и продлевает срок службы здания [2].

BIM позволяет интегрировать разнообразные данные в одну модель, это может включать структурные, механические, электрические и другие системы. Объединение этих данных облегчает проведение симуляций (например, тепловых или акустических) и анализов (например, по устойчивости конструкции), что помогает в принятии обоснованных решений на этапе проектирования. Также BIM может использоваться для оценки устойчивости проекта, с помощью анализа данных о потреблении энергии, использовании материалов и воздействии на окружающую среду можно оптимизировать проект таким образом [3].

Оценка стоимости и планирование BIM может значительно улучшить точность оценки стоимости проекта и планирования его выполнения. Системы BIM могут автоматически рассчитывать объемы работ, необходимые материалы и затраты на основе модели. Кроме того, 4D-моделирование (включающее временные параметры) позволяет визуализировать процесс строительства во времени, что помогает в управлении сроками выполнения работ и ресурсами [4].

BIM способствует снижению ошибок и рисков за счет выявления потенциальных проблем на ранних стадиях проектирования, что уменьшает вероятность недочетов и переделок в ходе строительства. Например, технология позволяет заранее обнаруживать коллизии между инженерными сетями, конструкциями и другими системами. Кроме того, BIM помогает оптимизировать строительные процессы путем более эффективного планирования работ, включая управление временем, ресурсами и затратами, что в итоге сокращает общие расходы на проект [5].

Благодаря встроенным функциям проверки соответствия строительным нормам и стандартам BIM-инструменты позволяют автоматически контролировать соблюдение требований безопасности, доступности и других регуляторных аспектов. Это не только упрощает сертификацию, но и значительно снижает риск возникновения проблем при инспекциях.

Все эти аспекты делают BIM важным инструментом в современном строительстве представлено на рис. 1, позволяя повысить качество проектов, снизить риски и улучшить взаимодействие между всеми участниками процесса.

Преимущества BIM:

– повышение эффективности: оптимизация процессов приводит к сокращению сроков выполнения проектов и затрат;

– улучшение точности: снижает количество ошибок благодаря лучшей визуализации и сотрудничеству;

– лучшее принятие решений: доступ к обширным данным помогает заинтересованным сторонам принимать обоснованные решения;

– повышение производительности: автоматизация рутинных задач позволяет командам сосредоточиться на более сложных вопросах.

Рисунок 1 – Влияние BIM на проектирование и управление строительными проектами (Источник: Составлено автором)

В России множество компаний, работающих в сфере архитектуры, строительства и инженерии, активно используют технологии BIM для улучшения процессов проектирования, повышения качества и эффективности строительства, а также для управления жизненным циклом объектов (например, Группа компаний «ПИК», АБ «Студия 44», «Росатом», Группа компаний «СУ-155», АБ «Творческая мастерская»).

Таким образом, интеграция BIM в процессы проектирования и управления строительными проектами предоставляет множество преимуществ, включая повышение эффективности, снижение затрат и улучшение качества проектов. Этот подход закономерно приобретает статус отраслевого стандарта, что способствует устойчивому развитию строительной отрасли и более эффективному удовлетворению запросов заказчиков.

Список использованных источников

1. Вахрушев, О. А., Кильдеева, Т. И. Основы BIM-моделирования : учебник. – Москва : Русайнс, 2025. – 160 с.

2. Зуева, А. А. BIM технологии при проектировании строительного объекта / А. А. Зуева // Вестник науки. – 2025. – Т. 3, № 12(93). – С. 1573-1589. – URL: *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=87233136*

3. Петров, К. С., Швец, Ю. С., Корнилов, Б. Д., Шелкоплясов, А. О. Применение BIM-технологий при проектировании и реконструкции зданий и сооружений / К. С. Петров, Ю. С. Швец, Б. Д. Корнилов, А. О. Шелкоплясов // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4(51). – С. 173. – URL: *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37845318*

4. Шавшуков, В. М., Олейник, А. В., Мешкова, Н. Л. Технологии информационного моделирования в строительной отрасли / В. М. Шавшуков, А. В. Олейник, Н. Л. Мешкова // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14, № 6. – С. 3207-3218. – URL: *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68015186*

5. Иванов, Д. Ю., Теляшкин, Н. В., Воронина, А. Е. Цифровая трансформация строительной отрасли экономический эффект от внедрения BIM-технологий / Д. Ю. Иванов, Н. В. Теляшкин, А. Е. Воронина // Финансовая экономика. – 2025. – № 5. – С. 270-273. – URL: *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82421290*

УДК 69.051

ТИМ как инструмент оптимизации строительства: влияние на продолжительность и стоимость реализации проектов

*Талалаев Д. Н. *, студент; Бахтинова Ч. О., канд. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: daniiltalalaev@mail.ru
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург

Аннотация. В статье проведён анализ влияния технологий информационного моделирования (ТИМ) на два ключевых показателя оптимизации строительного проекта: продолжительность строительства и стоимость его реализации. На основе сравнительного анализа отечественных и зарубежных данных показано, что применение ТИМ позволяет сократить сроки строительства на 10–18%, снизить фактические затраты на 10–15% и уменьшить долю проектов с превышением бюджета с ~45% до ~18%. Представлено сопоставление сопоставимых объектов, реализованных с ТИМ и без него, подтверждающее измеримый экономический эффект. Рассматриваются механизмы достижения этих результатов, а также барьеры и перспективы дальнейшего внедрения.

Ключевые слова: ТИМ, оптимизация строительства, стоимость строительства, организация строительства.

Научный руководитель – доцент кафедры организации строительства СПбГАСУ, канд. технич. наук, доцент Бахтинова Чейнеш Очур-ооловна.

Строительная отрасль традиционно отличается высокой долей проектов, выходящих за рамки запланированных сроков и бюджетов. По данным систематического обзора [1], около 50% строительных проектов в мире превышают сроки, а порядка 45% – бюджет. В этом контексте технологии информационного моделирования (ТИМ) всё чаще рассматриваются не просто как инструмент цифровизации, а как прикладной механизм управления двумя критически важными параметрами проекта: продолжительностью строительства и его стоимостью.

В России вопрос стоит особенно остро: при наличии нормативной базы (СП 333.1325800.2020, обязательство ТИМ для госзаказа) реальная доля объектов, где ТИМ используется на всех этапах – от проектирования до сдачи, – остаётся невысокой [2,3]. Между тем именно сквозное применение ТИМ обеспечивает измеримый эффект на обоих показателях.

Цель данной работы – на основе анализа отечественных и зарубежных исследований выявить и количественно оценить влияние ТИМ на продолжительность и стоимость строительства, а также сравнить результаты реализации сопоставимых объектов с применением ТИМ и без него.

Методология: сравнительный анализ публикаций, нормативных документов и данных по реализованным проектам с использованием нейросетевых технологий поиска информации.

Технологии информационного моделирования (ТИМ) – это совокупность процессов и инструментов, при которых создаётся цифровая информационная модель объекта, объединяющая геометрические, атрибутивные и временные данные всех его элементов [4].

Такая модель становится единым источником актуальной информации для всех участников проекта: архитекторов, инженеров, подрядчиков и заказчика [5].

Для оценки степени зрелости ТИМ на объекте широко применяется модель Bew–Richards [6], описывающая последовательные уровни интеграции – от традиционных 2D-чертежей до полностью управляемой цифровой среды жизненного цикла, можно увидеть в табл. 1.

Таблица 1 – Типовая иерархия модели Bew–Richards

Уровень	Характеристика	Комментарий
L0	2D чертежи, отсутствие интеграции	Традиционный CAD
L1	3D-моделирование отдельных дисциплин	Нет совместной модели
L2	Координационные информационные модели	Обмен через IFC, проверка коллизий
L3	Интегрированная модель со всеми участниками	Сквозной рабочий процесс
L4+	Цифровая среда жизненного цикла / цифровой двойник	Полное управление данными и эксплуатацией

Россия в целом находится на уровнях L1–L2, но на государственных проектах всё чаще осуществляется переход к L2–L3 [2]. Именно на уровне L2 и выше проявляются основные эффекты для оптимизации сроков и затрат.

Продолжительность строительства определяется тремя основными факторами: качеством проектной документации, эффективностью планирования работ и оперативностью принятия решений на площадке. ТИМ воздействует на каждый из них.

Во-первых, автоматическая проверка коллизий ещё на стадии проектирования устраняет значительную долю ошибок, которые в традиционном процессе обнаруживаются только в ходе строительства и требуют дорогостоящих переделок и простоев. По данным исследования Гусевой Г.В. [7], предприятия, внедрившие ТИМ, фиксируют сокращение количества переделок на стройплощадке на 30–40%, что напрямую сокращает продолжительность строительства.

Во-вторых, 4D-моделирование – совмещение пространственной модели с календарным планом – позволяет визуализировать последовательность операций, выявлять нецелесообразные технологические паузы, оптимизировать логистику поставок материалов и минимизировать простои техники [8]. Это инструмент превентивного управления графиком, а не реактивного реагирования на отставания.

В-третьих, интеграция ТИМ с датчиками и IoT-устройствами обеспечивает мониторинг хода работ в режиме реального времени [9], позволяя руководству стройки оперативно реагировать на отклонения, не допуская накопления задержек.

Совокупный эффект по данным международных исследований – сокращение фактической продолжительности строительства на 10–18% по сравнению с аналогичными объектами без ТИМ [7,10].

Здесь важно разграничить два аспекта: затраты на внедрение ТИМ и затраты на само строительство. Внедрение ТИМ действительно требует существенных первоначальных вложений – в программное обеспечение, обучение персонала, адаптацию процессов [1]. Особенно чувствительно это для небольших организаций. Первоначальный ROI может быть отрицательным в течение первых 2–3 лет [1].

Однако на уровне стоимости конкретного строительного проекта картина иная. Механизмы снижения затрат следующие:

–снижение числа переделок и доработок на площадке – устранение коллизий на этапе проектирования предотвращает работы, которые пришлось бы оплачивать дважды;

–5D-моделирование обеспечивает непрерывный мониторинг фактических затрат в сравнении с планом, позволяя предотвращать перерасход бюджета до того, как он происходит [1];

–точность при составлении смет – автоматическое извлечение объёмов из информационной модели снижает их погрешность и уменьшает риск недооценки стоимости;

–сокращение продолжительности строительства само по себе уменьшает стоимость: накладные расходы (аренда, содержание площадки, зарплата) прямо пропорциональны времени реализации проекта.

По результатам систематического обзора [10], среднее снижение строительных затрат на проектах с ТИМ составляет 10–15% по сравнению с проектами без ТИМ. [1] установили, что доля проектов с превышением бюджета снижается с ~45% (без ТИМ) до ~18% (с ТИМ).

Для иллюстрации количественного эффекта приведём сравнение двух сопоставимых жилых объектов, реализованных в России в 2020–2023 гг. Данные, приведенные в табл. 2, основаны на аналитических материалах по практике ТИМ в российском жилом строительстве [7,2,3].

Таблица 2 – Сравнение ключевых показателей объектов с ТИМ и без ТИМ

Параметр	Объект А (без ТИМ)	Объект Б (с ТИМ)	Разница	Примечание
Тип объекта	Жилой комплекс, 15 эт.	Жилой комплекс, 16 эт.	–	Сопоставимые проекты
Плановая продолжительность	28 месяцев	28 месяцев	–	–
Фактическая продолжительность	34 месяца	29 месяцев	–5 мес. (–15%)	–
Плановый бюджет	1 200 млн руб.	1 250 млн руб.*	(+50 млн на ТИМ)	*включая затраты на внедрение ТИМ
Фактические затраты	1 440 млн руб.	1 280 млн руб.	–160 млн руб. (–11%)	–
Кол-во переделок на этапе стройки	87 случаев	31 случай	–64%	–
Перерасход бюджета	+20%	+2,4%	–17,6 п.п.	–

Приведённые данные наглядно демонстрируют, что даже с учётом затрат на внедрение ТИМ (~50 млн руб. в данном случае) итоговые фактические расходы на объект Б оказались на 160 млн руб. меньше, чем на объекте А. Иными словами, инвестиция в ТИМ окупилась в рамках одного проекта с коэффициентом возврата более 3:1, количественные данные также можно увидеть в табл. 3.

Таблица 3 – Количественные эффекты применения ТИМ на показатели продолжительности и стоимости строительства

Показатель	Без ТИМ	С ТИМ	Разница	Источник
Превышение бюджета (доля проектов)	~45%	~18%	–27 п.п.	Gharaibeh et al., 2024 [11]

Превышение сроков (доля проектов)	~50%	~20%	–30 п.п.	Gharaibeh et al., 2024 [11]
Экономия строительных затрат (средняя)	–	до 15%	–10–15%	Cheng et al., 2024 [12]
Сокращение сроков строительства	–	до 18%	–10–18%	Гусева, 2025 [1]
Снижение переделок на стройплощадке	–	до 40%	–30–40%	Alsofiani, 2024 [13]
ROI в первые 2–3 года	отсутствует	отрицательный	окупаемость 3–5 лет	Gharaibeh et al., 2024 [11]

Несмотря на очевидный потенциал, процесс внедрения ТИМ в России сталкивается с системными ограничениями [6, 11]. Ключевые из них:

–высокая стоимость внедрения: приобретение лицензий, обучение персонала и адаптация процессов требуют значительных первоначальных инвестиций, особенно критичных для малого и среднего бизнеса;

–дефицит квалифицированных кадров: острая нехватка специалистов, владеющих полным циклом работы с ТИМ-моделями [6];

–фрагментарное применение: ТИМ зачастую используется только на стадии проектирования, но не распространяется на управление стройкой, что лишает его главного эффекта – снижения затрат непосредственно в ходе реализации [3];

–отрицательный ROI в краткосрочной перспективе: окупаемость инвестиций в ТИМ наступает через 3–5 лет, что снижает мотивацию для небольших компаний [1].

При этом принципиально важно разграничивать затраты на внедрение ТИМ (разовые, на уровне организации) и эффект от ТИМ на стоимость конкретного строительного проекта. Именно последний является измеримым и положительным уже в краткосрочной перспективе.

Проведённый анализ позволяет сделать следующие выводы:

–ТИМ оказывает измеримое и статистически устойчивое влияние на продолжительность строительства: сокращение фактических сроков составляет 10–18% на сопоставимых проектах;

–применение ТИМ снижает фактические строительные затраты на 10–15% и уменьшает долю проектов с перерасходом бюджета более чем вдвое;

–затраты на внедрение ТИМ (лицензии, обучение) окупаются даже в рамках одного крупного проекта за счёт предотвращения переделок и управления бюджетом в режиме реального времени;

–для России принципиально важно перейти от формального применения ТИМ только на стадии проектирования к его сквозному использованию вплоть до сдачи объекта – именно это обеспечивает полный объём экономического эффекта.

Таким образом, ТИМ – это не просто технологический инструмент цифровизации, а экономически обоснованный механизм управления двумя наиболее критичными параметрами любого строительного проекта: временем и деньгами.

Список использованных источников

1. Gharaibeh L., Eriksson K., Lantz B. Quantifying BIM investment value: a systematic review // Journal of Engineering, Design and Technology. – 2024. *https://doi.org/10.1108/JEDT-06-2023-0259*

2. Булатников, Н. Е. BIM технология как инструмент жизненного цикла объекта строительства / Н. Е. Булатников, Л. С. Выборова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 10-1(97). – С. 145-148. *https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-10-1-145-148*

3. BIM в России: как перейти от формальности к эффективности / Кирилл Поляков // Строительный эксперт : [сайт]. – URL: *https://ardexpert.ru/article/27824* – Текст : электронный.

4. Ляхов, С. А. Актуальность BIM-проектирования в сфере строительства / С. А. Ляхов // Сметно-договорная работа в строительстве. – 2019. – № 7. – С. 36-39. *https://elibrary.ru/avpfjn*

5. Abuhussain M. A. et al. Integrating Building Information Modeling (BIM) for optimal lifecycle management of complex structures //Structures. – Elsevier, 2024. – Vol. 60. – P. 105831. *https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.105831*

6. Юшкин, И. И. Проблемы и преимущества внедрения BIM на предприятиях строительной отрасли / И. И. Юшкин, Ш. Г. Х. Аламиди, Н. А. Сташевская // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2022. – Т. 18, № 2. – С. 172-181. *https://doi.org/10.22363/1815-5235-2022-18-2-172-181*

7. Гусева, Г. В. Технологии информационного моделирования в строительстве: российский опыт, проблемы и перспективы / Г. В. Гусева // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2025. – № 7-1. – С. 67-72. *https://doi.org/10.17513/vaael.4224*

8. Булатников, Н. Е. BIM технология как инструмент жизненного цикла объекта строительства / Н. Е. Булатников, Л. С. Выборова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 10-1(97). – С. 145-148. *https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-10-1-145-148*

9. Инновации в жизненном цикле строительства посредством интеграции BIM/ГИС / Н. М. Якушев, Д. А. Иванов, Н. К. Симаков, М. А. Кисляков // Строительство и техногенная безопасность. – 2024. – № 33(85). – С. 23-29. *https://doi.org/10.29039/2413-1873-2024-33-23-29*

10. Cheng Q., Tayeh B.A., Abu Aisheh Y.I., Alaloul W.S., Aldahdooh Z.A. Leveraging BIM for Sustainable Construction: Benefits, Barriers, and Best Practices // Sustainability. – 2024. – Vol. 16 – No. 17. – P. 7654. *https://doi.org/10.3390/su16177654*

11. Abdulsalam Alsofiani M. Digitalization in Infrastructure Construction Projects: A PRISMA-Based Review of Benefits and Obstacles //arXiv e-prints. – 2024. – С. arXiv: 2405.16875. *https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.16875*

УДК 338.45:69

Анализ барьеров и стратегий вовлечения вторичных ресурсов в оборот: экономическое моделирование цифровой платформы перераспределения остаточных строительных материалов

Титавнин А.С., студент *

* Ответственный за переписку: alextitavnin@gmail.com
Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет, Санкт Петербург

Аннотация. В статье проведен комплексный анализ барьеров, препятствующих вовлечению вторичных строительных ресурсов в экономический оборот в Российской Федерации, и предложены стратегии их преодоления на основе дорожных карт Минстроя России. Разработана экономическая модель цифровой платформы перераспределения остаточных строительных материалов для Санкт-Петербурга, демонстрирующая высокую коммерческую эффективность при реализации принципов циркулярной экономики. Расчетный NPV проекта составляет 464 млн рублей за трехлетний период при инвестициях 10 млн рублей. Результаты исследования обосновывают необходимость развития цифровых технологий для управления потоками вторичных ресурсов в строительной отрасли.

Ключевые слова: циркулярная экономика, вторичные строительные ресурсы, цифровая платформа, остаточные материалы, барьеры внедрения, экономическое моделирование, Минстрой России.

Введение

Строительная отрасль является крупнейшим потребителем невозобновляемых ресурсов в мировой экономике. Строительные минералы – песок, известняк для производства цемента, щебень – составляют 53% всех невозобновляемых материалов, поступающих в мировую экономику. Добыча неметаллических минералов выросла экспоненциально: с 8,5 млрд тонн в 1970 году до 47,9 млрд тонн в 2021 году 1. К 2050 году городское потребление материалов вырастет на 150% – с 40 млрд тонн в 2010 году до 90 млрд тонн по мнению аналитиков Инфагрин. В Российской Федерации проблема эффективного управления строительными отходами и вовлечения вторичных ресурсов в оборот приобретает особую актуальность. По данным на 2025-2026 годы, рынок строительных материалов России оценивается в 500 млрд рублей ежегодно, при этом доля остатков составляет около 15% (75 млрд рублей. Однако степень использования этих ресурсов остается крайне низкой из-за множественных барьеров организационного, экономического и нормативного характера. Правительство Российской Федерации приняло стратегические документы в рамках национального проекта «Экологическое благополучие» и федерального проекта «Экономика замкнутого цикла», установив цель вовлечения до 40% отходов в оборот к 2030 году. Минстрой России актуализирует отраслевую программу «Применение вторичных ресурсов в строительстве и ЖКХ на 2022-2030 гг.». В этом контексте, по мнению специалистов СРО, создание цифровых платформ для перераспределения остаточных строительных материалов становится перспективным направлением реализации принципов циркулярной экономики.

Исследование базируется на системном анализе нормативно-правовой базы Российской Федерации, дорожных карт Минстроя России, статистических данных строительной отрасли, а также результатов опросов участников рынка. Применены методы экономико-математического моделирования для оценки потенциального эффекта цифровой платформы перераспределения остаточных строительных материалов. Опрос девелоперов, проведенный компанией РОКВУЛ в 2025-2026 годах, выявил, что высокие затраты на переработку и рециклинг являются основным барьером для 71% респондентов. Логистические проблемы и отсутствие инфраструктуры для сбора, хранения и первичной обработки отходов значительно увеличивают себестоимость вторичных материалов по сравнению с первичным сырьем.

Рынок вторичных материалов развит слабо, в ряде регионов спрос на них просто отсутствует, а перевозка на дальние расстояния делает утилизацию экономически нецелесообразной. По итогам 2025 года производство большинства строительных материалов сократилось из-за резкого спада объемов строительства после отмены льготной ипотеки и роста ключевой ставки Банка России [1, 2]

Законодательство нечетко определяет ответственность за обращение с строительными отходами (застройщик против подрядчика), а штрафы за неэкологичную утилизацию слабы. По данным опроса РОКВУЛ, 62% девелоперов указывают на необходимость конкретизации ответственности застройщика, 62% требуют внедрения понятных требований к переработке. В 2026 году в России ожидается принятие нового закона о строительных отходах: второе чтение соответствующего нормативного акта включено в программу Государственной Думы на март 2026 года. Законопроект предусматривает создание специализированных участков для обработки, утилизации и обезвреживания отходов строительства и сноса, а также наделение субъектов РФ полномочиями по регулированию обращения с такими отходами. Отсутствие единой системы учета отходов и низкий спрос на вторичные материалы из-за недоверия к качеству без сертификации препятствуют развитию рынка. Устаревшие нормы в строительстве создают барьеры для внедрения инновационных решений. Отсутствие цифровых платформ для эффективного матчинга (сопоставления, связывания схожих объектов) спроса и предложения остаточных материалов приводит к информационной асимметрии на рынке [3].

Стратегии вовлечения вторичных ресурсов по дорожным картам Минстроя России разработалась по расширению применения металла в строительной отрасли, которая стандартизирует нормы для стальных конструкций из вторичного сырья. В рамках дорожной карты импортозамещения BIM/ТИМ предусмотрен переход на отечественное программное обеспечение с учетом принципов циркулярности. Минпромторг России в 2025 году внедрил новые правила подтверждения производства продукции с использованием вторичного сырья через государственную информационную систему промышленности (ГИСП), что создает стимулы для развития экономики замкнутого цикла. Девелоперы ожидают введения экономических механизмов воздействия: льгот за переработку и штрафов за неэкологичную утилизацию (71% респондентов), обновления методов учета и контроля с внедрением электронного документооборота (51%). Создание специализированных пунктов приема и временного хранения строительных отходов с последующей переработкой является приоритетным направлением. Москва и Московская область уже внедряют цифровые платформы для автоматизации всей цепочки обращения со строительными отходами: от вывоза и утилизации до контроля за перемещением грунтов. С октября 2020 года в Москве функционирует автоматизированная информационная система «ОССиГ» (отходы строительства, сноса и грунты), которая отслеживает движение каждого самосвала и контролирует доставку груза на специализированные пункты приема. За время работы системы зафиксировано более двух миллионов рейсов, перевезено свыше 58 миллионов тонн строительных отходов и грунтов, количество выброшенного в черте города груза сократилось на 56% [4, 5].

Интеграция BIM-технологий (Building Information Modeling) для трекинга остаточных материалов на этапе проектирования позволяет планировать повторное использование компонентов при поэтапном демонтаже. Цифровые платформы для торговли вторичными строительными материалами, материальные банки для каталогизации доступных компонентов, модели «здания как услуга» являются перспективными инструментами циркулярной экономики. Стимулирование спроса на вторичные ресурсы в государственных проектах, таких как строительство высокоскоростной магистрали Москва–Санкт-Петербург, может стать драйвером развития отрасли. Для оценки коммерческой эффективности цифровой платформы перераспределения остаточных строительных материалов была построена экономическая модель на основе параметров рынка Санкт-Петербурга.

Экономическая модель построена на следующих параметрах для рынка Санкт-Петербурга:

– Объем рынка строительных материалов региона: 500 млрд руб./год
– Доля остаточных материалов: 15% (75 млрд руб.)
– Целевая доля рынка платформы: рост от 1% до 5% за 3 года
– Комиссия платформы: 10% от объема транзакций
– Экономия покупателей: 30% от рыночной стоимости новых материалов
– Инвестиции в создание платформы: 10 млн руб.
– Ставка дисконтирования: 15% [6, 7]

Были выделены следующие базовые допущения модели. Рынок строительных материалов Санкт-Петербурга оценивается в 500 млрд рублей ежегодно. Доля остаточных материалов составляет 15%, что эквивалентно 75 млрд рублей потенциального объема для перераспределения. Целевая доля рынка платформы прогнозируется на уровне 1% в первый год, 3% во второй год и 5% в третий год. Комиссия платформы за транзакции составляет 10%, что соответствует рыночной практике B2B-маркетплейсов. Покупатели получают экономию 30% от стоимости новых материалов, что является конкурентным преимуществом вторичных ресурсов.

Инвестиции в разработку и запуск платформы оцениваются в 10 млн рублей, операционные расходы составляют 5 млн рублей в первый год, 3 млн рублей во второй год и 2 млн рублей в третий год за счет эффекта масштаба. Ставка дисконтирования установлена на уровне 15%, что соответствует рыночным требованиям к доходности инвестиций в технологические проекты. Показатели эффективности приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Показатели эффективности

Показатель	Год 1	Год 2	Год 3
Объем сделок, млрд руб.	0,75	2,25	3,75
Выручка платформы, млн руб.	75,0	225,0	375,0
Экономия покупателям, млрд руб.	0,22	0,68	1,12
Операционные расходы, млн руб.	5,0	3,0	2,0
Прибыль, млн руб.	70,0	222,0	373,0

Чистая приведенная стоимость (NPV) проекта с учетом дисконтирования составляет 464 млн рублей за трехлетний период, что демонстрирует высокую коммерческую привлекательность. Совокупная экономия для покупателей за три года достигает 2,02 млрд рублей, что создает значительную ценность для участников рынка. Анализ существующих платформ в России (Авито, Smart Waste, Строй Прайс) и международного опыта (ASPIRE в

Австралии, WasteTrade в Великобритании, Loopfront в Скандинавии, restado в Германии) показывает наличие свободной ниши для специализированного B2B-маркетплейса новых остаточных строительных материалов [2, 8].

Ключевыми конкурентными преимуществами разрабатываемой платформы являются:

– Интеграция с системой 1С для автоматической загрузки остатков от поставщиков

– Интеграция с системой ОССИГ для юридической чистоты операций

– Локальная логистика для Санкт-Петербурга и Ленинградской области с расчетом доставки и трекингом

– Электронная цифровая подпись (ЭЦП) для автоматизации договорного процесса

– Фокус на новые остатки от производителей и складов (не на б/у материалы из сноса)

Целевой аудиторией являются средние генподрядчики Санкт-Петербурга с оборотом 500 млн – 3 млрд рублей в год, закупающие материалы на объекты в регионе. Пилотный запуск предполагается на самых востребованных категориях: металлопрокат, бетон, утеплитель, профлист [9].

Заключение

Проведенный анализ выявил три группы барьеров, препятствующих эффективному вовлечению вторичных строительных ресурсов в экономический оборот: экономические (высокие затраты на переработку, слаборазвитая инфраструктура), нормативно-правовые (нечеткое разграничение ответственности, недостаточные экономические стимулы) и организационно-технические (отсутствие систем учета и цифровых платформ для матчинга).

Стратегии преодоления этих барьеров, заложенные в дорожных картах Минстроя России, включают нормативные меры (стандартизация требований, экономические стимулы), инфраструктурные решения (специализированные пункты приема, цифровые системы контроля) и технологические инновации (BIM-интеграция, цифровые платформы торговли). Экономическое моделирование цифровой платформы перераспределения остаточных строительных материалов для Санкт-Петербурга демонстрирует высокую коммерческую эффективность: NPV проекта составляет 464 млн рублей при инвестициях 10 млн рублей, что подтверждает экономическую целесообразность развития данного направления. Совокупная экономия для покупателей достигает 2,02 млрд рублей за три года, что создает значительный социально-экономический эффект.

Развитие цифровых платформ для управления потоками вторичных строительных ресурсов является ключевым инструментом реализации принципов циркулярной экономики в строительной отрасли и достижения национальных целей по вовлечению 40% отходов в оборот к 2030 году.

Список использованных источников

1. Слуцкая М. Строительство – ключевая зона экономики замкнутого цикла // InfraGreen. – 2025, 22 ноября. – URL: *https://infragreen.ru/marina-slutskaia-vyzov-dlia-stroiki-kak-razorvat-zamknutyi-krugh-riesursnoi-lovushki-2/* (дата обращения: 15.03.2026).

2. Кризис в строительстве изменил рынок материалов в России // *MRC.ru*. – 2026, 12 января. URL: *https://www.mrc.ru/news/420803-krizis-v-stroitelstve-izmenil-rinok-materialov-v-rossii* (дата обращения: 15.03.2026).

3. Индустрия стройматериалов – 2025: стагнация или стабильность? // GlavPortal. 2025. 3 марта. URL: *https://glavportal.com/materials/industriya-strojmaterialov-2025-stagnaciya-ili-stabilnost* (дата обращения: 15.03.2026).

4. Минстрой России приступил к работе по актуализации отраслевой программы применение вторичных ресурсов // SRO-SVS. – 2025, 2 февраля. – URL: *https://sro-svs.ru/minstroj-rossii-pristupil-k-rabote-po-*

aktualizatsii-otraslevoj-programmy-primenenie-vtorichnykh-resursov-vtorichnyh-resursov-v-stroitelstve-i-zhkh-na-2022-2030-gg/ (дата обращения: 15.03.2026).

5. Законная утилизация: какие нормативные изменения помогут решить проблему накопления строительных отходов // *Metr1.ru*. – 2026, 17 февраля. – URL: *https://metr1.ru/2026/02/18/zakonnaja-utilizacija-kakie-normativnye-izmenenija-pomogut-reshit-problemu-nakoplenija-stroitelnyh-othodov/* (дата обращения: 15.03.2026).
6. Девелоперы назвали главные барьеры для рециклинга строительных отходов // IncRussia. – 2025, 25 ноября. – URL: *https://incrussia.ru/news/developery-nazvali-glavnye-barery-dlya-retsiklinga-stroitelnyh-othodov/* (дата обращения: 15.03.2026).
7. Строителей избавят от вывоза мусора // Российская газета. – 2026, 11 февраля. –URL: *https://rg.ru/2026/02/11/stroitelej-izbaviat-ot-vyvoza-musora.html* (дата обращения: 15.03.2026).
8. Устаревшие нормы в строительстве создают барьеры для энергоэффективности // SIBUR Magazine. – URL: *https://magazine.sibur.ru/publication/direct/build/ustarevshie-normy-v-stroitelstve-sozdayut-barery-dlya-energoeffektivnosti/* (дата обращения: 15.03.2026).
9. Интеграция принципов циркулярной экономики в управление строительными отходами // NVJournal. – 2025, 31 октября. – URL: *https://nvjournal.ru/article/INTEGRATsIJa_PRINTsIPOV_TsIRKULJaRNOJ_EKONOMIKI_V_UPRAVLENIE_STROITELNYMI_OTHODAMI/* (дата обращения: 15.03.2026).

УДК 004.896

Машинное обучение и искусственный интеллект (ИИ) в системах проектирования теплогазоснабжения

*Хомутский В.А. *, студент, Кузьмина А.А., студент, Колосова Н.В., канд. эконом. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: homutskijvitalij@gmail.com
Воронежский государственный технический университет, Воронеж

Аннотация. Данная статья рассматривает использование методов машинного обучения и искуственного интеллекта при проектировании систем теплогазоснабжения. Актуальность таких технологий в данной тематике обуславливается увеличением объёмов, обрабатываемых данных, прогрессивное развитие вычислительных методов и стремление к автоматизации процессов на всех этапах проектирования. Обозреваются возможности перспективных моделей, которые в своей работе используют прогнозирование эффективности работы инженерных систем и оборудования, предотвращение в них ошибок и анализ эксплуатационных данных. К тому же, определённым образом описывается принцип функционирования нейронных сетей, их технология и образовательный процесс по принципу обратного распространения ошибки. Рассматриваются случаи внедрения искуственного интелекта в нефтегазовый и энергетические отрасли. Подводя итог можно сказать, что использование ИИ в перспективе значительно облегчит труд инженеров-проектировщиков и в значительной степени повысит эффективность в целом, однако полностью заместить человека такие системы не смогут, но уже могут выступать в роли вспомогательного инструмента.

Ключевые слова: нейросеть, система, инженер, инженерные системы, искусственный интеллект, данные, теплогазоснабжение, ТГС.

Научный руководитель – доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела ВГТУ, канд. эконом. наук, доцент Колосова Нелля Викторовна.

Введение

Любые способы внедрения информационных технологий в системы инженерного расчёта и в системы проектирования, безусловно, позволяют исключить из работы инженера огромное количество ручной работы.

Программы и алгоритмы, которые работают на основе базовой логики уже довольно давно используются во многих сферах деятельности. Однако, существуют и способы предоставить компьютеру и процесс мышления там, где имеется необходимость его ускорить или автоматизировать [1].

С увеличением объёма сбора сетевых данных, с появлением технологий для их хранения и с открытием способов анализировать эти данные, в руках человека оказалось достаточное количество материала, на основе которого теперь и сами компьютеры стало возможно «обучить» и получить наиболее корректный результат.

Конечно, ведь ещё недавно данные, получаемые из глобальной сети, были не настолько корректны, чтобы в них было просто ориентироваться и недостаточно объёмны, чтобы это

позволило дать компьютеру однотипные примеры, на которых он сам мог бы обучаться (по инструкции, данной ему человеком, разумеется).

Именно поэтому, прямо сейчас, в том числе и в сфере теплогазоснабжения, появилась возможность не только использовать программы, заточенные на исполнение диктуемого человеком алгоритма, но и создать новые, более гибкие программы, которые способны заменить зрение человека, его слух и даже голос.

Актуальность

Подавляющая часть ПО, используемого инженерами, так или иначе, задействует как раз те человеческие ресурсы, заменить и использовать которые мы способны обучив компьютер.

Если же речь идёт об оборудовании, машина (компьютер) способна на основе обучающих её данных предсказать эффективность, целесообразность и экономическую составляющую в работе такого оборудования [2].

Именно «предсказание» является одним из преимуществ, которое даёт обученная модель, нивелируя человеческий фактор в работе и затрачивая при этом минимум времени.

Итак, почему именно в системы проектирования ТГС стало возможным и необходимым внедрение программ, использующих обученные модели:

– объём данных для анализа: техника, используемая на объектах систем ТГС, возвращает человеку статистические данные о её работе (либо они формируются человеком из возвращаемых сведений). Эти данные используются для отслеживания и предугадывания поведения инженерных систем. Количество получаемой информации позволяет достаточно качественно обучить модель и получать точные прогнозы о работе техники уже без участия человека [3];

– профилактика ошибок: в отличии от простых программ, где всё зависит от решения человека, нейросеть способна иметь «своё мнение», так как была обучена на уже готовых и работающих примерах. Это означает, что наличие инженерной ошибки может быть ещё на этапе разработки предупреждено машиной;

– первые шаги для глобализации ИИ в ТГС: необходимость в использовании нейросетевых алгоритмов в системах теплогазоснабжения привела и к первым успехам в данной сфере. Например, в Пермском университете была разработана и обучена модель, управляющая температурой теплоносителя с очень высокой эффективностью. А компания «Росатом» разработала программную модель сетей теплоснабжения, которая способна предсказывать сбои и выполнять большой процент диспетчерских операций [4].

Компания «Газпром», к примеру, использует обученные модели для многократного упрощения работы с подземными хранилищами газа [5].

Достигнуть наиболее качественного результата в использовании столь сложных разработок, как раз будет проще полагаясь на уже проверенные в реальной работе системы.

Именно это и означает, что появилась возможность распространить новые технологии для использования на различных этапах проектирования и внедрить их в работу не только крупных компаний, но и сделать доступными каждому инженеру.

Как компьютер вообще способен «думать»?

Научить компьютер мыслить так, чтобы это напоминало работу человеческих органов чувств – это задача, которая включает в себя этапы, напоминающие работу головного мозга в процессе обучения. Эти задачи могут различаться в зависимости от конкретной цели, поставленной для нашей будущей модели.

Цель может заключаться в том, чтобы компьютер:

– распознавал различные объекты на чертеже или фотографиях:

1) осуществлял классификацию (определял к какому классу относится объект);

2) детекцию (определял и положение объекта относительно всего холста);

3) сегментацию (определял точные границы объекта сложной формы с точностью до пикселя);

– специализировался на генерации речи или распознавании голоса и звуков;

– осуществлял прогноз на основе входных данных и возвращал вероятность того или иного события и аналитическую деятельность;

– и многое другое.

Вне зависимости от цели, обучение компьютера «мыслить» мы можем представить, как работу нейронов в нашем мозге. И действительно, в мире искусственного интеллекта модель обучается с помощью специальных многослойных нейронных сетей, связанных друг с другом, представленных на рисунке 2. Их вершины и называют «нейронами».

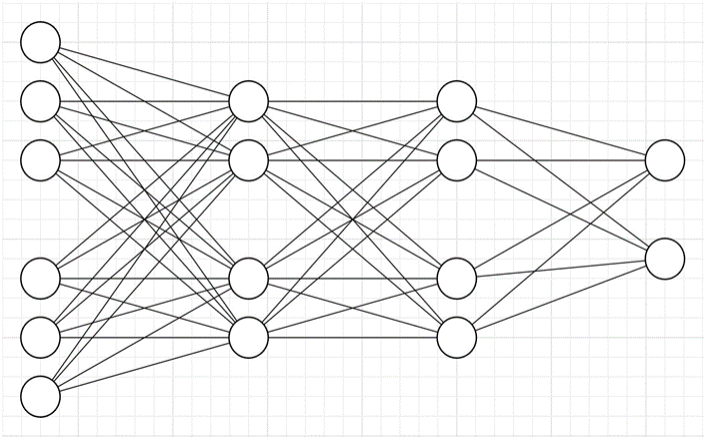


Рисунок 1 – Примерная структура нейронной сети (Источник: Составлено автором)

Окружности на рисунке 1 – это вершина нейронной связи (нейрон). Здесь находятся те или иные данные об анализируемом объекте, которые обрабатываются и по связям передаются следующему нейрону.

Такая сетка нейронов делится на слои. Первый слой (на рисунке 1 это первый столбик нейронов) называется входным слоем.

Во входной слой поступают данные об объекте, например, если данные – это картинка, то она разбивается на пиксели и каждый нейрон входного слоя примет в себя один пиксель (то есть, если картинка имеет размер 24x24, то нейронов во входном слое будет 576).

Скрытые слои – это все слои, которые находятся между первым и последним столбиками. Здесь, когда нейроны обнаруживают какую-то отличительную черту (признак) объекта, они передают данные в следующий слой. Причём эти данные претерпевают изменения переходя из одного нейрона в другой, потому что умножаются на специальный параметр – вес связи.

Вес связи – это и есть отличительная черта какого-либо объекта, представленная в виде коэффициента. Чем важнее признак для выявления каких-либо результатов, тем сильнее коэффициент повлияет на данные, передающиеся в следующий нейрон.

В целом, в скрытых слоях данные суммируются и умножаются исходя из различных настроек, которые многократно меняются в процессе обучения нейронной модели.

Выходной слой – это конечный ответ модели о её выводах касаемо текущего объекта. В выходных нейронах расписана вероятность результатов анализа. А наиболее вероятный результат – это и есть конечный ответ модели.

В самом начале веса связей определяются случайным образом. Далее, когда человек видит неправильный результат, происходит вычисление разницы между правильным и

ошибочным результатом (подсчёт ошибки). После этого формируется алгоритм обратного распространения ошибки, который в обратном порядке проходится по сети и исправляет веса связей, чтобы в следующий раз увеличить правильность выводов модели.

Процесс многократно повторяется и нейросеть становится «умнее».

Заключение

Обучение компьютера самостоятельно принимать решения – процесс уже известный и активно развивающийся. Огромное количество данных, существенный опыт человечества в использовании таких технологий и высокая потребность в автоматизации – вот факторы, свидетельствующие о будущем успехе в распространении искусственного интеллекта на весь спектр проектирования систем теплогазоснабжения.

Сейчас мы видим лишь узконаправленное использование обученных моделей в системах ТГС. Наша цель – сделать возможным облегчить работу инженера как можно в большем количестве этапов проектирования.

Машина обучается на основе имеющихся данных. Создавать же что-то кардинально новое или гибко реагировать на особо уникальные ситуации в данной сфере – компьютеру не дано.

Именно поэтому, инженер в своей сфере незаменим. Инженер способен обеспечить научный прорыв, искать нетривиальные решения и работать в команде с другими людьми, как единый организм.

А искусственный интеллект – это всегда доступный помощник, освобождающий инженера от лишней работы и дающий больше пространства, чтобы создавать ещё больший прогресс в ещё более быстром темпе.

Список использованных источников

1. Грешонков, А. М. Программы поддержки инновационных проектов по достижению триады целей «технологический паритет – технологическое лидерство – технологический прорыв» / А. М. Грешонков, Е. Н. Сыщикова, Н. В. Колосова // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. – 2019. – Т. 16, № 11. – С. 46-51. *https://elibrary.ru/uxtkgv*

2. Хомутский, В. А. Вариативность автоматизированного проектирования систем теплогазоснабжения / В. А. Хомутский, Н. В. Колосова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2025. – № 3(40). – С. 27-31. *https://elibrary.ru/msybpq*

3. Формирование и развитие инновационной инфраструктуры в целях коммерциализации технических проектов / Е. Шкарупета, О. А. Попова, О. Шальнев, Н. Колосова // Энергетическое управление муниципальными объектами и устойчивые энергетические технологии : сборник трудов по материалам XXI Международной научной конференции, Воронеж, 28–30 ноября 2019 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2020. – С. 52-56. *https://elibrary.ru/ilixoa*

4. «Росатом» создал цифровой двойник сетей ЖКХ Обнинска и автоматизировал до 80% диспетчерских операций – Информационно-аналитический журнал RUБЕЖ. – 2025. – URL: *https://ru-bezh.ru/gossektor/news/25/12/08/rosatom-sozdal-tsifrovoy-dvoynik-setey-zhkh-obninska-i-avtomatiz*

5. ИИ помогает «Газпрому» повышать производительность ПХГ // Профильное издание о разработке недр ПРОНЕДРА. – 2025. – URL: *https://pronedra.ru/ii-pomogaet-gazpromu-povyshat-proizvoditelnost-phg-795968.html#respond*

УДК 69

Информационная модель как часть цифрового двойника

Храпцова М.С., студент; Чмир Ю.Э., старший преподаватель кафедры градостроительства и городского хозяйства*

* Ответственный за переписку: m.khraptsova@sibstrin.ru
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, Новосибирск

Аннотация. Статья рассматривает концепцию цифрового двойника, анализируется практическая значимость, обоснованность, перспективы и особенности применения в управлении объектами капитального строительства. Обозначается взаимосвязь понятий информационной модели и цифрового двойника, а также описывается опыт создания и использования информационной модели на примере школы МБОУ «СОШ №4» в рабочем поселке Линёво Новосибирской области. В основе проекта лежат натурные измерения здания школы, а полученная модель, созданная с использованием отечественного программного обеспечения, включает графические, атрибутивные данные и документацию, на основе которой были проведены сметные расчеты для потенциального ремонта помещения. Результаты показывают важность внедрения инновационных решений, которые помогают решить ряд проблем в отрасли строительства и управления объектами.

Ключевые слова: информационная модель, цифровой двойник, объект строительства, управление объектом, оптимизация процессов

Введение

Строительная отрасль на данный момент нуждается в инновационных подходах цифровизации, а быстрые темпы строительства объектов, возрастающая сложность проектов и связь с окружающими системами среды делают обслуживание и управление таким объектом труднее без современных цифровых технологий, требуется введение принципиально новых подходов в информационном менеджменте [1]. С 1 июля 2024 года застройщики, реализующие масштабные проекты долевого строительства, обязаны применять технологии информационного моделирования (ТИМ). Ключевым нормативным документом, вступившим в силу 1 сентября 2024 года, стало Постановление Правительства РФ № 614, которое устанавливает порядок создания и сопровождения цифровых моделей, в том числе в части сметной документации.

Однако технология информационного моделирования, имеющая широкое развитие и ставшая стандартом проектирования, описывает объекты статично и актуальна обычно только до сдачи объекта в эксплуатацию, в то время как концепция цифрового двойника устраняет этот разрыв, сопровождая и актуализируя физический объект на всём протяжении его жизненного цикла [1, 2].

Целью статьи является изучить концепцию цифрового двойника, изучить процесс его создания, особенности и возможности его введения в управлении активом на примере МБОУ «СОШ №4» в рабочем поселке Линёво.

Для достижения цели требуется изучить имеющуюся информацию и современное представление о цифровом двойнике как инструменте управления активами; составить информационную модель кабинета школы на основе реального состояния актива для дальнейшего использования в реализации цифрового двойника, наполнение модели нужными атрибутивными данными; провести сметные расчеты материалов кабинета на основе

информационной модели и технических документов для выявления преимуществ введения цифрового двойника.

Основная часть

С теоретической точки зрения концепция цифрового двойника была впервые предложена и сформулирована исследователем М. Гривсом в 2002 году и на данный момент она используется во многих отраслях промышленности и науки.

В сфере существующей нормативной документации, затрагивающей информационный менеджмент, существует определение актива – это «…то, что имеет потенциальную или реальную ценность для организации. Управление активами позволяет организации реализовывать ценность от активов для достижения своих целей. Система управления активами используется организацией для руководства, координации и контроля всей деятельности по управлению активами.» (ГОСТ Р 55.0.03–2021).

Активом в строительной сфере является объект капитального строительства, находящийся в собственности и принятый в эксплуатацию. (сооружение производственного и непроизводственного назначения, жилое и административное здания, земельный участок, производственное оборудование и механизмы). Соответственно, цифровым двойником актива является представление информации об этом активе, которая синхронизируется с ним в режиме реального времени с установленной периодичностью, для принятия человеком управленческих решений на ее основе [2].

Понятие информационной модели означает совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства [3, 4]. Цифровой двойник актива отличается от информационной модели актива тем, что имеет связь (как правило, двухстороннюю) с физическим активом [2, 5].

Концепция цифрового двойника представляет собой систему, включающую в себя информационную модель актива (АИМ) где содержится статическая информация об активе; программно-аппаратные устройства (датчики, измерители, регистраторы) для сбора динамической (то есть постоянно обновляемой) информации об активе; базу данных для хранения динамической информации об активе и информационную систему, связанную с АИМ, базой данных и устройствами для сбора динамической информации об активе [5, 6].

На конкретном примере МБОУ «СОШ №4» можно понять, что руководство школы (актива) нуждается в цифровой модели в целях в актуализации для возможной перепланировки и капитального ремонта объекта. Для воспроизведения сценария создания цифровой модели с последующим составлением сметной документации для потенциального ремонта была выбрана аудитория в здании школы.

Командой обучающихся школы были проведены обмерные работы для получения точных геометрических данных об активе (аудитории), на основе которых было проведено формирование базовой трехмерной модели в ПО «Renga» с последующим заполнением атрибутивных данных для каждого элемента модели.

Смета регулируется Постановлением Правительства РФ №87 от 16.02.2008 и входит в Раздел 12 проектной документации объекта капитального строительства, а значит является неотъемлемой частью проекта, определяющей стоимость строительства, капитального ремонта или реконструкции. Как правило, классический способ формирования сметной документации не подразумевает создания и использования ЦИМ. Расчеты формируются на основе чертежей, спецификаций и ведомости объемов работ (ВОР), в то время как в современном способе ЦИМ является источником практически всех данных и используется для

автоматизированного формирования сметных расчетов. Для выявления практической значимости введения цифрового двойника были проведены два расчета: на основе технической документации к проекту школы и на основе актуальных геометрических данных актива с информационной модели. Принято, что помещения всех этажей идентичны аудитории для упрощения и наглядности расчетов.

Таблица 1 – Сравнение сметного расчета по техническому плану и по фактическим замерам.

	Наименование помещения/этажа	Площадь, м^2	Стоимость материалов, руб.	Итого	Разница
по техническому плану	ауд. 296 внутренняя отделка (по техническому плану)	28,3	84238	2635488,52	16570,09
	Помещения 1-го этажа	295,8	880480,58		
	Помещения 2-го этажа	296,4	882266,54		
	Помещения 3-го этажа	293,2	872741,40		
	Общая площадь помещений	885,4			
по фактическим замерам	ауд. 296 внутренняя отделка (по фактическим замерам)	29,71	87 879	2618918,43	
	Помещения 1-го этажа	295,8	874944,74		
	Помещения 2-го этажа	296,4	876719,47		
	Помещения 3-го этажа	293,2	867254,22		
	Общая площадь помещений	885,4			

По итогам проведенных расчетов, предоставленных в табл.1, стало очевидно, что цифровая информационная модель предоставляет более точные, а главное актуальные данные, что позволяет на конкретном примере более точно рассчитать объемы и затраты на перепланировку или ремонт объекта, а значит более точно распределить бюджет и ресурсы.

Результаты доказывают, что информационная модель создается и формируется для того, чтобы информация, которую она содержит, использовалась дальше, для осуществления деятельности при управлении активом.

Таким образом, можно выделить следующие преимущества цифрового двойника: ускорение процесса подсчета объемов работ; исключение человеческого фактора; выпуск ведомостей объемов работ по модели; автоматизация контроля и учета изменений; ускорение подготовки сметной документации; оптимизация контроля процессов и, в частности, себестоимости на разных этапах; сокращение времени разработки; эффективное обслуживание актива; гибкость и адаптивность данных; повышение безопасности актива.

Однако, во введении информационной модели для данных целей существуют ограничения в виде высоких затрат на внедрение, зависимости от качества данных, потребности в специальных знаниях, затрат энергии, ограничения в моделировании и в неопределенности правовых вопросов. Следует отметить, что включение затрат на технологии информационного моделирования в главу 9 «Прочие работы и затраты» сводного сметного расчета. регламентируется согласно Приказу Минстроя № 421/пр (в ред. 55/пр от 30.01.2024). Расчет охватывает создание, ведение и обработку информационной модели на этапах строительства и реконструкции.

Заключение

Результаты, полученные в ходе создания информационной модели на основе реального состояния объекта и её использование при сметных расчетах позволяют сделать вывод, что при управлении активом на основе достоверных и актуальных данных информационной модели цифрового двойника ускоряется и упрощается контроль и учет изменений повышается безопасность актива, исключается вероятность возникновения ошибок, автоматизируются расчеты и повышается их точность.

Тем не менее, создание цифрового двойника создает высокие требования к качеству модели и её данных, а сам процесс является трудозатратным и требует специальных знаний и навыков от персонала. Стоит отметить, что на данный момент существует ощутимый недостаток правовых материалов в сфере строительства для повсеместного введения цифровых технологий и решения отдельных правовых вопросов.

Список использованных источников

1. 1. Топчий, Д. В. Интеграция информационного моделирования зданий и цифрового двойника в процессе строительства проекта / Д. В. Топчий, О. Д. Альоода // Вестник евразийской науки. – 2025. – Т. 17, №1. *https://elibrary.ru/jnehen*

2. Крюков, К. М. Использование технологии цифровых двойников в строительстве / К. М. Крюков, А. В. Шаповалов // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 5(89). – С. 517-525. *https://elibrary.ru/sviiwz*

3. Господинов, С. Г. Геодезическое обеспечение цифрового моделирования / С. Г. Господинов // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – № 4(16). – С. 121-130. *https://doi.org/10.21777/2312-5500-2016-4-121-130*

4. Харун М., Испандиярова У. Э. К., Исаев Р. А. Технологии информационного моделирования (BIM) // Механика и технология. – 2024. – №4. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-informatsionnogo-modelirovaniya-bim*

5. Популярный информационный менеджмент в строительстве, Смирнов. Основные принципы и концепции. – 2023. – 432 с. цв. ил., портр.. – ISBN 978-5-6041602-8-2.

6. Прохоров А., Лысачев М. Научный редактор профессор Боровков А. Цифровой двойник: Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 стр., ил. – URL: *https://datafinder.ru/files/new4/digital_twin_book.pdf* – Текст : электронный.

Строительные конструкции и материалы

УДК 624.15:691.11(71+470)

Проектирование фундамента под высотное деревянное здание: опыт России и Канады

Антонова П.А., студент; Савина Н.В., старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: antonova_pa@list.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Высотные деревянные здания (в первую очередь на основе CLT и клееной древесины) предъявляют специфические требования к фундаментам: нужно обеспечить передачу вертикальных нагрузок, восприятие значительных горизонтальных усилий от ветра и сейсмики, ограничение деформаций (осадок и кренов), долговечность узла «дерево-бетон» при рисках влагонакопления, а также пожарно-техническую и эксплуатационную надежность подземной части. В статье рассмотрены конструктивные решения железобетонных фундаментов для высотных деревянных зданий на примере канадской практики (монолитная плита в сочетании со сваями и анкерными/hold-down устройствами) и сопоставлены с типовыми российскими подходами (ленточные фундаменты глубокого заложения, утепленная отмостка, мероприятия против морозного пучения). Показаны ключевые факторы выбора (геология, глубина промерзания, нагрузки и динамика, влажностный режим, технологичность), а также сформулированы выводы о применимости решений.

Ключевые слова: CLT, клееный брус, высотные деревянные здания, железобетонная плита, свайно-плитный фундамент, ленточный фундамент, морозное пучение, анкерные устройства, гидроизоляция, деформационные швы.

В последние годы высотное деревянное строительство становится всё более популярным. Рост этажности такого строительства связан с развитием инженерной древесины: CLT-панелей, LVL, клееного бруса, а также с улучшением расчетных моделей и нормативной базы. (рис. 1) [1].

Рисунок 1 – Самое высокое деревянное здание в мире – Башня Mjösa (Норвегия) (Источник: [1])

Хотя надземная часть «легче» железобетонной, высотные деревянные здания становятся «малонагруженными» для фундаментов. Во-первых, при увеличении высоты резко растут

ветровые нагрузки, требования по ограничению горизонтальных перемещений и ускорений, а также усилия в ядрах жесткости, диафрагмах и связях. Во-вторых, деревянная надстройка чувствительна к неравномерным осадкам: чрезмерные крены и дифференциальные осадки ухудшают работу соединений, приводят к раскрытию зазоров, повышают риск влагонакопления и снижают комфорт. В-третьих, узел опирания древесины на бетон требует надежной защиты от капиллярного подсоса влаги, конденсации и протечек инженерных систем [2].

Железобетон в подземной части остается доминирующим материалом даже для полностью деревянных проектов, поскольку обеспечивает высокую жесткость основания, устойчивость к увлажнению и воздействию грунтовых вод, интеграцию инженерных вводов и подземных этажей.

Сравним российский и канадский подходы к проектированию фундамента под высотное деревянное здание. Для начала выделим общие расчетные критерии, которые определяют выбор типа фундамента.

Суммарные вертикальные нагрузки от деревянного каркаса ниже, чем у железобетонного аналога, но это не всегда приводит к более простым решениям конструкции фундаментов. Часто определяющим становится не несущая способность по грунту, а допустимые осадки и особенно их неравномерность. Для высоких зданий требования по крену и деформациям основания становятся жестче, что подталкивает к решениям с повышенной пространственной жесткостью (плита, свайно-плитные схемы, ростверки) [3].

Для высотных зданий горизонтальные нагрузки могут формировать значительную часть усилий в системе «надземная часть-фундамент-основание». Ветровая нагрузка вызывает опрокидывающий момент, который должен быть замкнут через фундамент: наветренная сторона работает на сжатие, подветренная может переходить в растяжение/отрыв [4]. Для деревянных конструкций важно обеспечить надежные анкера, работающие на выдергивание, а также жесткое сопряжение диафрагм/ядер с фундаментом.

Критическим фактором является предотвращение длительного увлажнения древесины в зоне контакта с бетоном. Поэтому в обоих климатах применяются как горизонтальная отсечная гидроизоляция, капиллярные разрывы, дренаж, защитные покрытия, так и конструктивное поднятие деревянных элементов над уровнем возможного намокания (порог, цоколь, «бетонный подиум») (рис. 2).

Рисунок 2 – Узел крепления деревянной CLT-панели к бетонному фундаменту (Источник: [4])

В канадских нормах (CSA O86) подчеркивается важность теплотехнического разделения. Бетон является «холодным» материалом, а дерево «теплым». Чтобы избежать выпадения конденсата в месте стыка, между бетонным ростверком и первой деревянной опорой укладывается слой высокопрочной сухой смеси (grout) и пароизоляционная мембрана. Это предотвращает гниение нижней части здания и обеспечивает срок службы фундамента более 100 лет [5].

В России морозное пучение и сезонные деформации основания часто становятся определяющими, поэтому распространены ленточные фундаменты глубокого заложения, расположенные ниже глубины промерзания. Среди конструктивных решений также предусматривается утепление отмостки, стабилизация пучинистых грунтов, дренаж. Климатические зоны России и Канады разнообразны. И хотя северная часть Канады характеризуется арктическим климатом, технологии проектирования и возведения зданий могут отличаться от российских из-за иной типологии грунтов, распространенности решений на свайных фундаментах и частной ориентации на плитные (подиумные) схемы в городских высотных проектах [6].

Для наглядности сопоставления подходов представлю сравнительную таблицу (табл.1), систематизирующую ключевые конструктивные и эксплуатационные параметры фундаментов для высотных деревянных зданий в практике России и Канады.

Таблица 1 – Сравнительный анализ конструктивных решений железобетонных фундаментов в строительной практике России и Канады

Критерий сравнения	Канадская практика (преимущественно CLT-системы)	Российская практика (преимущественно клееный брус и ЛВЛ)
Основной тип конструкции	Монолитная плита/Свайно-плитный фундамент. Часто интегрируется с бетонным подиумом первого этажа (рис.3)	Ленточный фундамент глубокого заложения. Часто дополняется ростверком или сваями при росте этажности
Передача нагрузок	Распределенная по всей площади плиты; сваи минимизируют дифференциальные осадки высотной части	Линейная (под несущими стенами); высокая чувствительность к неоднородности грунта при больших нагрузках
Реакция на ветер и сейсмику	Развитая система стальных анкеров (hold-downs), закрепленных в массе плиты/ростверка	Использование фундаментных болтов и стальных пластин; расчет на вырыв требует локального усиления армирования ленты
Борьба с морозным пучением	Опирание свай ниже зоны промерзания; использование дренирующих засыпок и термоизоляции плиты (EPS/XPS)	Акцент на глубину заложения (ниже ГП) и устройство утепленной отмостки для исключения промерзания под подошвой
Защита узла «дерево-бетон"	Применение специализированных мембран, капиллярных отсечек и конструктивных выступов	Рулонная или обмазочная гидроизоляция; обязательное устройство высокого цоколя для защиты от снегового покрова
Технологичность	Высокая скорость за счет плоской площадки для монтажа панелей; точность установки анкерных групп	Трудоемкость земляных работ при глубоком заложении; необходимость точной выверки горизонтальности верха ленты
Типовые риски	Сложность ремонта анкерных соединений при ошибках позиционирования в плите	Риск неравномерных осадок тяжелых лент на малых пятнах застройки; промерзание при нарушении целостности отмостки

Рисунок 3 – Монолитная железобетонная плита под деревянное здание

Сравнение показывает различие «инженерного фокуса» при устройстве железобетонных фундаментов под высотные деревянные здания. Канадский подход, типично опирающийся на монолитную плиту в сочетании со свайной системой и развитой анкеровкой, ориентирован на жесткость, предсказуемость деформаций и надежное замыкание опрокидывающих усилий для CLT-надстройки. Российский подход с ленточными фундаментами глубокого заложения и утепленной отмосткой отражает приоритет борьбы с морозным пучением и традиционную привязку к стеновым системам из клеёного бруса. Однако при росте этажности часто требуется усиление схемы до ростверков или свай, а также более тщательная проработка анкеровки и контроля деформаций. В обоих случаях ключ к надежности не национальная типология, а соответствие инженерно-геологическим условиям, корректное замыкание горизонтальных усилий и безусловная защита зоны контакта дерева с бетоном от влаги.

Таким образом, при принятии решений по выбору типа фундаментов под высотное здание необходимо учитывать различные факторы, влияющие на рациональный выбор конструкции. Многокритериальный анализ позволяет найти оптимальное решение, которое соответствует индивидуальным условиям района строительства и нормам, отвечает требованиям надёжности, экономичности и прогрессивности [7].

Как отмечается в литературе, многокритериальные модели принятия решений – это задачи принятия решения по сравнению с однокритериальными гораздо лучше позволяют оценить альтернативы, поскольку позволяют их рассмотреть с различных аспектов и в силу этого наиболее полно отразить их сходства и различия, тем самым повышая объективность выбора объективного (компромиссного) решения.

Некоторые критерии, которые учитываются в многокритериальном анализе при выборе фундаментов в строительной практике: инженерно-геологические условия площадки строительства, нагрузки на фундамент, расчётные величины действующих нагрузок, деформации основания (осадки, крены, прогибы, отклонения центра тяжести здания от вертикали и т. п.), взаимодействие сооружения с основанием, а также возможное неблагоприятное влияние внешней среды на физико-механические свойства грунтов (например, под влиянием поверхностных или подземных вод, климатических факторов). Для проведения многокритериального анализа используется вариантное проектирование, учитывающее различные варианты фундаментов, численные расчеты основания, фундаментов и подземных частей здания, а также технико-экономическое сравнение вариантов устройства фундаментов.

Список использованных источников

1. Bahrami A., Rashid S. M. P. Sustainable development of recent high-rise timber buildings // Sustainable structures and buildings. – Cham : Springer International Publishing, 2024. – С. 1-16. – URL: *https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-46688-5_1* (дата обращения: 21.03.2026).

2. Пособие к СП 64.13330.2017. Проектирование и расчет деревянных конструкций. – М.: ФАУ «Федеральный центр нормирования и технических оценок в строительстве», 2018. – 212 с.

3. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – М.: Минстрой России, 2016. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/456054206*

4. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия : актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85* : утв. Минстроем России. – М., 2016. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/456044318*

5. CSA O86-19 «Engineering design in wood». – Canadian Standards Association, 2019.

6. NBCC 2020 (National Building Code of Canada, Volume 2). – National Research Council of Canada, 2020.

7. Кузьменко А.А. Многокритериальные методы принятия решений: алгоритмы и реализация на Python : учебное пособие для вузов / А.А. Кузьменко. – Санкт-Петербург : Лань, 2026. – 140 с.

УДК 692.115

Анализ эффективности различных типов свай на просадочных грунтах

*Аристов С.В. *, студент; Сучкова Е.О., доцент*

* Ответственный за переписку: stepaaristov9@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается проблема выбора рационального свайного фундамента для участков с переменным грунтовым слоем, где чередуются грунты разной прочности. На основе анализа полевых испытаний, включавших вдавливание, выдергивание и горизонтальные нагрузки, проведено сравнение четырех типов свай: призматических, трапецеидальных, пирамидальных, треугольных, а также свай с уширением. Выявлены зависимости несущей способности от формы сваи, глубины забивки и состояния грунта в активной зоне. Даны рекомендации по применению различных типов свай для стандартных грунтовых условий.

Ключевые слова: свая, уширение сваи, несущая способность, призматические-, трапецеидальные, треугольные сваи, статические и динамические испытания.

Научный руководитель – доцент кафедры оснований, фундаментов и инженерной геологии ННГАСУ, Сучкова Елена Олеговна

Проектирование фундаментов на сложных участках требует обязательного учета неоднородности грунта. Особые трудности вызывают участки с чередованием слоев грунта разной прочности на разной глубине. В таких случаях сложно выбрать оптимальный тип свай, который обеспечит необходимую несущую способность при минимальных затратах материалов. Стандартные расчетные методы, основанные на усредненных данных, могут не учитывать особенности локального взаимодействия сваи с грунтом [1, 2]. Поэтому данные натурных (полевых) испытаний приобретают важное значение.

Цель работы – на основе статических испытаний проанализировать, как сваи разных форм (призматические, трапециевидные, пирамидальные, треугольные и с уширением) работают в грунтах с переменными свойствами.

Задачи:

– Сравнить несущую способность свай разных форм при статической нагрузке.

– Оценить, влияет ли время «отдыха» сваи на ее несущую способность.

– Изучить эффективность свай с уширением в двухслойных грунтах.

– Разработать практические рекомендации по выбору свай для различных условий.

Методология и объекты исследования. Испытания проводились на нескольких полигонах с чередующимися слоями суглинков разной консистенции и прослойками песка. Основное внимание уделялось сваям длиной около 7 м различной формы [3, 4]:

– Призматические (30х30 см) – в качестве эталона.

– Трапециевидные – для оценки расклинивающего эффекта.

– Пирамидальные.

– Треугольные – с увеличенной боковой поверхностью.

Дополнительно были проверены призматические сваи длиной от 6 до 10 м и сваи с уширением различных форм на слабом грунте с прочным основанием. Всего проведено 29 испытаний по ГОСТ 5686-94 [3] с нагрузками вертикального, выдергивающего и

горизонтального типа. Для оценки эффективности использовался показатель приведенной несущей способности – нагрузка, отнесенная к объему сваи.

Результаты. Несущая способность свай при вдавливании Результаты испытаний свай длиной 6,5-7 м на основном полигоне представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Статические испытания свай разной формы на опытном полигоне

№ сваи	Тип сваи	Прог. м	Отдых, сут.	Статические испытания		
				Рн, тс	Рр, тс	Р прив.тс/м3 тс/м3
18а	Призматическая – 7 м	6,5	330	39	31,2	50,0
18б			345	50	40	63,5
3	Трапецеидальная – 7 м	6,5	360	40	32	50,8
4		6,5	360	35	28	44,4
5		6,5	359	40	32	50,8
15		6,5	360	35,5	28	44,4
33а		6,5	330	70	56	89
10	Пирамидальная – 7 м	6,5	350	45	36	–
11		6,5	–	45	36	–
12		6,5	–	45	36	50
32		6,5	–	45	36	–
6	Треугольная – 7 м	6,5	–	34	37,2	45,8
8		6,5	–	45	36	58,6
33		6,5	–	57	45,6	73,5
6/1	Призматическая – 7 м	6,5	23	51,5	41,2	62,4
12/1	Призматическая – 8 м	7,5	10	58	46,8	65
14/1	Призматическая – 10 м	9,5	15	55	44	49
18/1	Трапецеидальная – 7 м	6,5	21	55	44	70

Призматические сваи выдерживали нагрузку от 31,2 до 41,2 тс, максимальная нагрузка была зафиксирована у 8-метровой сваи (46,8 тс).Но по приведенной несущей способности эффективнее всего оказалась свая длиной 6 м (77 тс/м³), а у 10-метровой этот показатель снизился до 49 тс/м³. Это говорит о том, что увеличивать длину свай без необходимости нецелесообразно [2, 5]. Влияние времени «отдыха»: после 25 суток и 1 года несущая способность почти не меняется (41,2 и 40 тс), то есть тиксотропное упрочнение выражено слабо. Исключение – сваи с уширениями в мягкопластичных грунтах, где через год нагрузка заметно возросла.

Трапециевидные сваи работают лучше, если верхний слой грунта прочный. На участке с тугопластичными грунтами их несущая способность была ниже, чем у призматических (32 тс), поскольку расклинивающий эффект не проявился. Но на другом участке с более прочным верхним слоем они показали прирост несущей способности до 56 тс – на 55 % больше, чем у призматических свай.

Пирамидальные сваи выдержали стабильную нагрузку около 36 тс, что сопоставимо с нагрузкой на призматические сваи, но за счет большего объема материала их эффективность ниже (50 тс/м³).

Треугольные сваи с большой боковой поверхностью показали хорошую эффективность в слабых грунтах: нагрузка до 45,6 тс на одном из участков – на 11 % выше, чем у призматических свай, а приведенная несущая способность (73,5 тс/м³) подтверждает экономическую целесообразность их использования [4].

На участке с песчано-суглинистым слоем сваи с уширением показали почти двукратный прирост несущей способности по сравнению с призматическими сваями. При этом расход материала на единицу нагрузки снизился на 25–30 %. Основную часть нагрузки принимает на себя расширенная часть сваи, где лобовое давление значительно превышает боковое трение [1, 5].

Исследования подтвердили, что универсального типа свай для неоднородных грунтов не существует. Их эффективность зависит от соответствия формы сваи особенностям грунтового слоя. Если прочность грунта с глубиной снижается, лучше использовать сваи трапециевидного сечения – они опираются на прочные верхние слои. Если прочность увеличивается с глубиной, целесообразно использовать сваи с расширением, опирающиеся на прочный нижний слой, или призматические сваи рекомендуемой длины. Если грунт слабый и однородный на большой глубине, эффективнее использовать сваи с большой боковой поверхностью, которые максимально используют трение [2, 4]. Значительные колебания несущей способности свай на расстоянии до 50 м (более 50 %) подчеркивают важность тщательных инженерно-геологических исследований, которые позволяют учесть локальные особенности и не распространять результаты испытаний на весь участок без дополнительной проверки [3].

Выбор типа свай во многом определяется изменением прочности грунта по глубине в активной зоне. Призматические сваи – базовый вариант, но их удлинение более чем на 8-10 м не всегда оправдано из-за снижения эффективности [2]. Трапециевидные сваи обеспечивают прирост несущей способности до 55 % только при наличии прочных верхних слоев грунта, при их отсутствии их применять не стоит. Треугольные сваи с развитой боковой поверхностью обеспечивают прирост нагрузки до 12 % в слабых грунтах при меньшем расходе материалов. Сваи с уширением оптимальны для двухслойных оснований со слабыми верхними и прочными нижними грунтами: они увеличивают несущую способность почти вдвое и сокращают расход материалов на четверть [5]. Пирамидальные сваи в таких условиях менее эффективны из-за большого объема материала. Разработанные схемы грунтовых слоев позволяют на раннем этапе проектирования обоснованно выбирать тип фундамента, сводя к минимуму лишние исследования и затраты [1, 4].

Список использованных источников

1. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.

2. Далматов, Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии) : учебник для вузов / Б. И. Далматов. – 7-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 416с.

3. ГОСТ 5686-94. Грунты. Методы полевых испытаний сваями. – М., 1995. – 49 с.

4. Ухов, С. Б. Механика грунтов, основания и фундаменты : учебное пособие для строит. спец. вузов / С. Б. Ухов, В. В. Семенов, В. В. Знаменский ; под ред. С. Б. Ухова. – 4-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2007. – 566 с.

5. Берлинов, М. В. Основания и фундаменты : учебник для вузов / М. В. Берлинов. – 11-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2025. – 320 с. – ISBN 978-5-507-53298-8.

УДК 699.844

Анализ свойств звукоизолирующих покрытий типа плавающий пол

*Барчуков С.В. *, студент; Гребнев П.А., доцент кафедры архитектуры ННГАСУ, канд. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: barchukov.31@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Выполнен анализ текущей ситуации в жилом строительстве в сфере защиты от шума. Приведены применяющиеся в строительстве системы защиты от ударного шума. Представлены результаты экспериментальных лабораторных исследований по оценке улучшения изоляции ударного шума некоторыми конструкциями звукоизолирующих полов. Определены ключевые параметры эффективности звукоизолирующих конструкций пола.

Ключевые слова: ударный шум, системы защиты от ударного шума, экспериментальные исследования, улучшение изоляции ударного шума.

Научный руководитель – доцент кафедры архитектуры ННГАСУ, доцент, кандидат технических наук, начальник научного центра «Новое строительство», Гребнев Павел Алексеевич.

Введение

Темпы застройки в России остаются стабильно высокими, около 102 млн м² к концу 2025 года по данным Минстроя, что подчеркивает высокую актуальность задачи создания акустического комфорта жилья для жителей городов. Одной из проблем в жилищном строительстве является ударный шум, возникающий при механическом воздействии на поверхности и распространяющийся по конструкциям здания.

Для защиты от ударного шума в жилищном строительстве применяются различные конструкции полов. Наряду с хорошо зарекомендовавшими себе толстыми конструкциями плавающего пола применяются тонкие конструкции полов (ламинат, паркет, плитка, линолеум) которые обеспечивать формальное выполнение нормативных значений и не обеспечивает дополнительной защиты от воздушного шума [1, 2]. Таким образом, даже наличие финишной отделки, выполненной застройщиком, может быть недостаточным для акустического комфорта жильцов.

Данная проблема вызвана двумя основными причинами: 1) экономией средств на внутренней отделке; 2) нежеланием уменьшать высоту потолков, что вынуждает застройщика применять конструкции полов с минимальной толщиной, негативно влияя на защиту от ударных шумов.

Рассмотрим более подробно системы изоляции шума на основе плавающего пола

Конструктивные решения плавающего пола

Современный рынок строительных материалов и конструкций предлагает широкий спектр решений, способных комплексно решить проблему звукоизоляции перекрытий. Некоторые варианты конструкций, обеспечивающих защиту как от ударного, так и от

воздушного шума на базе решения плавающего пола [3] представлены в таблице 1. Для подтверждения звукоизолирующей эффективности данных конструкций проведены экспериментальные лабораторные исследования их звукоизоляции.

Таблица 1 – Системы защиты от шума

№	Конструкция звукоизолирующего пола	Стяжка	Общая толщина конструкции пола, мм
1	Система плит на основе стекловолокна толщиной 20 мм, уложенные в 1 слой на монолитной железобетонной плите под стяжкой	Армированная цементно-песчаная, толщиной 60 мм, поверхностной плотностью 120 кг/м²	80
2	Система плит на основе стекловолокна повышенной плотности толщиной 20 мм, уложенные в 1 слой на монолитной железобетонной плите под стяжкой		80
3	Полимерный материал с жестким каркасом толщиной 20 мм, уложенный на монолитной железобетонной плите под стяжкой		80
4	Сэндвич-панель с применением акустических эластомеров толщиной 33 мм, уложенная на монолитной железобетонной плите под стяжкой		93
5	Система плит на основе стекловолокна толщиной 20 мм, уложенные в 2 слоя на монолитной железобетонной плите под стяжкой		100
6	Система плит на основе стекловолокна повышенной плотности толщиной 20 мм, уложенные в 2 слоя на монолитной железобетонной плите под стяжкой		100
7	Полимерный материал с жестким каркасом толщиной 40 мм, уложенный в 2 слоя на монолитной железобетонной плите под стяжкой		100

Методика экспериментальных исследований

Проверка эффективности решений, представленных в таблице, осуществлялась путем лабораторных экспериментальных испытаний изоляции от ударного шума конструкциями полов по стандартной методике [4].

Измерения проходили в комплексе реверберационных камер «Новые акустические камеры» (НовАК) ННГАСУ. Данный измерительный комплекс представляет собой две смежные по вертикали реверберационные камеры: камера высокого уровня объемом 170 м^3, где располагается источник ударного шума и, расположенная под ней, камера низкого звука объемом 83 м^3, где с помощью шумомера LarsonDavis 2800B производилось измерение уровней звукового давления и времени реверберации. Между собой камеры разделены железобетонной плитой сплошного сечения 200 мм, которая используется в качестве базы для установки исследуемых систем звукоизоляции пола.

На основании полученных экспериментальным путем частотных характеристик приведенного уровня ударного шума под испытуемыми перекрытиями, руководствуясь методикой СП 51.13330 «Защита от шума», были рассчитаны фактические значения индексов уровней ударного шума для образцов конструкций представленных в табл. 1 а также

стационарной монолитной железобетонной плиты перекрытия толщиной 140 мм без конструкции плавающего пола (L_{nw0}).

Результаты экспериментальных исследований

На основании данных проведенных экспериментальных лабораторных исследований, по методике [5], для рассматриваемых конструкций были получены индексы приведенного уровня ударного шума под плитой перекрытия (L_{nw}, дБ):

– для монолитной железобетонной плиты перекрытия – L_{nw0} = 80 дБ;
– для конструкции № 1 – L_{nw} = 42 дБ;
– для конструкции № 2 – L_{nw} = 45 дБ;
– для конструкции № 3 – L_{nw} = 47 дБ.
– для конструкции № 4 – L_{nw} = 39 дБ.
– для конструкции № 5 – L_{nw} = 38 дБ.
– для конструкции № 5 – L_{nw} = 41 дБ.
– для конструкции № 6 – L_{nw} = 45 дБ.

Для определения акустической эффективности конструкции пола для каждой исследованной конструкции определен индекс улучшения изоляции ударного шума ΔL_y, дБ в соответствии с П.7.13.12 [4]:

$$\Delta L_y = 15 + \Delta_y, \quad (1)$$

где Δ_y – поправка, дБ, характеризующая отличие измеренной частотной характеристики снижения приведенного уровня ударного шума ΔL_n, дБ за счет нанесения покрытия пола от оценочного спектра снижения приведенного уровня ударного шума ΔL_{n0}, дБ, представленного в таблице 1 [4].

Ниже приведены результаты расчетов индексов улучшения изоляции ударного шума под исследуемыми междуэтажными перекрытиями за счет нанесения покрытия пола:

– для конструкции № 1 – ΔL_y = 36 дБ;
– для конструкции № 2 – ΔL_y = 33 дБ;
– для конструкции № 3 – ΔL_y = 30 дБ.
– для конструкции № 4 – ΔL_y = 39 дБ.
– для конструкции № 5 – ΔL_y = 40 дБ.
– для конструкции № 6 – ΔL_y = 36 дБ.
– для конструкции № 7 – ΔL_y = 33 дБ.

На рис. 1 приведены примеры конструкции полов.

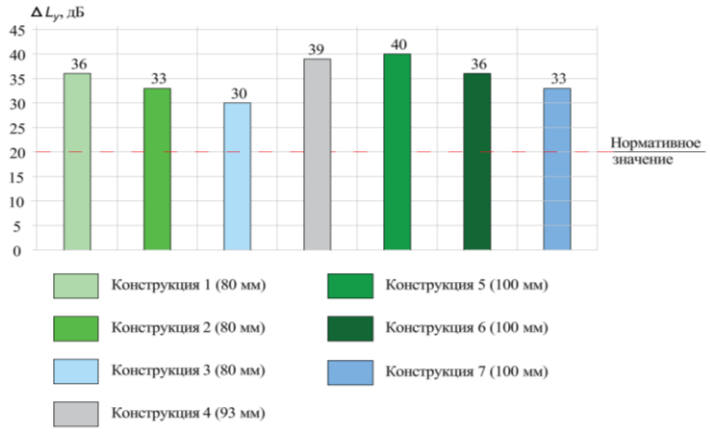


Рисунок 1 – Сравнение значений индексов улучшения изоляции ударного шума за счет различных подложек под стяжку плавающего пола (Источник: составлено авторами)

Чтобы оценить звукоизоляцию полов, будем опираться на норматив, представленный на рисунке. Это значение индекса улучшения изоляции ударного шума (20дБ) получено как разница между фактическим уровнем ударного шума монолитной плиты без уложенной конструкции пола L_{nw0} (80 дБ) и нормативным порогом в 60 дБ устанавливаемым СП51 для перекрытий жилых зданий [5]. Таким образом, можно видеть эффективность рассматриваемых решений в защите от ударного шума.

Заключение

Анализируя представленные результаты, можно сделать следующие выводы:

1) Все из рассмотренных покрытий типа «плавающий пол» позволяет выполнить нормативные требования по ударному шуму [5] и подходят в качестве перекрытия между любыми помещениями жилых зданий.

2) Железобетонная плита перекрытия толщиной 140 мм без отделки, устраиваемая в качестве перекрытий жилых зданий, сама по себе не обеспечивает выполнения норматива.

3) Основным свойством конструкции, определяющим ее эффективность по защите от ударного шума, является толщина упругого слоя. На рис. 1 примере конструкций №1 и №5, №2 и №6, №3 и №7 видно, как при увлечении толщины материала подложки, увеличивается и эффективность конструкции в защите от ударного шума.

4) Применение под стяжкой плавающего пола сэндвич-панели с вставками из эластомера (№4) дает схожую, высокую эффективность в защите от ударного шума, в сравнении с остальными конструкциями, представленными в таблице, но в силу физико-механических свойств комбинации ваты и эластомера обладает более длинным сроком службы. Это позволяет снизить возможные негативные последствия от изменений свойств упругого материала подложки с течением времени. При этом стоит отметить, что акустические эластомеры, примененные в конструкции №4 производится не в России, в связи с чем является самым дорогим из представленных решений.

5) Сравнивая конструкции №1 и №2, можно сделать вывод что менее плотный материал в качестве подложки, лучше гасит ударный шум за счет большей пористости и соответственно меньшей жесткости. Система минеральных плит повышенной плотности (конструкция №6), обладая толщиной подложки на 20 мм (в два раза) больше, имеет аналогичный результат с конструкцией №1, а конструкция №7 с подложкой с жестким каркасом имеет индекс улучшения ударного шума на 3 дБ ниже более тонкой конструкции №1.

Список использованных источников

1. Градова, О. В. Экспериментальные исследования улучшения изоляции ударного шума покрытиями и конструкциями полов / О. В. Градова, С. И. Крышов // Приволжский научный журнал. – 2024. – № 4(72). – С. 35-41. – EDN EJPAKW.

2. Исследования звукоизолирующих свойств междуэтажных перекрытий при воздействии ударного шума / В. В. Дымченко, П. А. Гребнев, В. Н. Бобылев [и др.] // Приволжский научный журнал. – 2025. – № 4(76). – С. 28-34. – EDN KCLJHN.

3. Сайт компании «Акустик Групп» «Звукоизоляция пола». – URL: *www.acoustic.ru*

4. ГОСТ 27296–2012. Здания и сооружения. Методы измерения звукоизоляции ограждающих конструкций. – М.: Стандартинформ. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/1200103111*

5. СП 51.13330.2011. Защита от шума, с учетом изменений №1, №2, №3, №4. – М.: ФАУ ФЦС

УДК 699.844

Проектирование ограждающих конструкций жилого помещения в реконструируемом здании

*Березин Н.С. * студент; Гребнев П.А. доцент кафедры архитектуры ННГАСУ, канд. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: nb89524759594@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрена задача подбора конструктивных решений ограждений для обеспечения звукоизоляции в помещениях реконструируемых зданий. Данная задача рассмотрена на примере двух подлежащих замене ограждающих конструкций, рассмотрены варианты конструкций, удовлетворяющих требованиям СП 51.13330.2011 в соответствии со своим назначением в здании и проведено сравнение их частотных характеристик звукоизоляции и стоимости возведения.

Ключевые слова: строительная акустика, защита от шума, изоляция воздушного шума

Научный руководитель – доцент кафедры архитектуры ННГАСУ, кандидат технических наук, доцент, начальник научного центра «Новое строительство», Гребнев Павел Алексеевич.

Помещения в зданиях, удачно вписанных в городскую застройку, могут довольно часто менять владельцев и назначение. Смена функционального назначения помещения неизбежно влечёт за собой изменение требований к нему. Зачастую помещения проверяют только на соответствие обязательным требованиям, таким как, например, требования пожарной безопасности. Об остальных часто не задумываются до появления соответствующих проблем. Зачастую проблемы возникают из-за неправильного проектирования внутренних ограждающих конструкций по параметру звукоизоляции. Исследованиям звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций жилых зданий посвящены работы [1], [2], [3].

Цель работы – анализ выполнимости требований по защите от шума в помещениях реконструируемого здания и подбор наиболее удачных решений.

Анализ выполнен на примере акустического расчёта жилого помещения в реконструируемом здании. Отличие нового проектирования от проектирования при реконструкции заключается в том, что во втором случае существует гораздо больше ограничений. В реконструируемых зданиях часто отсутствует возможность применять массивные ограждающие конструкции из-за ограниченной несущей способности нижележащих конструкций.

Для расчета взяты две основные конструкции здания, которые будут заменены при реконструкции. Данные конструкции имеют следующее расположение в здании:

– конструкция №1 – перегородка между санузлом и комнатой одной квартиры;

– конструкция №2 – стена между двумя квартирами.

Для рассматриваемых конструкций по методике СП 51.13330.2011 [4] определены нормативные значения индекса изоляции воздушного шума ($R_{w\text{треб}}$). Соответствующие значения нормативных звукоизолирующих характеристик составляют величины:

– для конструкции №1 – $R_{w\text{треб}} = 43$ дБ;

– для конструкции №2 – $R_{w\text{треб}} = 52$ дБ.

Чтобы подобрать подходящие по параметрам звукоизоляции ограждения реконструированного здания выполнено вариантное проектирование трех рассматриваемых ограждений. Для каждого рассматриваемого варианта исполнения ограждения, по методике СП 275.1325800.2016 [5] строилась расчетная частотная характеристика изоляции воздушного шума. На основании расчетных частотных характеристик по методике СП 51.13330.2011 [4] определялись индексы изоляции воздушного шума рассматриваемыми ограждениями ($R_{w\text{собст}}$). Для учета косвенной передачи шума при применении конструкций в натурных условиях, за расчетные индексы изоляции воздушного шума конструкций ($R_{w\text{расч}}$) в соответствии с примечанием 3 к таблице 5 [4] принимались значения ($R_{w\text{собст}}$), уменьшенные на среднестатистическую поправку равную 2 дБ.

Для определения экономической эффективности каждого из трех вариантов ограждения выполнен оценочный сметный расчет, приведенный в таблицах 1 и 2, соответственно, для конструкций 1 и 2. Расчет был произведен для фрагмента стены размерами 3 на 3 метра. Стоимости материалов и работ определены методом конъюнктурного анализа рынка, проведенного на дату 5 апреля 2026 года.

После анализа материалов и конструкций, подходящих для замены конструкции №1, выбраны три варианта:

– вариант №1– кирпичная стена толщиной 120 мм из силикатного кирпича плотностью 1500 кг/м^3 $-$ $R_{w\text{расч}} = 44$ дБ;

– вариант №2 – каркасная перегородка с толщиной каркаса 100 мм, обшивками из гипсокартонных листов (ГКЛ) толщиной 12,5 мм, в один слой плотностью 850 кг/м^3 с заполнением каркаса каменной ватой плотностью 35 кг/м^3 – $R_{w\text{расч}} = 44$ дБ;

– вариант №3 – каркасная перегородка с толщиной каркаса 50 мм, обшивками из древесноволокнистых плит (ДВП) толщиной 18 мм в один слой, плотностью 1050 кг/м^3 с заполнением каркаса каменной ватой плотностью 35 кг/м^3 – $R_{w\text{расч}} = 45$ дБ.

На рисунке 1 приведены схемы конструктивного решения сравниваемых перегородок, предназначенных для замены конструкции №1.

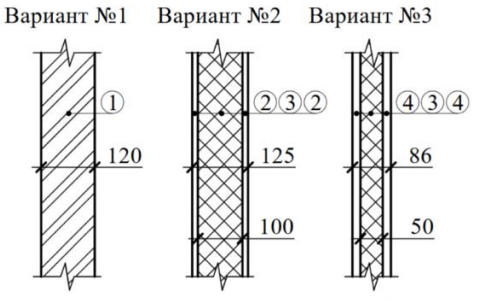


Рисунок 1 – Конструктивное решение ограждений, рассматриваемых в рамках вариантного проектирования замены конструкции №1 (Источник: составлено авторами)

На рисунке 2 приведены частотные характеристики этих трех вариантов конструкций для замены конструкции №1, полученные расчетным путем по методике СП 275.1325800.2016 [5]. Сравнение стоимости монтажа рассматриваемых вариантов для изготовления конструкции №1 приведены в таблице 1.

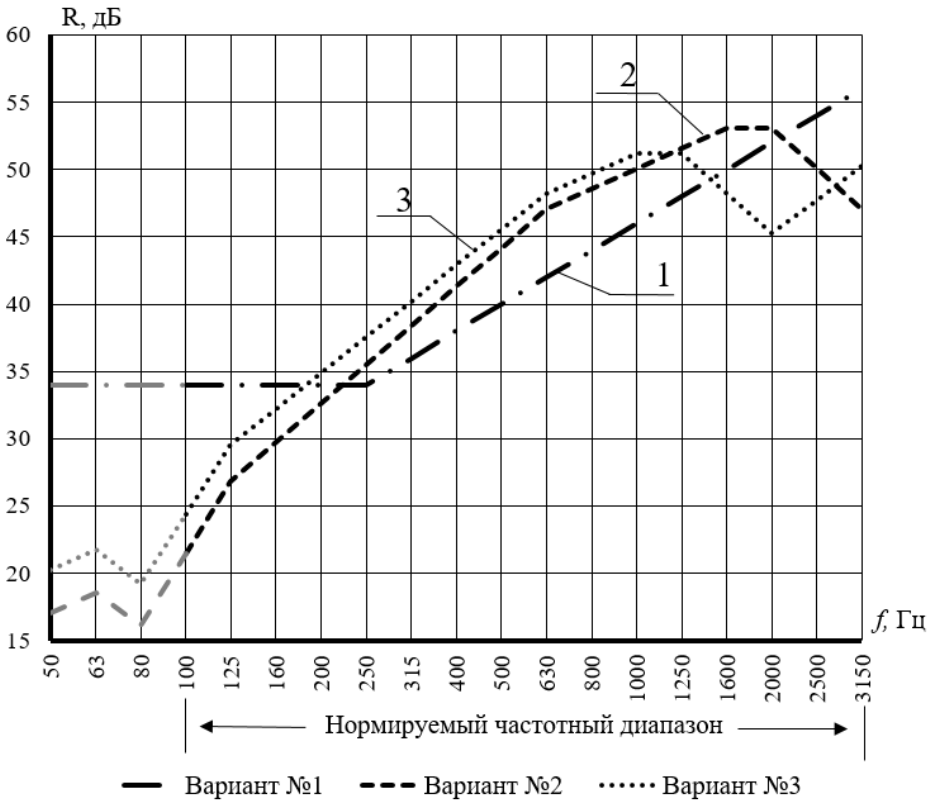


Рисунок 2 – Частотные характеристики звукоизоляции рассматриваемых вариантов конструкций для замены конструкции №1 (Источник: составлено авторами)

Таблица 1 – Стоимости возведения вариантов конструкций для замены ограждения №1

Наименование	Стоимость материалов и работы по возведению вариантов конструкций (руб.)	Стоимость занимаемой перегородкой площади в здании	Суммарная стоимость конструкции
Вариант №1	25364	54000	79364
Вариант №2	24120	56250	80370
Вариант №3	29301	38700	68001

После анализа материалов и конструкций, подходящих для замены конструкции №2, выбраны три варианта:

– вариант №1 – кирпичная стена толщиной 120 мм из силикатного кирпича плотностью $1500\ кг/м^3$ с гибкими плитами на относе в виде одного слоя ГКЛ толщиной 12,5 мм плотностью $1050\ кг/м^3$ с двух сторон от кирпичной стены – $R_{wрасч} = 52$ дБ;

– вариант №2 – каркасная перегородка с толщиной каркаса 155 мм с обшивками из ГВЛ плотностью $1250\ кг/м^3$ толщиной 20 мм в один слой с заполнением минеральной ватой плотностью $35\ кг/м^3 - R_{wрасч} = 52$ дБ;

– вариант №3 – однослойная массивная кирпичная стена толщиной 250 мм из силикатного кирпича плотностью $1500\ кг/м^3 - R_{wрасч} = 55$ дБ.

На рисунке 3 приведены пироги вариантов сравниваемых перегородок, предназначенных для замены конструкции №2.

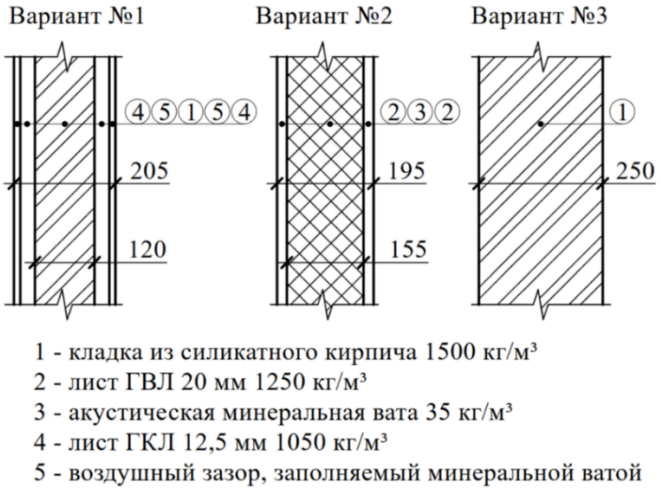


Рисунок 3 – Конструктивное решение ограждений, рассматриваемых в рамках вариантного проектирования замены конструкции №1 (Источник: составлено авторами)

На рисунке 4 приведены частотные характеристики этих трех вариантов конструкций для замены конструкции №2, полученные расчетным путем по методике СП 275.1325800.2016 [5]. Сравнение стоимости монтажа рассматриваемых вариантов для изготовления конструкции №2 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Стоимости возведения вариантов конструкций для замены ограждения №2

Наименование	Стоимость материалов и работы по возведению вариантов конструкций (руб.)	Стоимость занимаемой перегородкой площади в здании	Суммарная стоимость конструкции
Вариант №1	54860	92250	147110
Вариант №2	51433	87750	139183
Вариант №3	41623	112500	154123

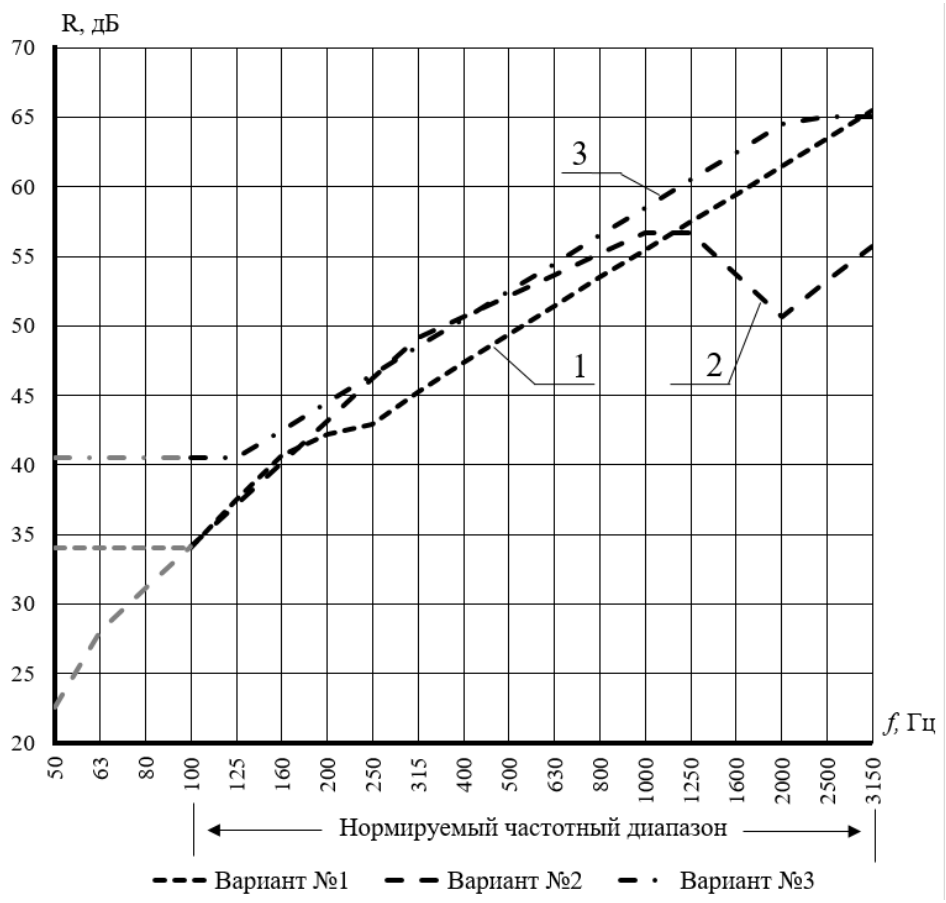


Рисунок 4 – Частотные характеристики звукоизоляции рассматриваемых вариантов конструкций для замены конструкции №2 (Источник: составлено авторами)

На основании выполненных расчетов можно сделать вывод о том, что под требуемые акустические характеристики возможно подобрать достаточно много конструктивных исполнений ограждающих конструкций. Если нагрузки допускают возведение массивных однослойных конструкций, этот вариант более предпочтителен, поскольку обеспечивает лучшую изоляцию низкочастотных воздушных шумов до 200 Гц, наиболее характерных для бытового шума. Если же нагрузки не позволяют использовать такие конструкции или требуется изолировать более высокочастотный шум, можно применить один из вариантов в многослойном каркасном исполнении.

Стоимость возведения вариантов ограждающих конструкций с требуемыми акустическими характеристиками в конкретном расчете различается не более чем на 20%.

В конкретном реконструируемом здании, для замены конструкций которого подбирались и анализировались варианты, представленные в статье, были применены легкие многослойные каркасные конструкции ввиду отсутствия резервов несущей способности у нижележащих конструкций.

Список использованных источников

1. Гребнев, П. А. Натурные исследования эффективности новых типов звукоизолирующих легких перегородок / П. А. Гребнев, В. Н. Бобылев, Д. В. Монич // Вестник Приволжского территориального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук : Сборник научных трудов. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 52-55.

2. Проектирование многослойных звукоизолирующих ограждений / П. А. Гребнев, В. В. Дымченко, В. Н. Бобылев [и др.]. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – 81 с. – ISBN 978-5-528-00591-1.

3. Новые типы звукоизолирующих легких перегородок / Д. В. Монич, В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев // Вестник Приволжского территориального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук : Сборник научных трудов. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 161-169.

4. СП 51.13330.2011. Защита от шума, с учетом изменений №1, №2, №3, №4. – М.: ФАУ ФЦС

5. СП 275.1325800.2016 «Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции» с изм №1. – М.: ФАУ ФЦС3.

УДК 699.86:658.386

Обоснование необходимости реконструкции здания детского сада по результатам тепловизионного обследования

*Боровкова А.И., студент; Гаврикова Т.А. *, доцент, канд. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: gavrikova.tatjana@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В данной работе представлены результаты тепловизионного обследования здания дошкольного образовательного учреждения, проведённого в рамках подготовки к разработке организационно-технологических решений при его реконструкции. Зафиксированы зоны повышенных теплопотерь, связанные с конструктивными особенностями объекта и дефектами строительных конструкций. На основе инструментальных данных предложены технические решения, направленные на устранение выявленных дефектов и повышение энергоэффективности здания.

Ключевые слова: тепловизионный контроль, энергоэффективность, детский сад, реконструкция, теплопотери, утепление.

Научный руководитель – доцент кафедры технологии строительства ННГАСУ, канд. техн. наук, доцент Гаврикова Татьяна Александровна.

Актуальность работы обусловлена тем, что значительная часть зданий социальной инфраструктуры в России была построена во второй половине XX века. К настоящему времени многие из них не только морально устарели, но и не соответствуют современным требованиям по теплозащите. Особенно остро эта проблема стоит в дошкольных учреждениях, где комфортный температурный режим является необходимым условием пребывания детей [1].

Реконструкция таких зданий требует предварительной диагностики. Наиболее информативным методом оценки теплозащиты строительных конструкций является тепловизионный контроль. Он позволяет не только визуально обнаружить дефекты, но и получить данные о температуре поверхностей ограждающих конструкций [2].

Широкую реализацию на территории Российской Федерации и Республики Беларусь получил типовой проект детского сада №214-2-72, представляющий собой двухэтажное кирпичное здание [3]. Объектом настоящего обследования является здание детского сада, возведённое по такому проекту в 1982 году и расположенное в Автозаводском районе г. Нижнего Новгорода (рис. 1).

Рисунок 1 – Общие виды фасадов детского сада (Источник: составлено авторами)

Основные конструктивные элементы, согласно паспорту [4]:

– фундаменты – ленточные из сборных железобетонных плит по серии 1.112-1, вып. 1;

– перекрытия и покрытия – из плит с круглыми пустотами по серии 1.141-1, вып. 1, 2, 5, 6, 10, 11;

– наружные стены – однородные кирпичные из силикатного кирпича, толщиной 510 мм;

– кровля – совмещенная, плоская, невентилируемая, выполнена из рулонных материалов на битумной основе, утеплена минераловатными плитами.

Работы по обследованию здания выполнялись в соответствии с ГОСТ Р 54852-2024 с использованием тепловизора Testo 865 (рис. 2).

Рисунок 2 – Тепловизор Testo 865 (Источник: составлено авторами)

Обследование проводилось 13.03.2026 в первой половине дня. Температура наружного воздуха составляла -2...+6 °С, температура внутреннего воздуха в помещениях ДОУ составляла +19...+21 °С.

Для анализа и оценки термограмм использовалось профессиональное программное обеспечение Testo IRSoft [5]. При тепловизионном обследовании было выявлено наличие проблемных зон.

При обследовании оконных заполнений зафиксированы температуры, представленные на рис. 3, в зоне монтажных швов и по периметру коробок (точка М1 = 11,7 °С, точка М2 = 12,9 °С), что свидетельствуют о сквозном продувании. Это может являться следствием некачественного монтажа либо разрушения уплотнителей.

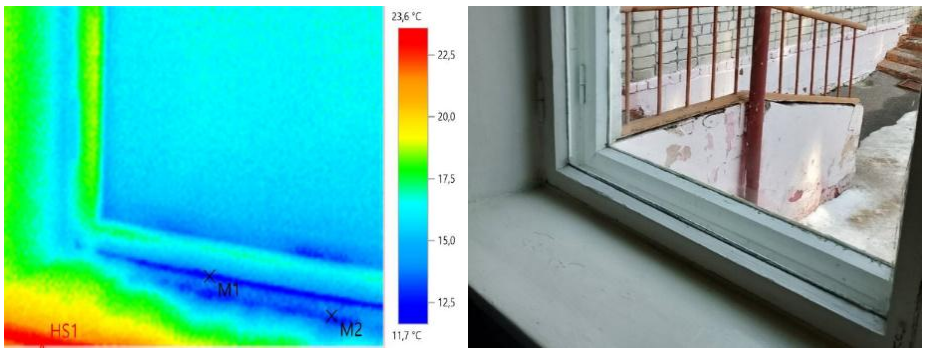


Рисунок 3 – Термограмма оконного заполнения и действительное изображение (Источник: составлено авторами)

При обследовании входной наружной металлической двери, выполненной без терморазрыва, обнаружены зоны промерзания, что отображено на термограмме (рис. 4) (точка М1 = 9,5 °С, точка М2 = 10,6 °С, точка М3 = 8,5 °С). Это может происходить из-за отсутствия

уплотнителя по периметру проёма, и обуславливает неконтролируемый приток холодного воздуха в здание.

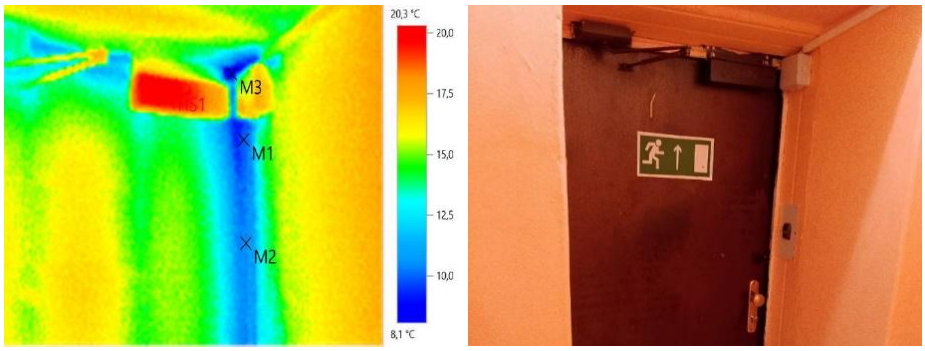


Рисунок 4 – Термограмма входной наружной двери и действительное изображение
(Источник: составлено авторами)

При обследовании наружных стен коридора обнаружены зоны концентрации пониженных температур в угловых зонах (рис. 5, 6, 7). Согласно термограммам, в угловых зонах температура стен коридора в точке М1 = 11,6 °С, групповой в точке М1 = 11,5 °С, спортзала в точке М1 = 12,3 °С, в точке М2 = 14,0 °С).

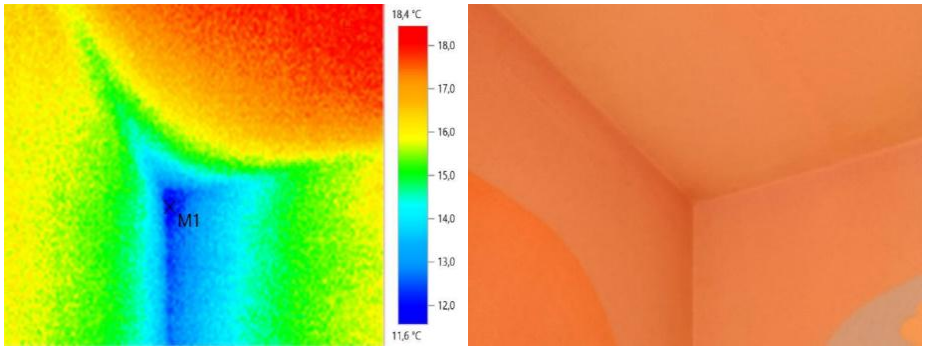


Рисунок 5 – Термограмма стен коридора и действительное изображение
(Источник: составлено авторами)

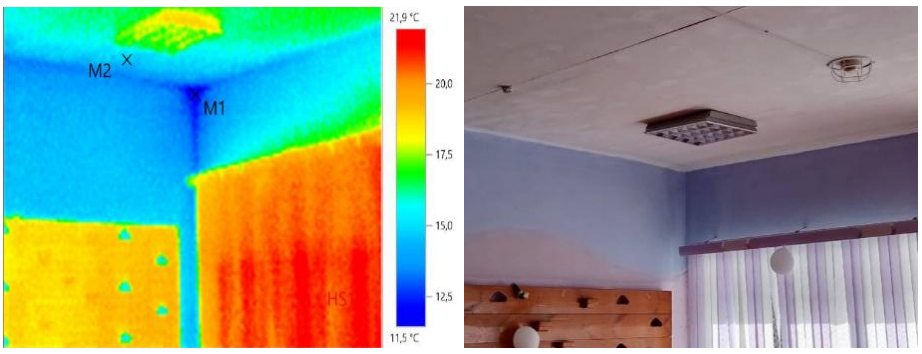


Рисунок 6 – Термограмма стен групповой и действительное изображение
(Источник: составлено авторами)

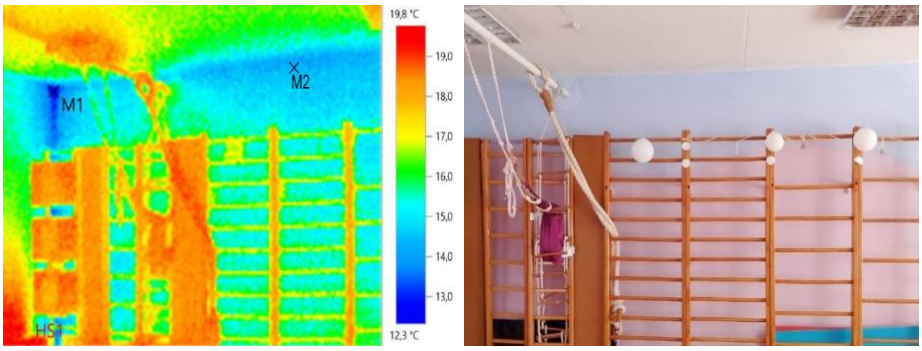


Рисунок 7 – Термограмма стен спортзала и действительное изображение (Источник: составлено авторами)

Проведённые тепловизионные обследования покрытия (рис. 8) показали, что температура потолочной поверхности в зоне примыкания к наружным стенам в точке М1 = 13,6 °С, это может являться следствием недостаточного утепления этих участков стены.

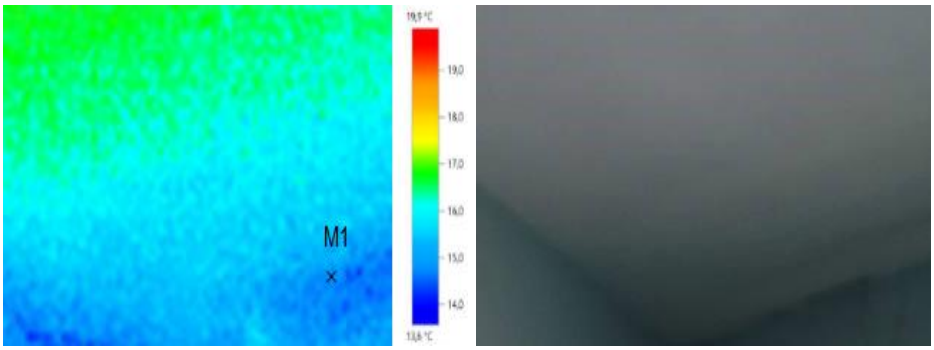


Рисунок 8 – Термограмма покрытия и действительное изображение (Источник: составлено авторами)

Таким образом, проведённые исследования выявили проблему, связанную с повышенными теплопотерями ограждающих конструкций здания детского сада. Поэтому в дальнейшем был разработан примерный перечень работ по реконструкции здания с целью утепления контура его в соответствии с требованиями современных нормативов (СП 50.13330.2024. Тепловая защита зданий):

1) утепление стен здания (общая площадь утепляемых стен – 3393,58 кв. м);
2) замена оконных блоков (171 шт., площадью 924,0 кв. м);
2) замена дверных блоков (12 шт.);
3) ремонт и утепление кровли (площадью 1521,3 кв. м).

При выборе материалов и технологий устройства теплоизоляции стен детского сада важно учитывать не только основные физико-механические свойства теплоизоляционного материала, необходимо принимать во внимание долговечность их и пожарную безопасность. На сегодняшний день самыми распространёнными вариантами утепления фасадов зданий детских садов является система «вентилируемого фасада» и системы «мокрого фасада», в качестве утеплителя в которых используется минеральная вата. Применение каменных материалов для утепления стен пока является редким случаем. Новым технологиям и материалам сложно конкурировать с традиционными и давно отработанными технологиями утепления, несмотря на более высокие характеристики долговечности, негорючести, технологичности. Таким примером является автоклавный газобетонный блок низкой плотности Bonolit D200, производство которого налажено в разных городах России (в г.

Нижнем Новгороде, в г. Коломне, в г. Рязани, в г. Белгороде). Характеристики материала: средняя плотность 200 кг/куб. м, прочность на сжатие более 0,5 МПа, коэффициент паропроницаемости не более 0,3 мг/(м·ч·Па), коэффициент теплопроводности в сухом состоянии 0,048 Вт/(кв.м·С°). Выпускаются блоки толщиной 100, 150, 200, 300 мм, что позволяет в разных климатических районах применять их для утепления стен зданий в соответствии с современными требованиями строительных норм и правил (СП 50.13330.2024. Тепловая защита зданий). Стоимость минераловатных плит дешевле на 20-30%, однако использование блоков Bonolit D200 обеспечивает меньшие затраты на ремонт и обслуживание в долгосрочной перспективе. Учитывая требования к надежности и безопасности зданий дошкольных учреждений, применение Bonolit D200 является обоснованным решением.

Оконные блоки детского сада с большой площадью остекления требуется заменить на современные с многокамерным ПВХ-профилем и двухкамерными стеклопакетами. Также требуется демонтировать входные двери и установить новые современные утеплённые дверные блоки с терморазрывом.

В связи с наличием повреждений существующего кровельного покрытия и недостаточным уровнем теплозащиты требуется частичный ремонт кровли без демонтажа существующих конструкций. Для этого в рамках реконструкции планируется: вскрытие и разборка только повреждённых участков старого покрытия (вздутия, разрывы), устройство пароизоляции, устройство дополнительного слоя теплоизоляции (ТЕХНОНИКОЛЬ Технoруф В Экстра 1200×600×50 мм) по всей площади кровли, устройство выравнивающего слоя, устройство наплавляемого кровельного материала.

Комплексное выполнение предлагаемых работ позволит не только устранить выявленные дефекты конструкций здания детского сада, но и значительно сократить потребление тепловой энергии на его отопление, создав комфортные и безопасные условия пребывания для детей.

Тепловизионное обследование позволило точно определить места и причины теплопотерь в здании детского сада. Полученные данные являются обоснованием для разработки проектных и организационно-технологических решений на реконструкцию дошкольного учреждения, что при условии их реализации может значительно повысить энергоэффективность объекта.

Список использованных источников

1. Лазаренко, О. В. Реновация детских садов постройки 60–90-х годов прошлого столетия в Республике Беларусь / О. В. Лазаренко, М. Л. Кругликова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2024. – № 4 (39). – С. 25-32. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/renovatsiya-detskih-sadov-postroyki-60-90-h-godov-proshlogo-stoletiya-v-respublike-belarus/viewer* (дата обращения: 01.03.2026). – Текст : электронный.

2. Астахов, С. М. Результаты тепловизионного контроля соблюдения требований защиты наружных ограждающих конструкций здания МБДОУ «Даниловский детский сад» в Покровском районе / С. М. Астахов, В. И. Зелюкин // Агротехника и энергообеспечение. – 2014. – № 1 (1). – С. 452-455. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-teplovizionnogo-kontrolya-soblyudeniya-trebovaniy-teplovoy-zaschity-naruzhnyh-ograzhdayuschih-konstruktsiy-zdaniya-mbdou/viewer* (дата обращения: 01.03.2026). – Текст : электронный.

3. Серия Детские ясли, сады и ясли-сады, проект 214-2-72, 214-2-136пв. – URL: *https://domophoto.ru/projects/3036/* (дата обращения: 01.03.2026). – Текст : электронный.

4. Паспорт. Типовой проект № 214-2-72. Детский сад-ясли на 320 мест со стенами из кирпича. – КиевЗНИИЭП, 1969. – 3 с.

5. Программное обеспечение IRSoft. Руководство пользователя. – Москва : ООО «Тэсто Рус» – 82 с. – URL: *https://www.technoac.ru/upload/manuals/rukovodstvo_irsoft.pdf* (дата обращения: 01.03.2026). – Текст : электронный

УДК 69.07

Моделирование и вариантный анализ преднапряженного перекрытия технического этажа

Васильков Р.Г., студент; Савина Н.В., старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: nordecki@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрены особенности проектирования монолитных железобетонных перекрытий с предварительным напряжением канатной арматуры типа «моностренд» для технических этажей высотного здания. Основное внимание уделено сравнительному анализу работы плиты с традиционным стержневым армированием и плиты с предварительным напряжением по показателям жесткости, прогибам, трещиностойкости и расхода арматуры. Выполнена оценка влияния предварительного напряжения на НДС конструкции и эксплуатационные характеристики перекрытия. Установлено, что применение монострендов позволяет более чем в два раза снизить прогибы и повысить жесткость плиты при уменьшении расхода стержневой арматуры. Вместе с тем показано, что материальная экономия не всегда является определяющим фактором, что требует комплексной оценки технико-экономической эффективности применения данной технологии на стадии проектирования.

Ключевые слова: предварительное напряжение, железобетон, плита перекрытия, монолитные конструкции, моностренд, прогиб, жесткость, армирование, расчетная модель здания

Введение

При проектировании высотных зданий особое внимание должно уделяться техническим этажам, поскольку именно на них, как правило, действуют максимальные эксплуатационные и инженерные нагрузки, связанные с размещением оборудования, коммуникаций и обслуживающих систем. Традиционные решения на основе обычного стержневого армирования нередко приводят к росту толщины плиты, увеличению собственного веса здания и повышению материалоемкости. В связи с этим, плиты перекрытия именно в этих зонах работают в наиболее напряженных условиях, что делает особенно важной оценку их жесткости и надежности, когда плоские плиты перекрытия могут перестать удовлетворять этим требованиям. Другие типы плит перекрытий создают неудобства с иной стороны проектирования: устройство колонн с капителями уменьшает расчетный пролет, но создает сложности при прокладке инженерных коммуникаций и усложняет процессы монтажа опалубки и бетонирования, применение кессонных или балочных перекрытий приводит к явному увеличению толщины перекрытия и еще более трудоемкому процессу проектирования.

Таким образом, проблема исследования заключается в повышении несущей способности и жесткости плиты без изменения ее геометрических параметров путем введения в нее технологии преднапряжения.

Анализ имеющихся статей и публикаций [1] показывает, что отношение пролета здания к толщине перекрытия из преднапряженного бетона более чем в 1,2 раза больше, чем у зданий из обычного бетона. Это значит, что при толщине плиты перекрытия 24 см длина пролета в

здании с преднапряженным бетоном составляет 9 м, тогда как при той же толщине плиты перекрытия пролеты здания в традиционном исполнении едва ли достигнут 7 м.

Целью исследования является выполнение сравнительного расчета плиты перекрытия с традиционным стержневым армированием и с предварительным напряжением монострендами.

Практическая значимость работы состоит в возможности применения результатов при проектировании технических этажей высотных зданий. Теоретическая значимость заключается в уточнении оценки эффективности преднапряжения для плоских монолитных перекрытий.

В качестве рабочей гипотезы принято предположение о том, что применение предварительного напряжения позволит существенно снизить прогибы и повысить жесткость плиты при рациональном расходе материалов.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

– определены расчетные усилия предварительного напряжения;

– выполнен расчет согласно нормативным документам;

– проведено сравнение прогибов, расхода арматуры и бетона;

– проработаны вопросы технико-экономической оценки эффективности решения.

Обзор объектов-аналогов

Технология предварительного напряжения железобетонных конструкций широко представлена в отечественных и зарубежных научных исследованиях и инженерной практике.

Предварительное напряжение используется как в надземных, так и в подземных конструкциях. Примером подземных конструкций служит 71-этажная гостиница «Raffles City» [2]. В качестве альтернативы свайного фундамента глубиной более 40 м в проекте было принято решение использовать фундаментную плиту с предварительным напряжением, расположенным в двух ортогональных направлениях в три слоя по высоте конструкции. В этой же публикации приводится пример использования предварительного напряжения в фундаменте при возведении здания «Torrent Building». Экономическая выгода использования предварительного напряжения в данном случае составила $39,800.

Обратимся к российской практике использования преднапряженных конструкций в строительстве. Д.В. Портаев в учебнике «Расчет и конструирование монолитных преднапряженных конструкций» [3] упоминает проект, в котором при пролетах 9х9 метров и действующей временной нагрузке 600 кг/м² удалось заменить балочное перекрытие с размерами монолитной балки 500 (h) х 720 мм (b) плоской преднапряженной плитой толщиной 250 мм. Также в статье [4] рассматриваются примеры использования предварительного напряжения в конструкциях жилых и общественных зданий. В исследовании показано, что применение преднапряженного железобетона существенно снижает расход арматуры и бетона при строительстве здания: расход арматуры (в тоннах) снижается на 35–75%, расход бетона (м3) – на 10-30%, толщина перекрытия (см) уменьшается на 5-20%,

Учет выявленных достоинств технологии и успешного опыта ее использования обосновывает актуальность и целесообразность исследования в рамках данной работы, направленной на анализ системы предварительного напряжения в плитах перекрытия технического этажа. Анализ публикаций и реализованных проектных решений показывает, что предварительное напряжение позволяет повысить эксплуатационную надежность конструкций, однако вопрос его технико-экономической эффективности для конкретных условий проектирования остается актуальным и требует расчетного обоснования.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является монолитная железобетонная плита технического этажа высотного здания толщиной 220 мм с сеткой колонн 7200 на 7200 мм. Расчет потерь выполнен на основании требований СП63.13300 с изменениями №2.

Канаты с преднапряжением расположены в надколонных полосах в направлении oX и oY. В настоящее время наиболее часто применяются такие системы с использованием канатов К7 по ГОСТ Р 53772-2010 диаметром 15.2 мм или 15.7 мм и прочностью 1860 $Н/мм^2$. Согласно рекомендациям [4] наиболее целесообразным является применение канатов марки 1860 МПа, так как при схожих ценовых характеристиках они имеют несущую способность на 5-9% выше, чем канаты марки 1770 МПа того же сечения.

Поэтому для исследовательской работы принят канат диаметром 15,7 мм с временным сопротивлением не менее 1860 МПа и условным пределом текучести 1650 МПа. Для плиты перекрытия предварительно назначен класс бетона В30.

Для упрощения определения потерь предварительного напряжения использованы отдельные расчетные параметры, принятые по рекомендациям западных нормативов:

– минимальный предел огнестойкости перекрытия технического этажа как частного случая пожаробезопасной зоны равен REI180 и согласно рекомендациям ACI 216.1-07 защитный слой до оболочки принимается равным 40-50 мм.

– потери от усадки и ползучести с достаточной прочностью допустимо принять как 15% от исходного натяжения напрягаемой арматуры согласно п.5.10.6 Eurocode 2 и [4].

– потери релаксации арматуры согласно той же работе [4] отнесены к вторым потерям.

В конструкции плиты принята раскладки напрягаемой арматуры по форме близкой к параболе. При подсчете вертикальной нагрузки от преднапряжения принимается, что по длине параболы действует равномерно распределённая нагрузка w_{bi}

Задание усилий предварительного напряжения выполнено методом эквивалентной распределенной нагрузки по упрощенной модели Лина (Рисунок 1) [5] с применением конечно-элементного метода, что позволило смоделировать разгружающий эффект от параболической раскладки канатов.

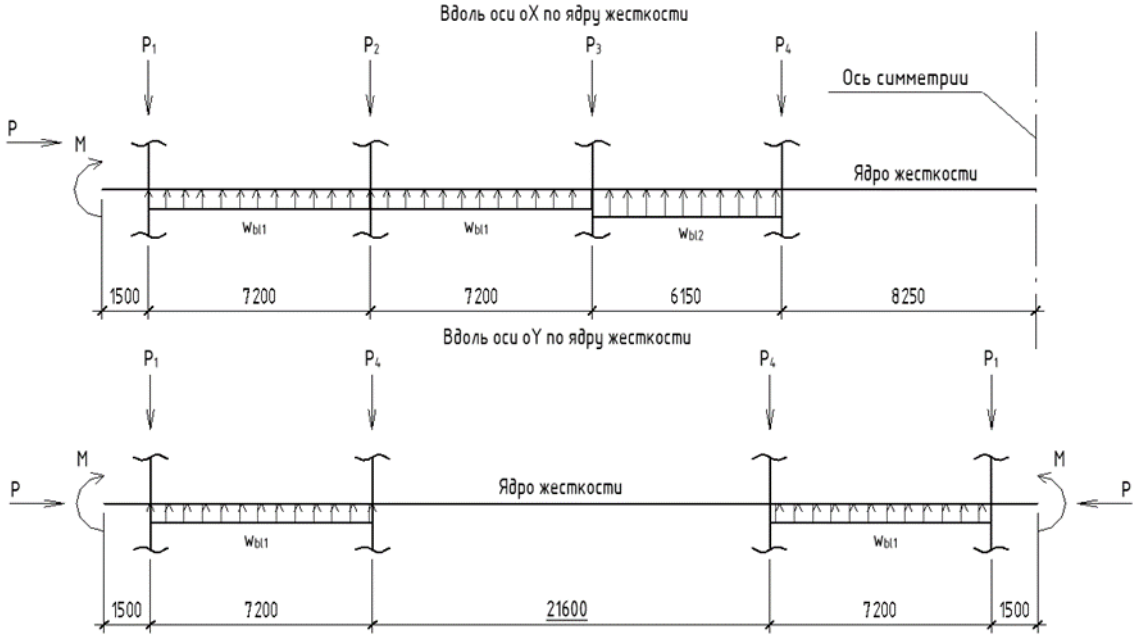


Рисунок 1 – Расчетная схема по идеализированной модели Лина (Источник: [2], [4])

Результаты

Результаты расчета показали, что применение предварительного напряжения оказывает существенное влияние на работу конструкции.

Максимальный прогиб плиты уменьшился более чем в 2 раза: с 22,42 мм до 10,28 мм, что свидетельствует о значительном росте жесткости.

Расход стержневой арматуры снизился с 55 635 кг до 45 395 кг, что соответствует снижению примерно на 18-20%. При суммировании с канатной арматурой расход экономии составляет всего 13,7%.

Сравнительный анализ двух видов расчета показывает, что в предварительно напряженной плите максимальный диаметр арматуры в надколонной зоне равен 20 мм, в то время как для обычной плиты диаметр по подбору увеличен до 25 мм. Также работа плиты с предварительно напряженной арматурой характеризуется более равномерным распределением усилий по площади перекрытия. Влияние предварительного напряжения приводит к снижению изгибающих эффектов от эксплуатационных нагрузок и повышению общей жесткости конструкции. При этом в значительной части сечения, особенно в пролетной зоне, бетон находится в сжатом или близком к сжатому состоянию. На рисунке 2 представлен фрагмент армирования вдоль оси Y.

Вследствие этого растягивающие напряжения не возникают, либо не достигают значений, приводящих к трещинообразованию, что положительно скажется на трещиностойкости и жёсткости плиты. Это позволяет назначать арматуру в объеме не менее минимально допустимой по СП63.13330.

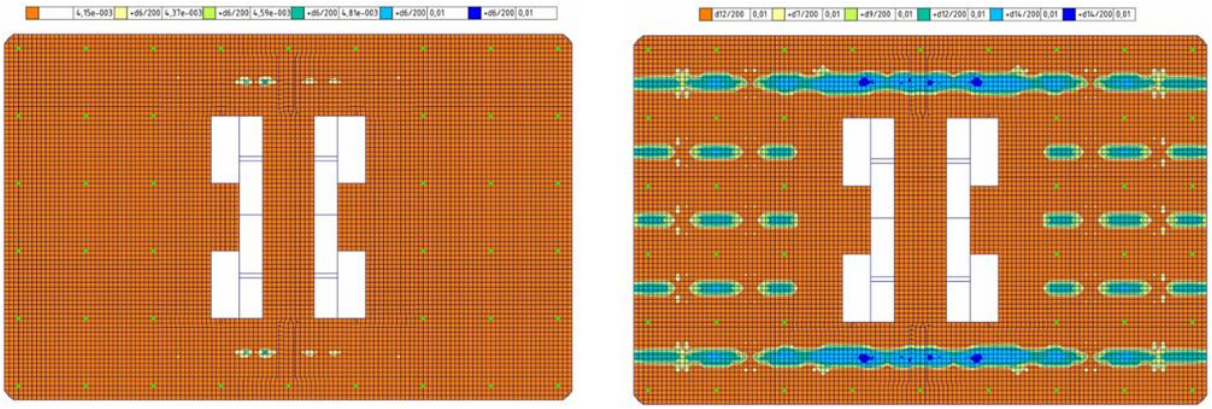


Рисунок 2 – Сравнение изополей армирования; слева – плита с предварительным напряжением, справа – классическая плита (Источник: составлено авторами)

При этом было установлено, что для предварительно напряженного варианта требуется повышение класса бетона с В30 до В35 из-за напряжений, возникающих в стадии обжатия. Для классической плиты перекрытия остается вариант с классом В30.

Таким образом, с конструктивной точки зрения данное решение показывает высокую эффективность по эксплуатационным характеристикам, однако экономический эффект выражен менее значительно.

Заключение

Выполненное исследование подтвердило рабочую гипотезу о том, что применение предварительного напряжения позволяет существенно повысить жесткость плиты и снизить прогибы.

Предварительное напряжение позволяет существенно повысить эксплуатационные характеристики плиты, однако не всегда приводит к выраженной экономии, поэтому выбор решения должен основываться на комплексной технико-экономической оценке.

Непосредственно в строительной практике для принятия окончательного решения по выбору конкретной технологии изготовления строительной конструкции (в данном случае монолитного перекрытия) можно использовать также математические методы системного анализа. В частности, подходить к оцениванию комплексно, т.е. оценивать объект по множеству показателей, характеристик. В контексте данного исследования это означает многокритериальное оценивание. Как отмечается в литературе, многокритериальные модели принятия решений позволяют гораздо лучше позволяют оценить альтернативы, поскольку позволяют их рассмотреть с различных аспектов и в силу этого наиболее полно отразить их сходства и различия, тем самым повышая объективность выбора эффективного (компромиссного) решения [6]. Особое значение здесь имеют методы выявления предпочтений лиц, принимающих решения (ЛПР), которые позволяют учесть субъективные оценки важности/ценности критериев и выразить их в количественной форме. В задачи последующих исследований авторов входит практическое применение этих методов на одном и том же числовом примере для выявления наилучшей и наихудшей альтернативы.

В данном исследовании авторы склоняются к тому, что использование технологии предварительного напряжения при возведении монолитного железобетонного перекрытия является наиболее целесообразным в случаях, когда определяющими являются требования жесткости, а также требования максимально допустимых прогибов и условий максимального раскрытия трещин. Для варианта проектирования перекрытия технического этажа с нормативной временной нагрузкой 10 кПа и пролетами 7200 мм данные преимущества не являются определяющими, так как требования выполняются и при использовании классической плоской железобетонной плиты. С учетом характера эксплуатации и уровня действующих нагрузок в качестве основного конструктивного решения, на наш взгляд, лучше принять классический вариант плиты. Данное решение обеспечивает более простую технологию производства работ.

Список использованных источников

1. Погребной, И. О. Безригельный предварительно напряженный каркас с плоским перекрытием / И. О. Погребной, В. Д. Кузнецов // Magazine of Civil Engineering. – 2010. – № 3. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/bezrigelnyy-predvaritelno-napryazhennyy-karkas-s-ploskim-perekrytiem* (дата обращения: 09.04.2026).

2. VSL Post-tensioned concrete in building construction. Post-tensioned foundations [Электронный ресурс]. – Switzerland : VSL International Ltd., 1988. – URL: *https://www.structuraltechnologies.com/wp-content/uploads/2018/02/PT_Foundations.pdf* (дата обращения: 09.04.2026).

3. Портаев, Д.В. Расчет и конструирование монолитных преднапряженных конструкций гражданских зданий: Научное издание. – М.: Издательство АСВ, 2011. – 248 с.

4. Асатрян, Л. В. Эффективность строительства с применением технологии преднапряжения железобетона / Л. В. Асатрян // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2008. – № 2(109). – С. 55-57. – EDN IJCFOL.

5. Lin, T. Y. Design of prestressed concrete structures [Электронный ресурс] / T. Y. Lin, Ned H. Burns. – 3rd ed. – New York : John Wiley and Sons, 1981. – 646 p. – URL: *https://archive.org/details/dli.ernet.285873* (дата обращения: 09.04.2026).

6. Кузьменко А.А. Многокритериальные методы принятия решений: алгоритмы и реализация на Python : учебное пособие для вузов / А.А. Кузьменко. – Санкт-Петербург : Лань, 2026. – 140 с.

УДК 624.139:699.87

Использование зонирования при оттаивании паровыми иглами на примере объекта строительства гостиницы в г. Архангельске

*Гордеевцева П.М. *, студент; Сучкова Е.О., доцент*

* Ответственный за переписку: p.gordeevtseva@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена совершенствованию метода оттаивания вечномерзлых грунтов паром путем внедрения принципа зонирования. Традиционный способ массовой подачи пара через неподвижную иглу характеризуется высокими энергозатратами и низкой скоростью проходки из-за образования вокруг иглы талого грунта, препятствующего теплопередаче. В данной статье авторы обосновывают целесообразность применения зонирования и достоинства данного способа. Приводятся результаты применения технологии на строительном объекте в городе Архангельске, где зонирование позволило сократить время оттаивания, снизить удельный расход пара и получить скважины с чистыми стенками, готовые к установке свай. Сделан вывод о перспективности метода для строительства в зоне мерзлых грунтов, особенно в условиях ограниченных энергоресурсов и жестких требований к сохранению несущей способности основания.

Ключевые слова: вечномерзлые грунты, паровая игра, зонирование, паровое оттаивание, свайные фундаменты, зона оттаивания, эжекция.

Научный руководитель – доцент кафедры оснований, фундаментов и инженерной геологии ННГАСУ, Сучкова Елена Олеговна.

Освоение территорий, прилегающих к Архангельской области, равно как и строительство в самом городе, где локально встречаются острова вечной мерзлоты, требует применения специальных методов подготовки оснований. Традиционный механический способ разработки таких грунтов крайне энергозатратен и медлителен. В связи с этим, особый интерес представляет метод искусственного оттаивания грунтов с помощью пара. По результатам анализа информации источника [1, 2] можно прийти к выводу, что оттаивание вечномерзлых грунтов паром – это эффективный, но сложный метод подготовки оснований в условиях Крайнего Севера и территорий с островным распространением многолетнемерзлых пород.

Оттаивание грунта паром проводится с помощью паровых игл – стальных перфорированных труб с коническим наконечником, которые погружаются в мерзлый грунт (рис.1). Пар под давлением подается через систему шлангов от парогенератора или существующей котельной установки.

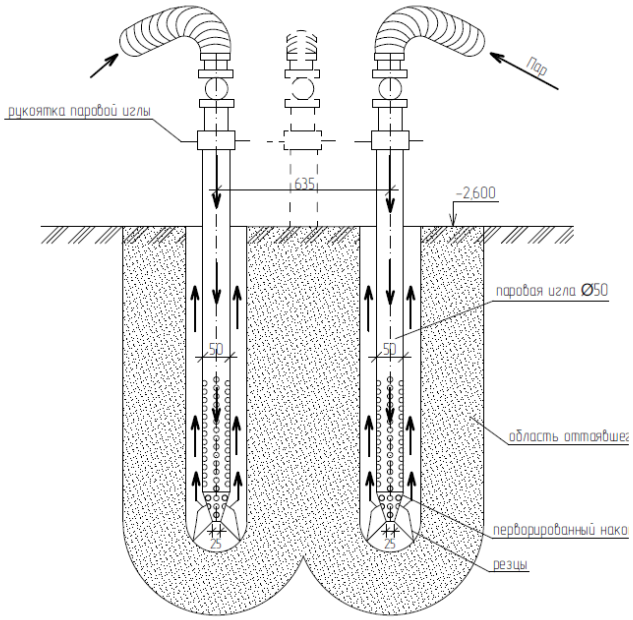


Рисунок 1 – Схема конструкции паровой игры для оттаивания мерзлых грунтов

Изучив информацию источника [3], мы знаем, что вокруг заглубленной иглы формируется талик (оттаянная зона) цилиндрической или иной формы. Продолжительность процесса зависит от ряда факторов:

– типа и влажности грунта;
– температуры пара и давления (обычно 0,4–0,6 МПа для суглинков);
– глубины оттаивания (от 1–2 м до 8 м и более);
– схемы расположения игл (рис. 2).

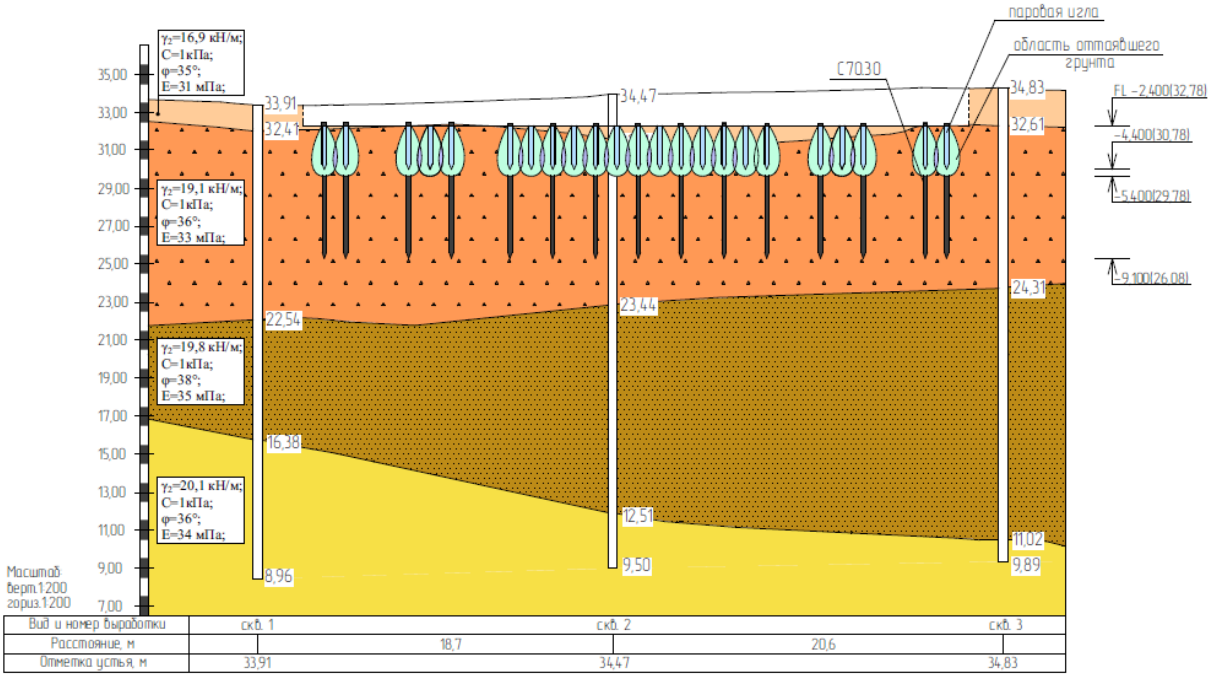


Рисунок 2 – Схема расположения паровых игл и зон оттаивания в грунте на примере проектирования объекта в г. Архангельске

В зависимости от условий, время обработки одной скважины составляет от 3 до 20 часов.

Таким образом, перед строителями встала задача: как, используя пар, получить гарантированно оттаянную зону заданной формы (например, под сваю или часть котлована) за минимальное время?

Важно понимать, что сплошное (массовое) оттаивание сразу всей площади основания для проектируемого объекта имеет недостатки, которые влекут за собой удорожание строительства и увеличение сроков работ. Например, при прогреве большого массива сразу, оттаявший слой играет роль теплоизолятора. Теплопроводность талого грунта (особенно если это влажная глина) ниже, чем у мерзлого. Получается замкнутый круг: чем больше вы оттаяли, тем труднее теплу проникнуть дальше вглубь. Вам нужно тратить всё больше энергии на прогрев воды, а не грунта. А при зонировании есть возможность удалить оттаявший грунт (пульпу) и скорость оттаивания остается постоянно высокой. А также, при массовом оттаивании нарушается сложившаяся криогенная структура грунта на большой площади. После замерзания такой грунт уже никогда не наберет ту же прочность, что был до оттаивания (это необратимый процесс). Фундамент может дать неравномерную осадку.

Решение было найдено в разделении процесса на технологические зоны [4]. На примере объекта в г. Архангельске (рис. 3) можно увидеть, что все свайное поле предварительно разделено на три зоны оттаивания, приблизительно равных между собой по объему работ. Это позволяет исключить ряд проблем при подготовке основания к строительству объекта в условиях вечномерзлых грунтов. Во-первых, при классическом оттаивании вокруг иглы быстро образуется слой талого грунта, который работает как «шуба» – он плохо проводит тепло и не дает пару проникать дальше в мерзлоту. При зонировании с эжекцией (отсосом) этот талый грунт сразу удаляется. Таким образом, пар контактирует непосредственно с мерзлой стенкой, а не греет уже оттаявшую воду. Расход тепла на 1 м³ готовой полости снижается, что дает экономию пара (а значит, и топлива для парогенератора), что в свою очередь сокращает затраты на оттаивание грунта при капитальном строительстве. Во-вторых, зонирование и последовательное оттаивание грунта позволяет автоматизировать процесс. Например, игла может заглубляться под действием собственного веса и вибрации пара, без применения тяжелых ударных механизмов. Так получается, меньше ручного труда, меньше шума и вибрации на строительной площадке (важно в условиях города). Также снижается риск прихвата (замерзания) иглы в скважине [5].

Одним из самых важных параметров зонирования является возможность регулировать давление пара и время работы в каждой зоне (вертикальной и горизонтальной) позволяет подобрать оптимальный режим для суглинков, песков или торфяников. Так, метод становится универсальным для разных геологических условий, характерных для Архангельской области.

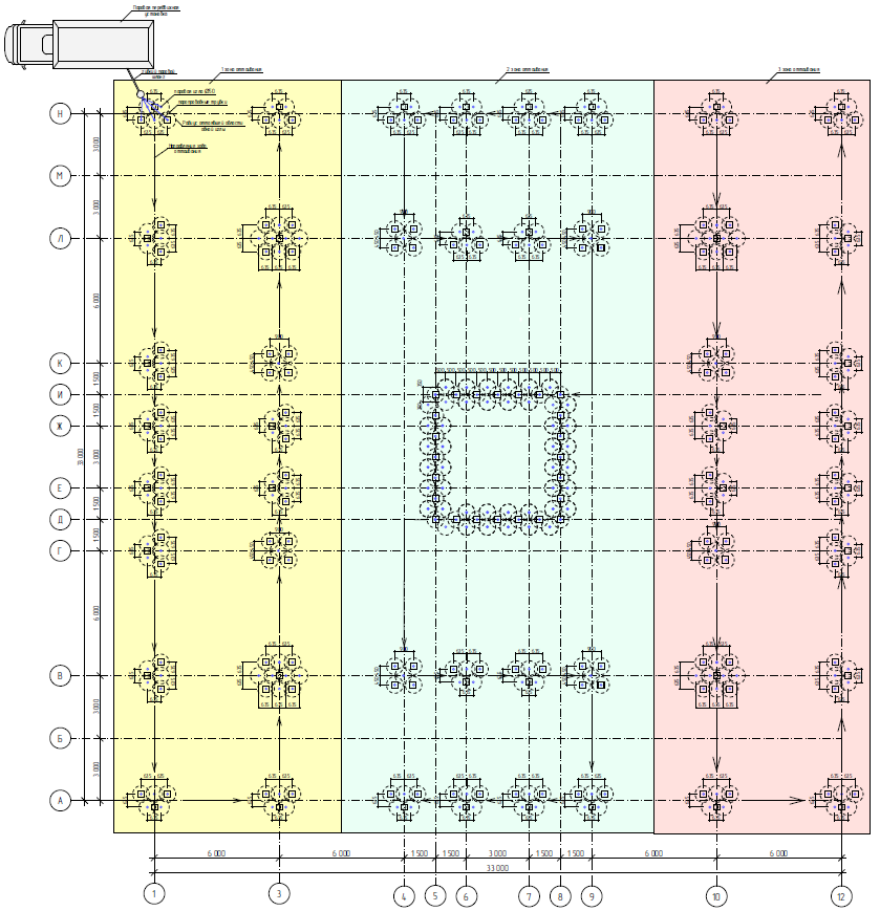


Рисунок 3 – Зонирование свайного поля для работ по оттаиваю грунтов в г. Архангельске

Таким образом, в ходе данной работы и анализа информации, можно сделать вывод, что зонирование превращает оттаивание из пассивного теплового процесса в активный механический и гидродинамический. Это позволяет строить быстрее, качественнее и с меньшими затратами энергоресурсов, что критически важно в условиях Крайнего Севера и приравненных к нему территорий (Архангельск).

Список использованных источников

1. Цытович, Н. А. Механика мерзлых грунтов [Текст] : учебное пособие / Н. А. Цытович. – Москва : «Высшая школа», 1973. – 446 с.

2. Дорман, Я. А. Искусственное замораживание грунтов при строительстве метрополитенов [Текст] : / Я. А. Дорман. – Москва : «Транспорт», 1971. – 272 с.

3. Крылов, Д. А. Температурный режим вечномерзлого грунта под зданием со свайным фундаментом / Д. А. Крылов, А. А. Федотов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Естественные науки. – 2013. – № 3(50). – С. 106-116. – EDN RBEDSV. *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20251319*

4. Патент № 2236507 C1 Российская Федерация, МПК E02D 27/35. способ локального оттаивания вечномерзлых грунтов : № 2003105256/03 : заявл. 25.02.2003 : опубл. 20.09.2004 / В. В. Пассек, В. В. Пассек, Н. А. Цуканов [и др.] ; заявитель Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт транспортного строительства». – EDN XTQLTC. *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37930397*

5. Слетина, Е. В. Сравнительный анализ методов оттаивания мёрзлого грунта / Е. В. Слетина // Шаг в науку. – 2019. – № 2. – С. 71-74. – EDN HJRSHQ. *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41105405*

УДК 691.32:620.193.4:693.5

Самовосстанавливающийся бетон в железобетонных конструкциях: основные методы самовосстановления и их принципы работы

Егоршин И.В., студент; Савина Н.В., старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: Egorshin698@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается инновационный строительный материал – самовосстанавливающийся бетон, способный автономно устранять микротрещины и восстанавливать несущую способность без внешнего вмешательства. Анализируются ключевые механизмы самовосстановления, включая бактериальный метод (с использованием спор Bacillus и питательных веществ), микрокапсульный метод (полимерные или минеральные капсулы), технологии с полыми волокнами, заполненными восстанавливающим агентом и грибковые технологии самовосстановления. Также подчёркивается значимость внедрения самовосстанавливающегося бетона для повышения долговечности и надёжности железобетонных конструкций, особенно в условиях агрессивных сред и труднодоступных объектов. Обозначаются направления дальнейших исследований: оптимизация стоимости производства, расширение диапазона устраняемых дефектов, долгосрочный мониторинг поведения материала в реальных условиях.

Ключевые слова: самовосстанавливающийся бетон, трещины в бетоне, бактериальный метод, микрокапсулы, грибковые технологии, волокна с агентом, биоволокно.

Бетон является одним из наиболее распространённых строительных материалов во всем мире благодаря своей прочности и экономичности производства. По различным оценкам, ежегодно в мире производится около 10 миллиардов тонн бетонной смеси.

Однако данный строительный материал, будучи в застывшем виде, имеет свойство деформироваться (трескаться) по прошествии определённого времени. В процессе использования под действием нагрузок в нем возникают трещины, которые являются открытым каналом для перемещения влаги. После нескольких циклов замерзания и оттаивания надломы расширяются, а потом вода доходит до арматуры и запускает процесс коррозии арматуры. Ржавчина занимает больший объем, чем армирующий материал, вследствие чего бетон начинает трескаться, а затем расслаивается.

В России затраты на ремонт и восстановление отдельных промышленных сооружений составляют около 25% их стоимости [1]. Таким образом, проблема обеспечения долговечности железобетонных конструкций является одной из главных в строительстве.

Поэтому тема использования самовосстанавливающегося бетона в железобетонных конструкциях, связанная с исследованиями, направленными на получение новых видов традиционного стройматериала, является актуальной. Самовосстанавливающийся бетон – революционный строительный материал, разрешающий многие проблемы и, безусловно, это строительный материал будущего [2].

Бактериальный метод – одна из наиболее перспективных технологий создания самовосстанавливающегося бетона. Его суть заключается в использовании микроорганизмов,

способных в процессе жизнедеятельности образовывать минеральные соединения, заполняющие трещины в бетоне и восстанавливающие его целостность.

В основе технологии – применение особых штаммов бактерий, чаще всего рода Bacillus (Bacillus subtilis, Bacillus pseudofirmus, Bacillus cohnii). Эти микроорганизмы инкапсулируются в специальные защитные гранулы вместе с питательной средой (как правило, лактатом кальция и другими органическими соединениями). Дополнительно в состав могут вводиться пуццолановые добавки (микрокремнезём, зола-уноса), помогающие поддерживать оптимальный для бактерий уровень pH (7–11).

Процесс самовосстановления протекает поэтапно. В нормальных условиях споры бактерий находятся в состоянии анабиоза внутри защитных гранул и никак не влияют на свойства бетона. Как только в конструкции появляется трещина, в неё проникает вода, которая активирует микроорганизмы. Бактерии начинают потреблять питательные вещества и в ходе биохимических реакций выделяют карбонат кальция ($CaCO3$, кальцит). Это вещество осаждается в трещине, заполняя её и восстанавливая целостность бетонной структуры. По мере заполнения трещины доступ воды и кислорода к бактериям ограничивается, что снова переводит их в состояние покоя. При возникновении новой трещины процесс повторяется за счёт других гранул с бактериями, равномерно распределённых по объёму бетона [3].

Технология демонстрирует высокую эффективность: она способна восстанавливать трещины шириной до 0,8 мм (в лабораторных условиях – до 1,0 мм). Среднее время восстановления для трещин шириной 0,2–0,6 мм составляет 14–28 дней. При этом бактерии в состоянии спор сохраняют жизнеспособность до 200 лет, а температурный диапазон их активности достаточно широк – от −40∘ C до +60∘ C. По сравнению с естественным «залечиванием» трещин без участия бактерий процесс идёт в 5 раз быстрее: достаточно 10 циклов намокания/высыхания вместо 50.

Также не менее изучен микрокапсульный метод – один из наиболее распространённых подходов к созданию самовосстанавливающегося бетона. Он относится к категории внешних (extrinsic) механизмов самовосстановления: в структуру материала встраиваются специальные компоненты, которые активируются при повреждении.

Суть технологии заключается во внедрении в бетонную смесь микроскопических капсул с заживляющим веществом. Капсулы имеют защитную оболочку (из полимеров, липидов, белков или меламино формальдегида) и содержат внутри восстанавливающий агент [4].

Пошаговый процесс самовосстановления подробно описан ниже.

1) Инкапсуляция. На этапе приготовления бетонного раствора микрокапсулы равномерно распределяются в смеси. В нормальных условиях они инертны и не взаимодействуют с компонентами бетона.

2) Активация. При образовании трещины в конструкции распространяющаяся трещина механически разрушает микрокапсулы, находящиеся на её пути.

3) Высвобождение. Заживляющее вещество вытекает из разорванных капсул и заполняет трещину за счёт капиллярного эффекта.

4) Реакция и полимеризация. Высвобожденный агент вступает в химическую реакцию либо с компонентами бетонной матрицы (например, с гидроксидом кальция $Ca(OH)2$), либо с катализатором, заранее распределённым в бетоне. В результате образуется гель или твёрдый полимер, заполняющий трещину.

5) Затвердевание. Состав затвердевает, восстанавливая целостность и частично – прочность бетона.

Следующей технологией являются волокна с восстанавливающим агентом, используемые в самовосстанавливающихся бетонах, где полимерные волокна служат носителями для веществ или микроорганизмов, способных заполнять трещины при повреждении конструкции. Один из наиболее известных примеров – бетон BioFiber, разработанный в Университете Дрекселя (США).

Технология основана на использовании полимерных волокон, которые выполняют двойную функцию: армируют бетон и участвуют в механизме самовосстановления. Эти волокна имеют трёхслойную структуру:

1) Сердцевина-носитель – прочное полимерное волокно (например, из поливинилового спирта), которое усиливает бетон.

2) Слой гидрогеля – покрывает сердцевину и содержит эндоспоры – спящие формы бактерий, способных выдерживать экстремальные условия. При активации эти бактерии начинают питаться углеродом и кальцием из окружающей среды, образуя карбонат кальция ($CaCO_3$), который заполняет трещину.

3) Внешний полимерный слой – тонкая оболочка, чувствительная к повреждениям. Она защищает гидрогель и эндоспоры до момента активации.

Процесс самовосстановления происходит следующим образом:

При образовании трещины в бетоне трещина достигает волокна, вода, попадая в трещину, проникает к биоволокну. Далее гидрогель расширяется и вырывается из полимерной оболочки, эндоспоры бактерий активируются в присутствии влаги и питательных веществ из бетона и бактерии начинают питаться углеродом и кальцием из окружающей среды.

В результате метаболизма бактерий образуется карбонат кальция, который заполняет трещину, действуя как цементирующий материал [5].

По оценкам разработчиков, BioFiber может устранить трещины за 1–2 дня в зависимости от размера трещины и активности бактерий.

Еще одним из предложенных видов самовосстановления бетона являются грибковые технологии. Они связаны с использованием грибов и их мицелия для создания новых материалов, самовосстановления конструкций или биоминерализации. Эти подходы исследуются как экологичная альтернатива традиционным материалам, таким как цемент, а также для решения проблем разрушения бетонных конструкций.

Одна из концепций предполагает внедрение спор грибов в бетон на этапе его изготовления. При появлении трещин вода и воздух активируют споры, после чего грибы начинают расти и вырабатывать карбонат кальция (известняк), который заполняет трещины и предотвращает дальнейшее разрушение. Например, исследователи рассматривали использование грибка Trichoderma reesei, который способен выживать в неблагоприятных условиях [6].

Ниже в таблице 1 проведён сравнительный анализ основных технологий самовосстановления бетона по обозначенным ключевым параметрам.

Таблица 1 – Сравнительный анализ основных технологий самовосстановления бетона

Параметр	Бактериальный метод	Микрокапсульный метод	Волокна с агентом	Грибковые технологии
Принцип действия	Активация бактерий при контакте с водой, выделение CaCO3	Разрушение капсул, высвобождение полимера/силиката	Разрыв волокон, капиллярное заполнение трещины	Активация спор грибка, образование CaCO
Эффективность (ширина трещин)	До 0,8 мм	До 0,3 мм	До 0,5 мм	До 0,6 мм
Время восстановления	28 дней для 0,2–0,6 мм	Несколько часов–дней	Несколько дней	14–28 дней
Срок активности	До 200 лет	Одноразовое действие	Одноразовое действие	До 100+ лет
Стоимость	В 2–2,5 раза выше обычного бетона	В 2–3 раза выше	В 2,5–3 раза выше	В 2–2,5 раза выше

Экологичность	Высокая (естественные бактерии)	Средняя (полимеры)	Средняя	Высокая
Совместимость с арматурой	Высокая, защищает от коррозии	Средняя	Средняя	Высокая
Сложность внедрения	Средняя	Высокая	Средняя	Средняя
Температурный диапазон	−20∘C до +60∘C	−10∘C до +50∘C	−15∘C до +55∘C	0∘C до +40∘C
Долговечность системы	Многократное восстановление	Однократное	Однократное	Многократное

Благодаря сравнительному анализу мы можем сделать следующие выводы.

Бактериальный метод является наиболее универсальным. Он подходит для большинства железобетонных конструкций, обеспечивает многократное восстановление и защиту арматуры. Оптимален там, где важна долговечность.

Микрокапсульный метод эффективен для быстрого устранения мелких трещин, но является одноразовым. Подходит для объектов с частыми мелкими повреждениями.

Волокна с агентом – хороший компромисс между стоимостью и эффективностью, особенно при динамических нагрузках.

Грибковые технологии – экологичная альтернатива бактериальному методу, но с более узким температурным диапазоном.

Таким образом, значимость изучения и внедрения методов самовосстановления бетона выходит далеко за рамки улучшения характеристик строительного материала. Они трансформируют подход к проектированию – от «ремонта по факту» к профилактике повреждений, а также формируют новую парадигму устойчивого строительства, сочетая долговечность, экологичность и автономность. Эти технологии создают основу для «умных» городов будущего, где инфраструктура адаптируется к нагрузкам без человеческого вмешательства. Несмотря на текущие ограничения (стоимость, сложность масштабирования), их потенциал для решения глобальных проблем – от изменения климата до урбанизации – делает самовосстанавливающиеся бетоны одним из ключевых направлений развития строительной отрасли XXI века. Дальнейшие исследования в области биотехнологий, материаловедения и цифровизации позволят преодолеть существующие барьеры и вывести эти методы на новый уровень практического применения.

Непосредственно в строительной практике для принятия окончательного решения по выбору конкретной технологии самовосстановления бетона при заданных параметрах можно использовать математические методы системного анализа. В частности, подходить к оцениванию комплексно, т.е. оценивать объект по множеству показателей, характеристик. В контексте данного исследования это означает многокритериальное оценивание.

Многокритериальная задача принятия решений – это задача принятия решения, в которой общий исход (результат) оценивается по нескольким частным или локальным (partial, marginal) критериям, каждый из которых измеряет полезность со своей точки зрения в соответствующей качественной или количественной шкале и с учетом его направления.

Как отмечается в литературе, многокритериальные модели принятия решений по сравнению с однокритериальными гораздо лучше позволяют оценить альтернативы, поскольку позволяют их рассмотреть с различных аспектов и в силу этого наиболее полно отразить их сходства и различия, тем самым повышая объективность выбора эффективного (компромиссного) решения [7].

Основной акцент можно сделать на предварительные этапы процесса принятия решения. Особое значение здесь имеют методы выявления предпочтений лиц, принимающих решения

(ЛПР), которые позволяют учесть субъективные оценки важности/ценности критериев и выразить их в количественной форме. Построение множества Парето позволяет сократить исходное множество альтернатив, исключив доминирующие альтернативы, а нормирование оценок альтернатив обеспечивает корректность дальнейших вычислений – исключение искажений из-за различий в шкалах критериев.

Также можно детализировать методы многокритериального оценивания, предлагая аналитику инструменты для агрегации и ранжирования альтернатив в условиях многокритериального выбора. Линейные и мультипликативные свертки, методы на основе идеальной точки (TOPSIS) и компромиссных решений (VIKOR) демонстрируют, что нет единственного наилучшего решения/ построения ранжирования альтернатив [7]. Каждый из обозначенных методов имеет свои преимущества и недостатки, а также по-разному позволяет учесть субъективные стратегии выбора и предпочтения ЛПР.

В задачи последующих исследований авторов входит практическое применение этих методов на одном и том же числовом примере для выявления наилучшей и наихудшей альтернативы.

Список использованных источников

1. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций / Н. И. Карпенко, С. Н. Карпенко, В. Н. Ярмаковский, В. Т. Ерофеев // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – № 1. – С. 93-102. – EDN TLLYWH.

2. Токарев, А. С. самовосстанавливающийся бетон / А. С. Токарев, П. А. Панин, В. С. Медведев // Наука, образование и культура. – 2021. – № 1(56). – С. 29-31. – EDN JGGNGU.

3. Жукова, Г. Г. Исследование применения самовосстанавливающегося бетона / Г. Г. Жукова, А. И. Сайфулина // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 4. – С. 58-68. – DOI 10.15593/2224-9826/2020.4.05. – EDN ICKKEC.

4. Корнюхин, А. В. Самовосстановление эластичного бетона / А. В. Корнюхин, В. В. Васючкова // Эффективные строительные конструкции: теория и практика : сборник статей XXI Международной научно-технической конференции, Пенза, 25–26 марта 2021 года / Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. – Пенза: Автономная некоммерческая научно-образовательная организация «Приволжский Дом знаний», 2021. – С. 67-71. – EDN EUREBF.

5. Jonkers H. M. Bacteria-based self-healing concrete // Heron. – 2011. – Vol. 56. – № 1/2. – P. 13–22.

6. Tholey J. A., Dry C. M. Development of a self-repairing concrete // Proceedings of the 3rd International Conference on Self-Healing Materials (ICSHM). –2011. – P. 123–130.

7. Кузьменко А.А. Многокритериальные методы принятия решений: алгоритмы и реализация на Python : учебное пособие для вузов / А.А. Кузьменко. – Санкт-Петербург : Лань, 2026. – 140 с.

УДК 624.012.45

Расчет и усиление плоской плиты перекрытия на продавливание в зоне сопряжения плиты с колоннами

Заборский Н.Р., студент; Савина Н.В., старший преподаватель

* Ответственный за переписку: *laldalasv@gmail.com*
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается расчет монолитного безбалочного железобетонного перекрытия на продавливание в зоне колонны. Проанализировано влияние толщины плиты и равномерно распределенной нагрузки на расход арматуры. Расчеты выполнены для плит толщиной 160–250 мм при нагрузке 1,0–2,0 т/м². На основе полученных данных проведены корреляционный и регрессионный анализы с использованием языка программирования Python. Получена регрессионная модель зависимости расхода арматуры от толщины перекрытия и величины нагрузки. Результаты позволяют выполнять предварительную оценку армирования и могут применяться при проектировании и оптимизации параметров монолитных железобетонных перекрытий.

Ключевые слова: железобетонные конструкции; плоское перекрытие; продавливание; монолитное перекрытие; расчет на продавливание; расход арматуры

Научный руководитель – старший руководитель кафедры железобетонных, каменных и деревянных конструкций ННГАСУ, ст. преподаватель Савина Наталья Валерьевна.

Введение

Монолитные железобетонные перекрытия широко применяются в современном строительстве благодаря технологичности, гибкости архитектурных решений и снижению трудоёмкости работ. Одним из распространённых решений являются безбалочные плоские перекрытия, в которых плита опирается непосредственно на колонны. Это позволяет уменьшить высоту этажей и эффективнее использовать внутреннее пространство зданий [1].

Однако в зоне опирания плиты на колонны возникает высокая концентрация усилий, что может привести к продавливанию – локальному разрушению бетона под действием сосредоточенной силы. Этот вид разрушения характеризуется образованием наклонных трещин вокруг колонны и отделением части плиты в форме усечённой пирамиды. Продавливание имеет хрупкий характер и может происходить внезапно без значительных предупредительных деформаций [2, 3].

При проектировании важно учитывать влияние основных параметров конструкции на её несущую способность. К ним относятся толщина плиты, величина нагрузки, свойства материалов и параметры армирования, которые существенно влияют на расход арматуры и экономичность конструкции.

Целью данной работы является исследование влияния толщины безбалочного перекрытия и величины нагрузки на расход арматуры в зоне продавливания на основе расчётов и статистического анализа полученных результатов.

Методика расчета и исходные данные

В рамках исследования рассматривалось монолитное железобетонное безбалочное бескапительное перекрытие, опирающееся непосредственно на колонны. Конструктивная схема соответствует типовым решениям, применяемым в гражданском строительстве, и обеспечивает технологичность устройства перекрытий.

Для анализа влияния толщины перекрытия на расход арматуры был рассмотрен ряд вариантов конструкции. Толщина плиты принималась в диапазоне от 160 до 250 мм с шагом 10 мм. Данный диапазон соответствует наиболее распространённым значениям толщины монолитных перекрытий в практике проектирования.

Равномерно распределённая нагрузка на перекрытие изменялась в пределах от 1,0 до 2,0 т/м² с шагом 0,1 т/м². Указанный диапазон нагрузки отражает эксплуатационные воздействия, характерные для жилых, общественных и офисных зданий.

Расчёт несущей способности перекрытия на продавливание выполнялся в соответствии с принятыми методиками проектирования железобетонных конструкций. В процессе расчёта определялось расчётное усилие продавливания в зоне опирания плиты на колонну, после чего выполнялась проверка условий прочности бетона и армирования на продавливание.

В случае недостаточной несущей способности конструкции определялся требуемый расход арматуры, обеспечивающий выполнение условий прочности. Для каждой комбинации толщины перекрытия и величины нагрузки выполнялся расчёт, результаты которого фиксировались в таблицу зависимости расхода арматуры от рассматриваемых параметров (таблица 1).

Анализ результатов расчетов

Расчёт монолитной безбалочной плиты на продавливание выполнялся с учётом различных значений толщины перекрытия и величины равномерно распределённой нагрузки. Основной целью расчёта было определение расхода арматуры, обеспечивающего прочность плиты на продавливание в зоне опоры на колонну. Толщина плиты принималась в диапазоне от 160 до 250 мм с шагом 10 мм, что соответствует наиболее распространённым конструктивным решениям в практике проектирования, а нагрузка изменялась от 1,0 до 2,0 т/м² с шагом 0,1 т/м², что позволяет учесть как минимальные эксплуатационные, так и повышенные нагрузки, характерные для жилых и общественных зданий.

Расчёт выполнялся по схеме «плита – колонна», предполагающей прямой контакт плиты с опорной колонной и локальное распределение усилий. Основным контролируемым параметром была расчётная нагрузка продавливания Vcr, которая определялась по нормативной методике [1] и сравнивалась с допустимой несущей способностью плиты VRd. В случае, если расчётное усилие превышало допустимое значение Vcr>VRd, выполнялось дополнительное армирование плиты с целью повышения её несущей способности. Подходы к поперечному армированию зоны продавливания подробно рассмотрены в работе [4]. Для каждого варианта толщины плиты и величины нагрузки определялся требуемый расход арматуры As, который обеспечивал выполнение условия прочности в зоне опоры на колонну.

Для автоматизации расчётов была разработана программа на языке программирования Python, позволяющая определять расход арматуры для различных комбинаций толщины плиты и нагрузки. В программу вводились исходные параметры конструкции, после чего автоматически выполнялось определение расчётного усилия продавливания, проверка условия прочности и вычисление требуемого расхода арматуры. Использование программы позволило выполнить серию расчётов для большого количества вариантов перекрытия и сформировать массив данных для последующего анализа. Кроме того, с помощью библиотек обработки данных и визуализации были построены графические зависимости, отражающие влияние

параметров конструкции на расход арматуры. Интерфейс программы и пример подбора арматуры представлены на рисунке 1.

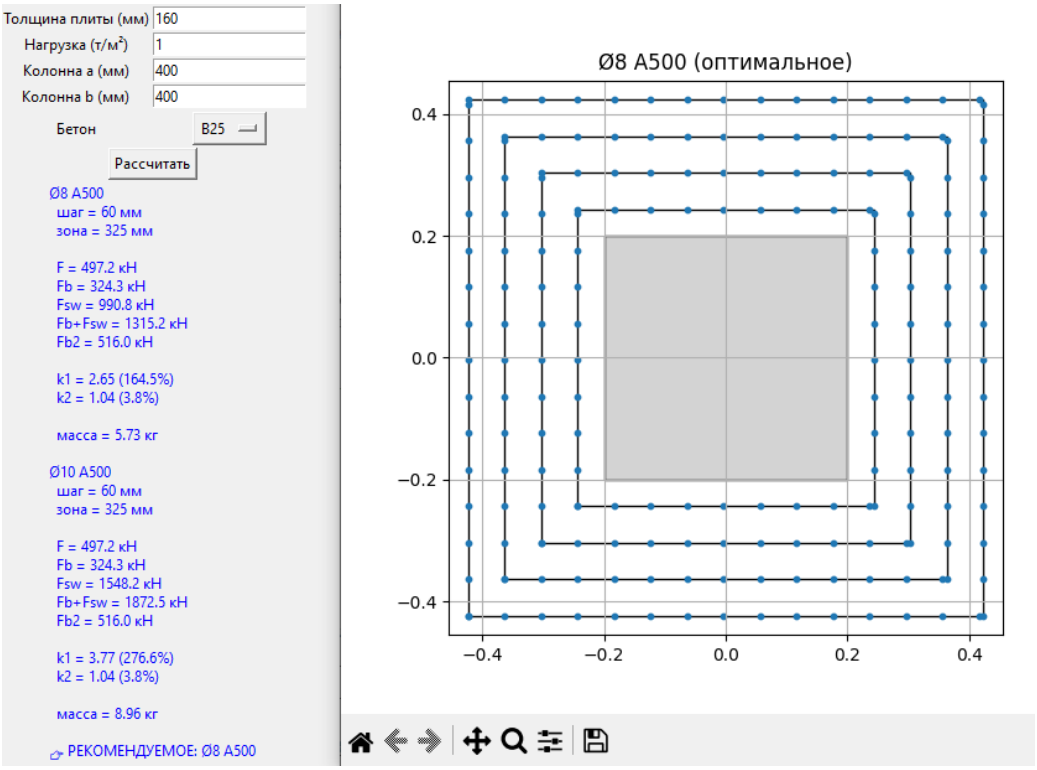


Рисунок 1 – Подбор арматуры в Python

Таблица 1 – Расход арматуры для монолитного безбалочного перекрытия

	Толщина перекрытия tпер, мм									
Нагрузка на перекрытие, т/м2	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
1	5,73	4,25	3,08	3,01	3,09	3,17	-	-	-	-
1,1	5,89	4,44	4,39	3,16	3,09	3,17	3,2	-	-	-
1,2	7,45	5,95	4,58	4,52	3,24	3,17	3,2	3,28	-	-
1,3	7,69	6,1	6,16	4,71	3,24	3,27	3,2	3,28	3,36	-
1,4	9,35	7,75	6,31	4,71	4,66	3,27	3,2	3,28	3,36	3,44
1,5	9,69	7,99	6,31	6,21	4,85	4,7	3,35	3,28	3,36	3,44
1,6	-	9,76	8,05	6,52	4,85	4,7	3,35	3,42	3,36	3,44
1,7	-	10,9	8,29	6,52	6,42	4,99	4,84	3,42	3,36	3,44
1,8	-	11,97	10,16	8,35	6,73	6,63	5,12	4,98	3,5	3,44
1,9	-	-	10,5	8,59	6,73	6,63	5,12	4,98	3,5	3,58
2	-	-	12,5	10,6	8,65	6,94	6,84	5,26	5,11	3,58

Для наглядности и визуального анализа полученных данных были построены графики зависимости расхода арматуры от толщины плиты при различных нагрузках (рисунок 2).

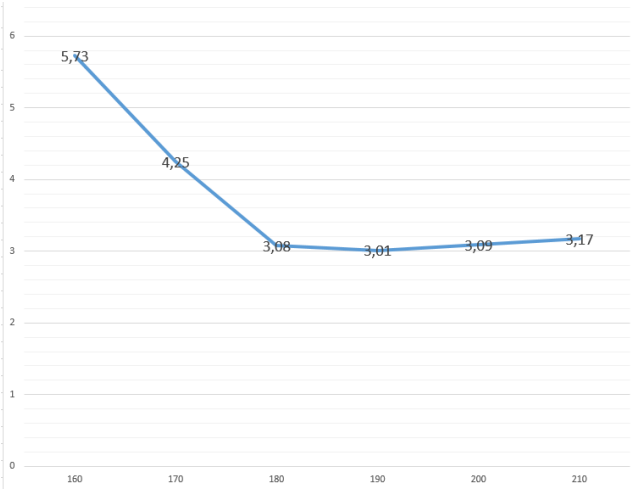


Рисунок 2 – Расход арматуры при загружении в 1,0 т/м2

Корреляционный анализ показал, что между нагрузкой и расходом арматуры существует прямая корреляция средней силы (0,44), что свидетельствует о умеренном влиянии нагрузки на необходимость армирования. Между толщиной плиты и расходом арматуры выявлена сильная обратная корреляция (−0,63), указывающая на значительную роль толщины плиты в обеспечении несущей способности.

Это означает, что при проектировании тонких плит необходимо уделять повышенное внимание армированию в зоне опоры на колонну, тогда как увеличение толщины плиты позволяет снизить расход арматуры и повысить устойчивость конструкции к локальным напряжениям.

Множественный линейный регрессионный анализ позволил построить модель зависимости расхода арматуры от нагрузки и толщины плиты:

$$A_s = 5.59q - 0.0759t + 12.39$$

где As – расход арматуры, q – нагрузка, т/м², t – толщина плиты, мм. Коэффициент детерминации R^2=0,845 показывает высокую точность модели.

Графический анализ показал, что при толщине плиты менее 180 мм расход арматуры резко увеличивается с ростом нагрузки, тогда как при толщине более 220 мм влияние нагрузки становится менее значительным. Это подтверждает, что увеличение толщины плиты является эффективным способом повышения несущей способности без существенного роста расхода арматуры.

Также установлена устойчивая зависимость между нагрузкой, толщиной плиты и расходом арматуры, что позволяет использовать регрессионную модель для предварительного прогнозирования армирования и оптимизации конструктивных решений. Полученные результаты могут применяться при проектировании, а также при реконструкции и усилении перекрытий.

Методы усиления плоских плит перекрытия на продавливание

Проблема недостаточной несущей способности плоских плит чаще всего связана с высокой концентрацией усилий в зоне опирания на колонну. Снижение прочности может быть вызвано малой толщиной плиты, недостаточным армированием или повышенными

нагрузками. Влияние динамических и повышенных нагрузок на продавливание безбалочных перекрытий также рассмотрено в исследовании [4,5].

Для повышения сопротивления продавливанию применяются различные методы усиления, которые условно делятся на три группы.

Первая группа – увеличение сечения плиты, например локальное утолщение в зоне колонны, что повышает прочность и снижает вероятность образования наклонных трещин.

Вторая группа – усиление армирования с помощью дополнительных стержней, сеток или каркасов вокруг колонны, что позволяет увеличить несущую способность без значительного увеличения толщины плиты.

Третья группа – применение специальных элементов усиления (стержней со стяжками, накладных или композитных элементов), повышающих жёсткость зоны продавливания и препятствующих образованию трещин.

Наиболее эффективным считается комбинирование локального армирования и дополнительных элементов усиления, что позволяет перераспределить усилия и снизить концентрацию напряжений. Численные исследования показывают, что при правильном подборе параметров усиления прочность зоны колонны может увеличиваться на 20–30 %.

Таким образом, методы усиления позволяют повышать надёжность и безопасность перекрытий, адаптируя конструкции к повышенным нагрузкам без существенного изменения архитектурно-планировочных решений.

Заключение

Исследование показало, что расход арматуры в монолитных безбалочных перекрытиях напрямую зависит от нагрузки и обратно – от толщины плиты. Увеличение толщины перекрытия снижает требуемый расход арматуры и повышает надёжность конструкции, тогда как рост нагрузки вызывает его увеличение. Корреляционный и регрессионный анализ позволили количественно описать эти зависимости и построить модель, пригодную для предварительной оценки армирования на стадии проектирования.

Применение методов локального усиления зоны опоры плиты на колонну, включая дополнительное армирование или накладные элементы, позволяет повысить несущую способность и снизить расход арматуры. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации проектных решений и повышения экономической эффективности монолитных железобетонных перекрытий.

Список использованных источников

1. Буда́рин А. М., Рагозин Г. А., Алёхин В. Н. Совершенствование метода проектирования на продавливание железобетонных плит с неуравновешенным изгибающим моментом // Академический вестник Уралиипроекта. –2 025. – № 4. – С. 81–88. *https://doi.org/10.25628/UNIIP.2025.67.4.012*

2. Галяутдинов З. Ш. Численное исследование работы железобетонных плит в зоне продавливания // Градостроительство и архитектура. 2021. – Т. 11. – № 3. – С. 4–13. *https://doi.org/10.17673/Vestnik.2021.03.01*

3. Филатов В. Б., Галяутдинов З. Ш. Экспериментальное исследование и методика расчета прочности железобетонных плит при продавливании // Градостроительство и архитектура. – 2021. – Т. 11. – № 4. – С. 53–65. – URL: *https://journals.eco-vector.com/2542-0151/article/view/90083*

4. Зацепилова А. В. Поперечное армирование плиты перекрытия в зоне продавливания / А. В. Зацепилова // Молодой учёный. – 2020. – № 19 (309). – С. 23–25. – URL: *https://moluch.ru/archive/309/69811/*

5. Надольная К. О. Влияние массы падающего груза на продавливание безбалочных перекрытий / К. О. Надольная // Молодой учёный. – 2024. – № 3 (502). – С. 58–61. – URL: *https://moluch.ru/archive/502/110329/*

УДК 624.016

Конструкционные строительные материалы на основе бесклинкерных цементов

*Зуева С.С., студентка; Селиванова Э.В., студентка; Гулин И.А. *, старший преподаватель кафедры технологии строительства*

* Ответственный за переписку: Lis2086@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрена возможность утилизации отходов металлургического и деревообрабатывающего производств для получения конструкционных строительных материалов на основе бесклинкерных цементов. Актуальность работы обусловлена необходимостью снижения техногенной нагрузки на окружающую среду и выполнения задач государственной программы развития малоэтажного домостроения. Исследовано влияние активаторов твердения на прочностные характеристики известково-шлакового вяжущего, полученного из доменных шлаков заводов Нижнего Новгорода. Экспериментально отработаны составы шлакоопилкобетона, определены его физико-механические свойства (плотность, водопоглощение, прочность при сжатии). Показано, что данный материал обладает низкой теплопроводностью, достаточной морозостойкостью и может применяться как для внутренних, так и для наружных стен зданий малоэтажного строительства.

Ключевые слова: шлак, опилки, известь, раствор, смесь, цемент, блок, песок, вяжущие, шлакоопилкобетон.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры технологии строительства ННГАСУ, Гулин Иван Анатольевич.

Введение

В современном промышленном производстве наблюдается значительный объем побочных продуктов, требующих дополнительных финансовых вложений для переработки и утилизации. Производственные издержки, связанные с обработкой отходов, непосредственно влияют на конечную стоимость выпускаемых товаров. Негативное воздействие побочных продуктов на окружающую среду стимулирует разработку методов их вторичного использования для создания строительных материалов.

Программа правительства РФ, которая стимулирует процесс возрождения малоэтажного строительства в Российской Федерации, ставит перед специалистами задачи, среди которых увеличение объема индивидуальной застройки. Стратегия развития также предусматривает взаимосвязь комплекса решений и мероприятий федерального проекта «Жилье» национального проекта «Жилье и городская среда» с мероприятиями других национальных проектов. Программой «Мой частный дом», которая создана при Минстрое России, предполагается решение жилищного вопроса страны за счет увеличения малоэтажного строительства и в первую очередь ставится вопрос об увеличении производства экологически чистых и более эффективных материалов, технологий, применяемых в современных конструктивных решениях зданий [1].

Научный коллектив исследовал альтернативный вариант связующего компонента взамен традиционного портландцемента -– известково-шлаковую смесь, производимую на основе переработанных доменных шлаков металлургических предприятий Нижнего Новгорода. Металлургические отходы в форме доменного шлака скапливаются на территории полигонов Группы «ГАЗ». Анализ химического состава шлаковых отходов (табл. 1) позволяет рассматривать возможность применения материала в роли связующего элемента при изготовлении шлакоопилкобетона [2].

Таблица 1 – Химический состав доменного шлака металлургического производства Группы «ГАЗ» в %

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	MnO	TiO_2
40.0	7.0	0.3	41.0	10.0	0.2	0.6	0.9

Шлакоопилкобетон представляет собой смесь опилок, доменного шлака и извести в различных пропорциях. Благодаря природному происхождению компонентов материал обладает высокой экологичностью. Древесные опилки обеспечивают низкую теплопроводность – 0,32 Вт/м, что позволяет стене толщиной 40 см заменять 1 м кирпичной кладки. Шлак и известь придают материалу огнестойкость: даже при 50 % содержания опилок он сопротивляется возгоранию в течение 3–4 часов при температуре 1200 °С [3].

Влагопоглощение шлакоопилкобетона составляет 9–12 %, а морозостойкость достигает 100 циклов в зависимости от состава. Плотность высушенных блоков – около 500 кг/м³, что делает их пригодными для возведения одно– и двухэтажных зданий (дачных домов, гаражей, хозяйственных построек). Материал также устойчив к динамическим нагрузкам, возникающим при сезонных подвижках фундамента [4]. Основной недостаток – медленный набор прочности: проектная прочность достигается лишь через 90 суток, что существенно дольше, чем у портландцемента. Экспериментальные составы для разных классов бетона представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Примерные составы существующих шлакоопилкобетонов

Класс бетона (В)	Доменный шлак	Известь гашенная	Песок	Опилки	Плотность кг/м³	Состав в объемных долях
В3,5	2	1	-	2	400	2:1:0:2
В5	2	1	1	1,5	450	2:1:1:1,5
В7,5	3	1,5	1	2	500	3:1,5:1:2
В10	3	1,5	1	1,5	450	3:1,5:1:1,5

Материалы и методы

Производство шлакоопилкобетона основано на смешивании стандартных бетонных компонентов с органическим наполнителем в виде древесных опилок, сохраняя классическую методологию изготовления бетонных смесей. Точное соблюдение пропорций компонентов и последовательности их внесения определяет качество конечного материала. Процесс приготовления начинается с равномерного смешивания шлака, извести и древесных опилок в специальной емкости, завершаясь постепенным добавлением расчетного количества воды [5].

Доменный шлак подвергается сушке в лабораторных условиях при заданных параметрах окружающей среды: температура воздуха 22 °С, влажность 40 %, продолжительность процесса

28 дней. Процесс измельчения высушенного шлака осуществляется посредством шаровой мельницы, оснащенной мелющими телами шаровой и цилиндрической формы. Измельченный материал подвергается взвешиванию на электронных весах с последующим просеиванием через сито № 0,08, при котором остаток не превышает 15 % от исходной массы шлака. Строительная известь, соответствующая требованиям ГОСТ 9179-2018, вводится в состав смеси в качестве активирующего компонента [6].

Производство шлакоопилкобетона различных рецептур осуществляется с последующим формованием образцов-кубов размером 7,07×7,07×7,07 см согласно ГОСТ 22685-89. Определение плотности материала выполняется по методике ГОСТ-12730.1-78. Механические испытания на одноосное сжатие проводятся на прессе ИП-100 со скоростью нагружения 0,6±0,2 МПа/сек. Прочностные характеристики образцов шлакоопилкобетона определяются на 28 сутки твердения [7].

Лабораторные испытания образцов шлакоопилкобетона включали измерение равновесной влажности материала при определенных условиях окружающей среды. Сушка материала осуществлялась в помещении с постоянными параметрами: относительная влажность воздуха поддерживалась на уровне 85 % при температуре 20 °С. Контроль процесса высушивания проводился путем регулярного взвешивания образцов до достижения стабильной массы. Установленная экспериментальным путем влажность образцов характеризовала равновесное состояние материала.

Результаты

В ходе эксперимента были изготовлены и испытаны серии образцов из шлакоопилкобетона с различным соотношением компонентов. Физические свойства использованных опилок представлены в таблице 3. Микрофотографии демонстрируют неупорядоченную геометрию частиц с развитой системой равномерно распределенных пористых каналов.

Таблица 3 – Физические свойства опилок

Характеристики	Опилки
Удельный вес ($см/м^3$)	2.12
Содержание влаги %	18,0
Объемная плотность ($кг/м^3$)	280
Средний размер частиц (мм)	3

Заключение

Лабораторные исследования продемонстрировали эффективность переработки производственных отходов в высококачественные строительные материалы для возведения частных домов и малоэтажных зданий. Утилизация накопленных на территории автомобильного предприятия отходов позволяет наладить выпуск востребованных стройматериалов. Проведенные лабораторные испытания раскрыли технологические особенности изготовления материалов и определили их основные характеристики.

Строительный материал на основе металлургических шлаков производства ГАЗ обладает уникальным сочетанием достоинств при минимальных недостатках. Легкость шлакоопилкобетона позволяет существенно снизить затраты на устройство фундаментов, упростить монтажные работы и сократить расход материалов. Нагрузочные характеристики зданий из шлакоопилкобетона соответствуют показателям деревянных конструкций. Точные

геометрические размеры блоков минимизируют трудозатраты при монтаже. Дополнительным преимуществом служит отличная обрабатываемость материала различными инструментами.

Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов существенно снижает себестоимость конечного продукта. Результаты комплексного анализа эксплуатационных характеристик демонстрируют преобладание положительных качеств материала, определяя его перспективность для строительной отрасли.

Список использованных источников

1. Совершенствования технологии малоэтажного строительства с применением глиногипсового бетона в современных конструктивных решениях зданий / О. Б. Кондрашкин, В. А. Войтович, Т. А. Гаврикова, И. А. Гулин // Приволжский научный журнал. – 2024. – № 2(70). – С. 113–120.

2. Саламанова, М. Ш. Разработка наполненных цементных систем щелочной активации / М. Ш. Саламанова, С. А. Ю. Муртазаев, М. М. Мовсулов // Миллионщиков-2020 : Материалы III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». – Грозный : ООО «Спектр», 2020. – С. 146–153.

3. Современные подходы по использованию местного природного и техногенного сырья для расширения сырьевой базы стройиндустрии / С. А. Ю. Муртазаев, М. С. Сайдумов, С. А. Алиев, Т. С. А. Муртазаева // Междисциплинарные исследования науки, техники и образования (НТО-1) : Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. – Грозный : Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, 2023. – С. 265–276.

4. Высококачественные бетоны на основе вторичного сырья в современном монолитном строительстве / Т. С. А. Муртазаева, А. Х. Аласханов, З. Х. Исмаилова, А. А. Габашев // Миллионщиков-2020 : Материалы III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». – Грозный : ООО «Спектр», 2020. – С. 218–225.

5. Глуховский, В. Д. Шлакощелочные цементы и бетоны / В. Д. Глуховский, В. А. Пахомов. – Киев : Будивельник, 1978. – 184 с.

6. Исакулов, Б. Р. Исследование свойств шлакощелочных вяжущих / Б. Р. Исакулов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2011. – № 6. – С. 177–180.

7. Кузнецова, Т. В. Физико-химические основы получения специальных цементов / Т. В. Кузнецова // Журнал всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева. – 1991. – Т. 36, № 5. – С. 521-529.

УДК 691.54

Гидратационное твердение металлургических шлаков с амоносиликатным активатором

*Калинина Н.С. *, студент; Егорова К.А., студент; Гулин И.А., ст. преп. кафедры технологии строительства*

* Ответственный за переписку: kalininan07@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Авторы данной исследовательской работы рассмотрели актуальную проблему утилизации отходов металлургического производства и создания на основе шлаков гидравлического вяжущего вещества с характеристиками, аналогичными портландцементу. Исследование охватывает не только экономический аспект, но и вопросы экологической безопасности, поскольку использование шлаков способствует снижению выбросов углекислого газа в атмосферу. В ходе эксперимента изучали влияние активаторов твердения на прочностные параметры материалов, изготовленных на основе домменых шлаков металлургических предприятий Нижнего Новгорода. Исследуется геополимерный бетон для использования в строительных конструкциях как внутреннего, так и несущего назначения. Были разработаны несколько составов и исследованы деформационные свойства геополимерного вяжущего, что позволило сделать выводы о преимуществах данного материала с точки зрения эксплуатационных характеристик.

Ключевые слова: шлак, цемент, глина, смесь, вяжущие, бетон, раствор.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры технологии строительства ННГАСУ, Гулин Иван Анатольевич.

Введение

Современная индустрия производит значительные объемы побочных продуктов, следовательно, необходимы дополнительные финансовые затраты на их переработку и утилизацию, что непосредственно отражается на себестоимости конечного изделия. Экологические проблемы, связанные с отходами, побуждают развитие и применение технологий повторного использования, особенно в строительной сфере. Доменные шлаки, которые формируются в больших количествах при выплавке чугуна, являются одними из основных видов металлургических отходов, например, на автомобильных заводах. В процессе плавки чугуна кремниевые и алюминиевые оксиды, содержащиеся в железной руде, взаимодействуют с кальциевыми и магниевыми оксидами, входящими в состав флюсов. Такой реактивный процесс образует раскалённую жидкую смесь – доменные шлаки. Чугун, получаемый из руды, осаждается в нижней части доменной печи при температуре около 1500°C, при этом плотность расплавленного шлака почти в 2,5–3 раза ниже, чем у чугуна, поэтому он формирует слой, располагающийся над металлом. Каждые несколько циклов шлак удаляется через специальное отверстие – шлаковую летку – и направляется в конвектор, где гранулируется и охлаждается сбросом в водяной резервуар.

Целью данной исследовательской работы является разработка гидравлического вяжущего на основе доменного шлака и оценка его эксплуатационных характеристик в сравнении с классическим портландцементом.

К группе гидравлических вяжущих веществ можно отнести геоцементы – геополимерные материалы, получаемые из природных алюмосиликатных минералов и отходов металлургического производства. Выпуск геополимеров позволяет существенно снижать затраты на строительство [1].

Геополимеры характеризуются быстрым схватыванием, высокой жесткостью, химической стойкостью и экологичностью.

Геополимеры актуальны как перспективные строительные материалы. В условиях тепловой обработки на этапе формовки могут достигать прочности до 50 МПа. Это сокращает технологические циклы и повышает производительность заводов железобетона. Геополимеры обладают высокой адгезией к металлическим конструкциям и стойки к химическим воздействиям. По цене они конкурентоспособны с портландцементами [2].

Материалы и методы исследований

Исследовали разработанные геополимерные бетоны на основе глинистого сырья месторождений Нижегородской области следующего состава:

1) Афонинская глина, просеянная через сито размером 0,008 мм, химический состав данной глины в соответсвии ГОСТ 23789-79 представлена в табл. 1.

2) Известь строительная ГОСТ 9179-77.

3) Доменный шлак, просеянный через сито 0,008 согласно ГОСТ 3476-74. Химический состав представлен в табл. 1.

4) Стекло натриевое жидкое, химический состав в соответствии ГОСТ 13078-81 представлен в табл. 1 Содержания воды в жидком стекле составляет 68,4%.

5) Щелочь натриевая (сухая) ГОСТ 4328-77.

6) Песок природный ГОСТ 8736-93, просеянный через сито размером 0,315 мм.

Таблица 1 – Химический состав компонентов геополимерных бетонов

Оксиды, %	Афонинская глина	Доменный шлак	Заполнитель	Известь строительная гашенная	Стекло натриевое жидкое
SiO2, %	36	40,0	96,0	0,12	23,93
Al2O3, %	12,93	7,0	–	–	–
Na2O, %	0,25	–	–	1,1	7,69
K2O, %	2,14	–	–	–	–
CaO, %	33.94	41,0	1,5	1,0	–
MgO, %	1,70	0,6	1,25	0,2	–
TiO2, %	0,63	0,9	0,7	0,3	–
Fe2O3, %	4,04	0,3	0,55	0,4	–
Ca(OH)2, %	–	–	–	98,88	–

При изготовлении геополимерного бетона в качестве связующего использовали геополимерный цемент. Пропорции компонентов смеси устанавливались на основе химического состава глины, так как SiO_2 и Al_2O_3 играют ключевую роль в формировании вяжущей структуры материала. Для приготовления растворного теста определяли количество глины, которое затем смешивали с дозированным жидким стеклом и гидроокисью натрия. Модуль жидкого стекла при этом составлял около 3,6.

Помимо этого, использовали металлургический доменный шлак, хранившийся на полигонах в кусках размером 50–70 мм. Отобранные 10 кг шлака сушили естественным путем

в помещении с температурой 22°С и влажностью 35% в течение 14 дней. После сушки шлак измельчали в шаровой мельнице с помощью шаровидных и цилиндрических мелющих тел (цильпебс) до порошкообразного состояния. Порошок взвешивали и просеивали через сито № 0,08, при этом оставшийся на сите материал не должен был превышать 15% от общей массы шлака. В роли заполнителя применяли речной кварцевый песок, просеянный через сито с размером ячеек 5 мм.

Глину афонинского месторождения предварительно сушили при 110°С в сушильных шкафах для удаления избыточной влаги, затем измельчали в шаровой мельнице до мелкодисперсного состояния и просеивали через сито № 0,008. Активатором твердения служила строительная известь по ГОСТ 9179-2018. Все ингредиенты раствора взвешивали и тщательно перемешивали [3].

Геополимерные бетоны изготавливали с различными составами, формируя кубические образцы размером 7,07×7,07×7,07 см согласно ГОСТ 22685-89. Плотность материала измеряли по ГОСТ 12730.1-78. Механические испытания на одноосное сжатие проводили на прессах ИП-100 и УИМ-30 при выдерживании скорости нагружения 0,6 ± 0,2 МПа/с. Испытания образцов выполняли на 3,7 и 28-й день после изготовления.

Результаты и их обсуждение

Анализ цементных образцов, в которых использовалось жидкое стекло с известным модулем, показал, что их структура в основном состоит из аморфных фаз, в то время как образцы с низким модулем содержат четко выраженные кристаллические компоненты. Добавление в жидкое стекло раствора гидрооксида натрия способствовало понижению его модуля и вязкости, в результате компоненты смеси не только легче перемешивались и повышалась удобоукладываемость, но и увеличивало их прочностные характеристики. Результаты испытаний приведены в табл. 2 – 4.

Таблица 2 – Результаты испытания образцов геополимерного бетона в возрасте 3 суток

Серия обр.	Состав по объему: шлак, известь, глина, заполнитель	Объем выборки, шт.	Объем H_2O	Плотность р, кг/м3	Водопо-глощение, %	Класс бетона	V, %
С-1	1:0,4:2,5:1	6	65 %	3,3	40	В15	1,7
С-2	1:0,3:2,3:1	6	65 %	3,25	38	В12,5	1,6
С-3	1:0,25:2,2:1	6	65 %	3,15	37	В10	1,5
С-4	1:0,22:2,0:1	6	65 %	3,1	35	В7,5	1,8
С-5	1:0,2:1,8:1	6	65 %	3,05	32	В5	2,0
С-6	1:0,18:1,5:1	6	65 %	2,95	30	В7,5	2,1

Таблица 3 – Результаты испытания образцов геополимерного бетона в возрасте 7 суток

Серия обр.	Состав по объему: шлак, известь, глина, заполнитель	Объем выборки, шт.	Объем H_2O	Плотность р, кг/м3	Водопоглощение, %	Класс бетона	V, %
С-1	1:0,4: 2,5:1	6	65%	3,25	40	В20	1,7
С-2	1:0,3:2,3:1	6	65%	3,20	38	В15	1,6
С-3	1:0,25:2,2:1	6	65%	3,18	37	В12,5	1,5
С-4	1:0,22:2,0:1	6	65%	3,15	35	В10	1,8

С-5	1:0,2:1,8:1	6	65%	3,10	32	В7,5	2,0
С-6	1:0,18:1,5:1	6	65%	3,00	30	В10	2,1

Таблица 4 – Результаты испытания образцов геополимерного бетона в возрасте 28 суток

Серия обр.	Состав по объему: шлак, известь, глина, заполнитель	Объем выборки, шт.	Объем H_2O	Плотность р , кг/м3	Водопоглощение, %	Класс бетона	V, %
С-1	1:0,4:2,5:1	6	65%	3,1	40	В22,5	1,7
С-2	1:0,3:2,3:1	6	65%	3,05	38	В20	1,6
С-3	1:0,25:2,2:1	6	65%	3,00	37	В15	1,5
С-4	1:0,22:2,0:1	6	65%	2,95	35	В12,5	1,8
С-5	1:0,2:1,8:1	6	65%	2,9	32	В10	2,0
С-6	1:0,18:1,5:1	6	65%	2,85	30	В12,5	2,1

Показатели прочности геополимерных образцов полученные после их твердения в естественных условиях при температуре 22 °С и относительной влажности воздуха, равной 90%, до достижения постоянной массы изделий (представлены в табл. 2, 3, 4). Влажность, при которой масса образца не изменяется, называется равновесной. На рис. 1 продемонстрирован процесс разрушения кубических образцов из разработанного геополимерного бетона [4].

а б

Рисунок 1 – Стадии разрушения образцов из разработанного геополимерного бетона; а – образец перед испытанием, б – разрушенный образец (Источник: составлено авторами)

В ходе сравнительного анализа прочностных характеристик геополимерных бетонов было установлено, что разработанный геополимерный материал, подобно цементным растворам, со временем увеличивает свою прочность при влажности более 900. При изготовлении геополимерного бетона с использованием металлургических шлаков и Афонинской глины получен материал с прочностью, соответствующей классу В22,5, что позволяет его классифицировать как легкий бетон. Рационально использовать такие бетоны на подготовительных этапах строительных работ, в частности перед заливкой фундаментов или монолитных плит. Кроме того, геополимерные смеси подходят для производства бетона класса В10, что является важным аспектом при армировании конструкций. Геополимерный бетон

нашел широкое применение в дорожном строительстве и монтаже бордюрных камней [5]. Более того, данные материалы используются для устройства пешеходных и садовых дорожек, а также служат основой для фундаментов небольших сооружений.

Выводы

Установлено, что замена портландцемента на геополимерные вяжущие в бетонных смесях снижает углеродный след и сокращает количество индустриальных отходов. Результаты экспериментов свидетельствуют: экономическая и экологическая целесообразность применения геополимеров в строительном производстве формирует благоприятные условия для развёрнутых исследований и масштабной промышленной реализации этой технологии.

Список использованных источников

1. Совершенствования технологии малоэтажного строительства с применением глиногипсового бетона в современных конструктивных решениях зданий / О. Б. Кондрашкин, В. А. Войтович, Т. А. Гаврикова, И. А. Гулин // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород ; ННГАСУ, 2024. – № 2 (70). – С. 113–120.

2. Кондрашкин, П. О. Совершенствование малоэтажного строительства при помощи глиногипса / П. О. Кондрашкин, И. А. Гулин, Д. И. Миндрин // Международная конференция Нижегородского Фестиваля науки : сборник тезисов докладов, Нижний Новгород, 24–25 октября 2024 г. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 36–37.

3. Муртазаев, С. А. Ю. Геополимеры на алюмосиликатном сырье / С. А. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова, И. С. А. Муртазаев // Строительство и реконструкция. – 2025. – № 2 (118). – С. 94–107.

4. Вяжущие композиции на основе техногенных отходов / М. Ш. Саламанова, Ю. И. Корянова, Р. С. А. Муртазаева, А. Ш. Магомедов // Молодежь, наука, инновации : сборник статей XIII Всероссийской научно-практической конференции, Грозный, 22 октября 2024 г. – Грозный : Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М. Д. Миллионщикова, 2024. – С. 81–86.

5. Пути декарбонизации строительной отрасли как современный вызов для получения низкоуглеродных строительных материалов / С. А. Ю. Муртазаев, Л. Р. Бекмурзаева, М. Ш. Саламанова [и др.] // Строительные материалы. – 2024. – № 9. – С. 51-57. – DOI 10.31659/0585-430X-2024-828-9-51-57. – EDN JSMWEK.

УДК 627.8

Эволюция компоновки гидроузлов волжско-камского каскада

Кириленко Е.С., студент

* Ответственный за переписку: Sob_gs@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. На примере 13 гидроузлов Волжско-Камского каскада, вошедших в разрабатываемую на кафедре гидротехнических сооружений ННГАСУ таблицу-классификатор, выполнен анализ эволюции компоновочных решений. Под компоновкой понимается взаимное расположение основных сооружений гидроузла (плотин, зданий ГЭС, водосбросов, судоходных шлюзов) относительно друг друга и относительно створа реки. Выделены три этапа строительства каскада, для каждого из которых охарактеризованы типовые компоновочные схемы и их развитие. Показано, как менялось расположение бетонных и грунтовых сооружений, шлюзов, а также как новые инженерные решения (совмещение ГЭС с водосбросами, вынос шлюзов на пойму, пойменная компоновка) влияли на общую структуру гидроузла. Исследование является частью более масштабной работы по созданию таблицы-классификатора и матрицы выбора компоновки гидроузлов, выполняемой на кафедре гидротехнических сооружений ННГАСУ.

Ключевые слова: Волжско-Камский каскад, гидроузел, компоновка, эволюция, гидротехнические сооружения, расположение сооружений.

Научный руководитель – заведующий кафедрой гидротехнических сооружений ННГАСУ, доктор технических наук, Соболь Илья Станиславович*

Введение

Волжско-Камский каскад – крупнейший в Европе комплекс гидроузлов, строившийся на протяжении полувека. За это время отечественная гидротехническая школа прошла путь от первых русловых ГЭС до сложных компоновок, включающих многониточные шлюзы, пойменные узлы и совмещённые здания ГЭС [1]. Анализ эволюции компоновок на этом каскаде позволяет проследить, как менялись подходы к размещению сооружений в створе и на прилегающих участках, что имеет значение для современного проектирования.

Цель настоящей работы – выявить и систематизировать изменения в компоновке гидроузлов Волжско-Камского каскада, рассматривая компоновку как взаимное расположение основных сооружений: глухих и водосбросных плотин, зданий ГЭС, судоходных шлюзов, а также сопрягающих устройств.

Материалы и методы

Исследование базируется на таблице-классификаторе гидроузлов, разрабатываемой на кафедре гидротехнических сооружений ННГАСУ. Таблица включает 13 гидроузлов Волжско-Камского каскада (от Иваньковской до Нижнекамской ГЭС). Для каждого объекта зафиксированы: состав сооружений, тип компоновки, расположение основных элементов [2]. Анализ проводился путём сопоставления компоновочных схем в хронологическом порядке.

Выделены три этапа строительства каскада, для каждого из которых охарактеризованы типовые решения.

Результаты

Этап 1. Формирование русловой компоновки (1930–1940-е гг.)

Первые гидроузлы каскада – Иваньковская (1937), Угличская (1940), Рыбинская (1941) – заложили основу компоновки, ставшую классической для равнинных рек [3].

Компоновочная схема:

В русловой части сосредоточены бетонные сооружения: водосливная плотина и здание ГЭС, расположенные в одной линии напорного фронта.

На пойме (левый или правый берег) размещены земляные плотины, перекрывающие пойменные участки.

Судоходный шлюз вынесен на пойму, отдельно от руслового узла.

Особенности: Рыбинский гидроузел имеет двухниточный шлюз (впервые в каскаде). ГЭС совмещена с водосбросом в одном русловом узле.

Этот тип компоновки – русловая с пойменным расположением шлюза – стал основой для всех последующих гидроузлов каскада.

Этап 2. Расширение компоновочных схем (1950–1960-е гг.)

В этот период построены Нижегородская (1955), Куйбышевская (1957), Волжская (1961), Камская (1956), Воткинская (1961), Саратовская (1967) ГЭС. Компоновочные решения претерпели значительное развитие.

Вариант 2А – русловая компоновка с двухниточным шлюзом:

Нижегородская, Куйбышевская, Камская, Воткинская, Саратовская ГЭС сохранили базовую схему: русловой узел (ГЭС + водосброс), пойменные земляные плотины, шлюз на пойме. Однако шлюзы стали двухниточными (кроме Камской – шестикамерный), с разъездным бьефом. На Саратовской ГЭС здание ГЭС совмещено с водосбросами в едином русловом узле – это усложнение русловой компоновки.

Вариант 2Б – пойменная компоновка:

Волжская ГЭС (Волгоградская) – уникальный для каскада пример. Здесь бетонные сооружения (ГЭС и водосливная плотина) вынесены на левобережную пойму, а русло реки перекрыто грунтовой плотиной. Шлюзы размещены на левом берегу, в спрямляющем канале [4].

Компоновочная схема: грунтовая плотина в русле → бетонный узел на пойме → шлюзы на пойме.

Это решение позволило сократить длину бетонного напорного фронта и использовать местные грунты для перекрытия основного русла.

Этап 3. Завершение каскада (1970–1980-е гг.)

К этому этапу относятся Чебоксарская (1980, временная отметка) и Нижнекамская (1979) ГЭС.

Компоновка: возврат к русловой схеме. Чебоксарская ГЭС – русловое совмещённое здание, водосбросы в русле, шлюз на левом берегу. Нижнекамская ГЭС – русловая ГЭС совмещённого типа, водосброс в русле, шлюз на левом берегу (двухниточный).

Особенность: на Чебоксарском гидроузле шлюз не был достроен в полном объёме, а водохранилище не наполнено до проектной отметки (68,0 м БС), что привело к необходимости

дноуглубления и реконструкции причальных сооружений. В настоящее время гидроузел эксплуатируется при временной отметке 63,0 м БС [5].

На рисунках 1, 2 и 3 схематично представлена эволюция компоновочных схем Волжско-Камского каскада по трём этапам, показывающая расположение основных сооружений относительно русла и поймы.

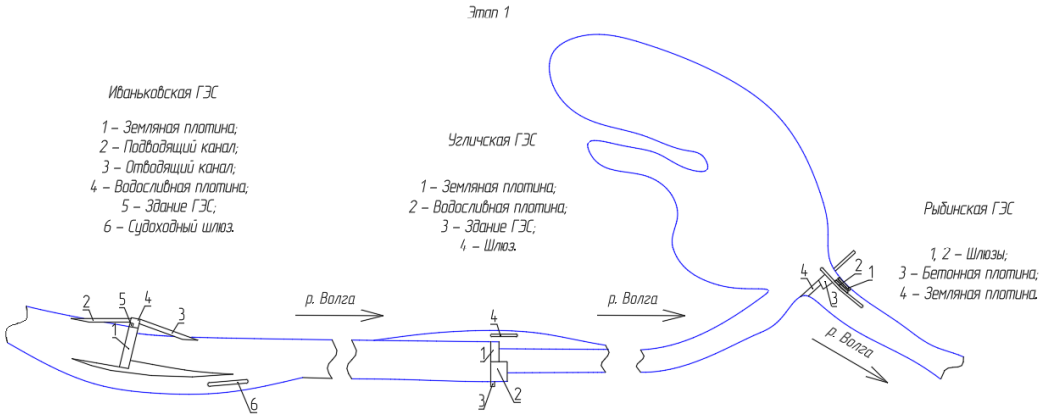


Рисунок 1 – Эволюция компоновок гидроузлов Волжско-Камского каскада – этап 1 (Источник: составлено авторами)

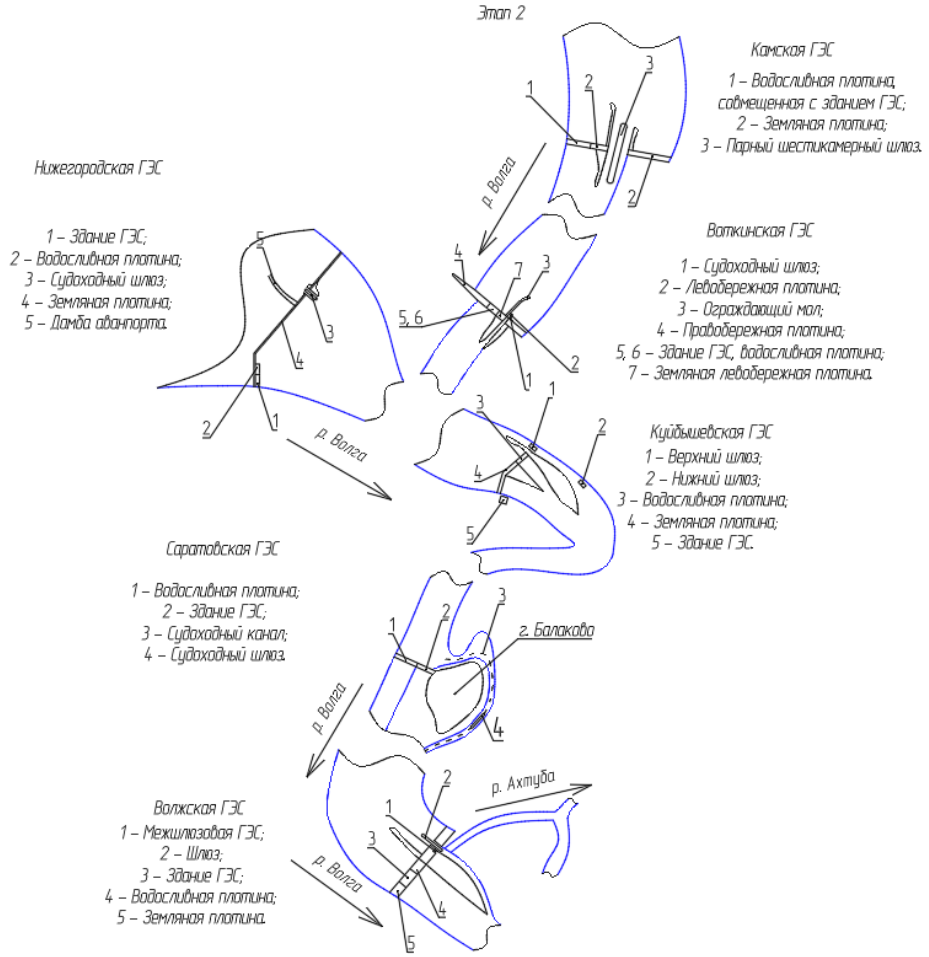


Рисунок 2 – Эволюция компоновок гидроузлов Волжско-Камского каскада – этап 2 (Источник: составлено авторами)

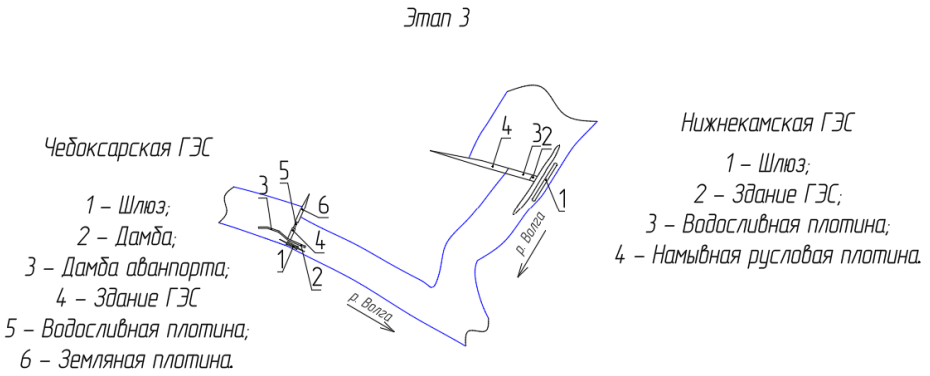


Рисунок 3 – Эволюция компоновок гидроузлов Волжско-Камского каскада – этап 3 (Источник: составлено авторами)

Анализ

Анализ эволюции компоновок Волжско-Камского каскада позволяет выделить следующие тенденции:

1. От русловой к пойменной и обратно. Начав с русловой компоновки (1930–40-е), в 1950–60-е годы был опробован вариант пойменной компоновки (Волжская ГЭС), который, однако, не получил дальнейшего распространения. В 1970–80-е годы вернулись к русловой схеме, но с совмещёнными зданиями ГЭС и водосбросов.

2. Эволюция расположения шлюзов. На всех этапах шлюзы выносились на пойму. Происходило увеличение числа ниток (от однокамерных до двухниточных и шестикамерного на Камской ГЭС) и усложнение подходных каналов.

3. Развитие сопрягающих устройств. На ранних гидроузлах сопряжение разнотипных сооружений (бетонный узел – грунтовая плотина – шлюз) осуществлялось через раздельные стенки. Позднее стали применять более сложные сопряжения с дренажными устройствами и обратными фильтрами.

4. Влияние размеров судов. Увеличение габаритов расчётных судов потребовало удлинения камер шлюзов и расширения подходных каналов, что повлияло на размещение шлюзов в плане.

Заключение

Эволюция компоновок гидроузлов Волжско-Камского каскада прошла путь от простых русловых схем (1930–40-е) к усложнённым русловым с двухниточными шлюзами (1950–60-е) и к пойменной компоновке (Волжская ГЭС), после чего вернулась к русловой схеме с совмещёнными зданиями ГЭС и водосбросов (1970–80-е). При этом шлюзы всегда оставались на пойме, что обеспечивало безопасность судоходства и возможность расширения причального фронта.

Данная работа является частью более широкого исследования, проводимого на кафедре гидротехнических сооружений ННГАСУ, по созданию таблицы-классификатора гидроузлов России и мира (68 объектов) и матрицы выбора компоновки, позволяющей на ранних стадиях проектирования обоснованно назначать тип гидроузла и состав основных сооружений. Результаты анализа Волжско-Камского каскада легли в основу этой методологии.

Список использованных источников

1. Васильева И.А., Журавлев Г.И., Корюкин С.Н. и др. Гидротехнические сооружения / под ред. Н.П. Розанова. – М.: Стройиздат, 1978. – 646 с.

2. Соболь И.С., Ежков А.Н., Кириленко Е.С. Таблица-классификатор гидроузлов России и мира (рукопись) // Архив кафедры гидротехнических сооружений ННГАСУ. – 2026.

3. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. Основные положения. // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации справочных систем : [сайт]. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/564542210*

4. ПАО «РусГидро». Годовой отчет за 2024 год. – М., 2025. – 180 с. – URL: *https://storage.yandexcloud.net/storage.rushydro.ru/iblock/48d/48d782baf10bb846005e7c26d6657229/GO%202024_publichnaya%20versiya_27.06.25.pdf*

5. Федеральное агентство водных ресурсов. О режимах работы водохранилищ Волжско-Камского каскада в 2026 году: письмо от 15.01.2026 № ВН-02/2026.

УДК 69.07

Совершенствование распорного устройства для временного усиления кирпичных стен

*Кокарев Д.А. *, студент; Чугунов А.С., старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: dmitrijkokarev04@gmail.com
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург

Аннотация. Распорное устройство предназначено для сохранения первоначального вида расчетной схемы каменной стены. Оно находит применение в области реконструкции объектов ветхого жилья и культурного наследия, в частности используется во время цикла замены перекрытий. Такое устройство признано воспринимать воздействие осевых сил, то есть работать как центрально-сжатый элемент. У существующего на данный момент устройства для распора кирпичных стен есть ряд недостатков, к которым относится: деформирование подвижных частей, вследствие чего происходит «закусывание» частей устройства относительно друг друга; сложность механизма передачи крутящего момента, который обеспечивает свойство переменности длины распорного устройства. В данной работе приведен ряд предложений по совершенствованию распорного устройства путем изменения его сечения с квадратного на круглое, что позволит реализовать резьбовое соединение, которое, в свою очередь, способствует решению озвученных ранее недостатков.

Ключевые слова: распорное устройство, укрепление каменных стен, устойчивость каменных стен, центрально-сжатый стержень, переменность длины распорного устройства.

Реконструкция зданий и сооружений является сложным процессом, вовремя которого наблюдается большое количество трудностей, о чем более подробно описано в работах [1 – 2]. На сегодняшний день одной из главных проблем с которыми сталкиваются проектные и строительно-монтажные организации при проектировании и осуществлении работ по замене перекрытий, проводимых в рамках реконструкции объектов культурного наследия народов РФ или объектов ветхого фонда, это проблема потенциальной потери устойчивости [3] каменных стен, которая может наступить по причине изменения первоначального вида расчетной схемы стены, что наблюдается после демонтажа перекрытий, подлежащих замене.

Предотвращению неблагоприятного сценария замены перекрытий способствует использование распорного устройства, известного как «Устройство для временного усиления кирпичных стен при демонтаже перекрытий» [4]. Такое устройство работает как центрально-сжатый стержень, передавая распирающее усилие на каменные стены. Концепция его применения заключается в сохранении первоначального вида каменной стены, что приводится в статье [5].

Недостатками использования приведенного распорного устройства являются:

1) «Закусывание» подвижных частей устройства внутри полости неподвижной части устройства, что происходит в результате деформирования подвижных частей после их многократного использования, а также в результате затруднительного обеспечения синхронного завинчивания винтов, которые создают переменность длины;

2) Сложный, с точки зрения изготовления и пользования, механизм передачи крутящего момента, благодаря которому происходит изменение длины устройства.

Авторами данной работы предлагается решение по совершенствованию рассматриваемого распорного устройства, что позволяет избежать перечисленных недостатков. Полученное в результате совершенствования устройство – «Устройство переменной длины для временного усиления кирпичных стен при демонтаже перекрытий» (далее – устройство), расположение которого в плане представлено на рис. 1.

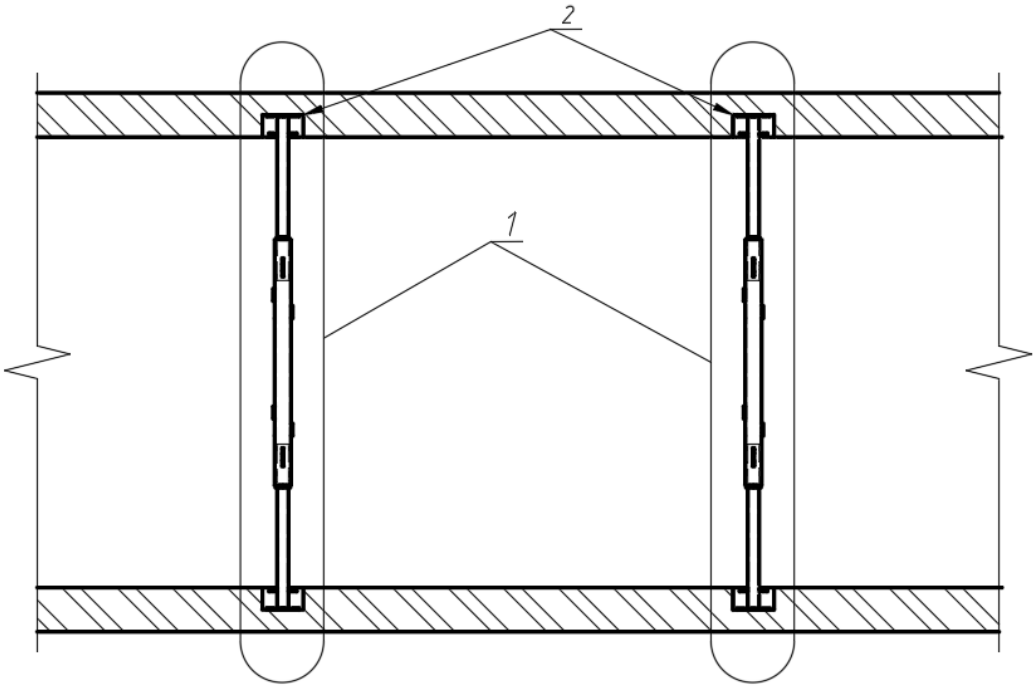


Рисунок 1 – Расположение в плане устройства переменной длины для временного усиления кирпичных стен при демонтаже перекрытий: 1 – устройства переменной длины для временного усиления кирпичных стен при демонтаже перекрытий; 2 – расположенные в кирпичной стене гнезда, которые предназначены для закрепления в них балок перекрытия (Источник: составлено авторами)

Вид сбоку и сверху устройства переменной длины для временного усиления кирпичных стен при демонтаже перекрытий представлен на рис. 2 – 3 соответственно.

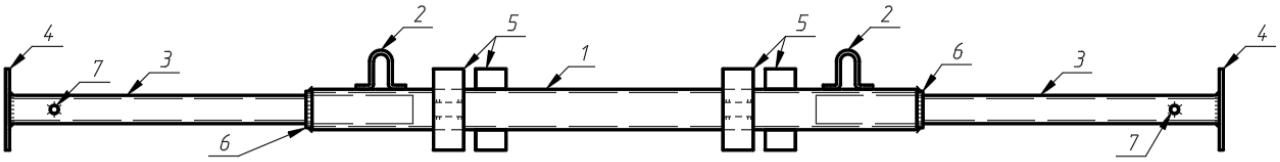


Рисунок 2 – Вид сбоку устройства переменной длины для временного усиления кирпичных стен при демонтаже перекрытий: 1 – неподвижная часть устройства; 2 – монтажные петли; 3 – подвижные части устройства; 4 – стальные упоры; 5 – стальные пластины; 6 – стальные кольца; 7 – стальные ручки (Источник: составлено авторами)

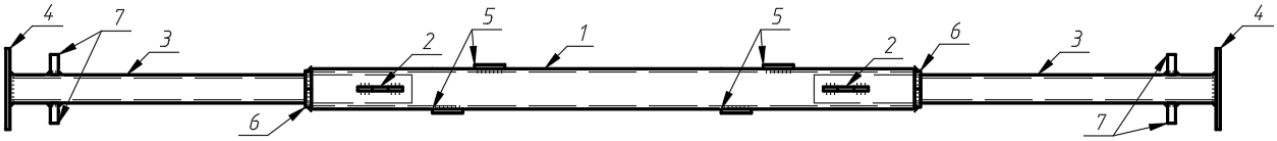


Рисунок 3 – Вид сверху устройства переменной длины для временного усиления кирпичных стен при демонтаже перекрытий: 1 – неподвижная часть устройства; 2 – монтажные петли; 3 – подвижные части устройства; 4 – стальные упоры; 5 – стальные пластины; 6 – стальные кольца; 7 – стальные ручки (Источник: составлено авторами)

Неподвижная и подвижные части устройства выполняются из замкнутых профилей круглого сечения, однако для создания возможности изменения длины неподвижная часть представлена профилем большего размера, чем профиль, из которого выполнены подвижные части, такая разница в размерах профилей позволяет подвижным частям беспрепятственно задвигаться внутрь неподвижной части за счет резьбового цилиндрического соединения. Распирающее усилие на кирпичные стены передается благодаря наличию стальных упоров. Авторами предусмотрены стальные пластины, которые позволяют осуществлять складирование устройств штабельным способом на строительной площадке путем опирания стальной пластины одного устройства на стальную пластину другого. Изменение длины и приведение устройства в рабочее положение происходит путем вращения подвижных частей за стальные ручки. Монтаж и демонтаж устройства осуществляется после его строповки за монтажные петли. Стальные полукольца кольца, прикрепляемые при помощи угловых сварных швов к неподвижной части устройства, являются частью решения, позволяющего обеспечить свойство неразъемности подвижной и неподвижной частей, которое представлено на рис. 4.

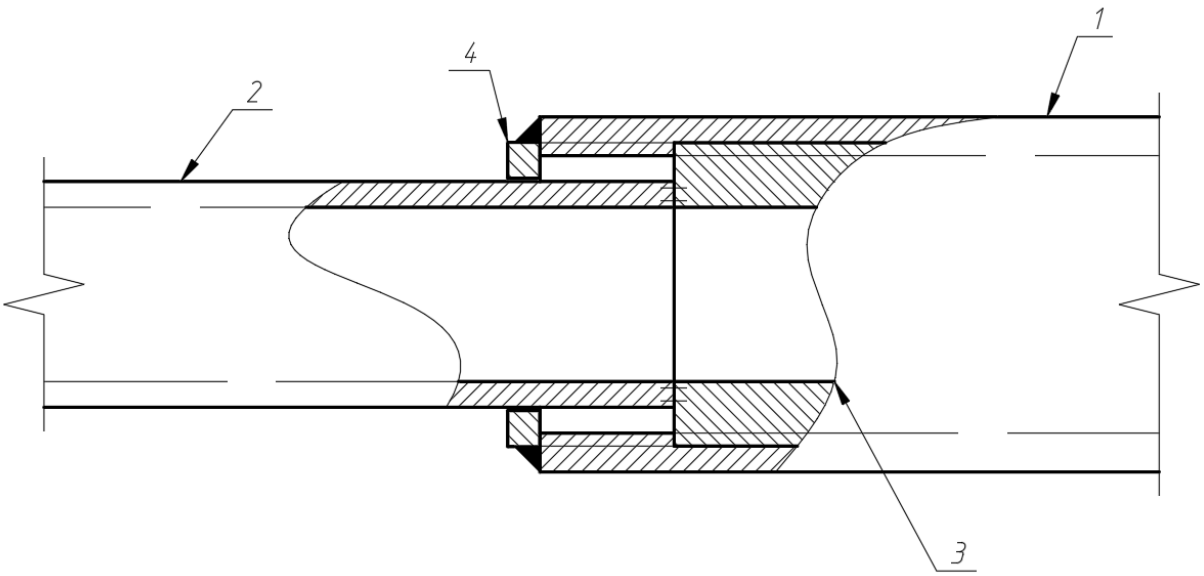


Рисунок 4 – Узел сопряжения подвижной и неподвижной части устройства: 1 – неподвижная часть устройства; 2 – подвижная часть устройства; 3 – стальная втулка; 4 – стальное полукольцо (Источник: составлено авторами)

Два стальных полукольца соединяются друг с другом посредством сварки в заводских условиях. Образованное таким образом стальное кольцо, а также стальная втулка, прикрепляемая при помощи стыковой сварки в заводских условиях к концу каждой из

подвижных частей, являются ограничителями для подвижных частей устройства, что позволяет обеспечить свойство неразъемности устройства.

Использование предложенного авторами устройства переменной длины для временного усиления кирпичных стен при демонтаже перекрытий позволит увеличить срок эксплуатации разрабатываемого устройства, а также упростить процесс изменения его длины в сравнении с устройством, предложенном в [4].

Список использованных источников

1. Шагин, А.Л. Реконструкция зданий и сооружений / А.Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко, Д.Ф. Гончаренко. М.: Высш. шк., 1991. 352 с. *https://djvu.online/file/blenOuSw31IBS.*

2. Полищук, А.И. Реконструкция здания генетической клиники НИИ медицинской генетики Томского научного центра СО РАМН / А.И. Полищук, А.А. Петухов, Г.И. Таюкин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2015. – № 1. – С. 166-184. *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23681597.*

3. Броневицкий, А.П. Временное усиление конструкций при реконструкции зданий / А.П. Броневицкий // Наука и техника. – 2017. – Т. 16, № 2. – С. 137-143. *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29877040.*

4. Патент на полезную модель № 233455 U1 РФ, МПК E04G 25/04. Устройство для временного усиления кирпичных стен при демонтаже перекрытий: заявл. 13.03.2025: опубл. 21.04.2025 / А.С. Чугунов, Д.А. Кокарев; заявитель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет». *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82332286.*

5. Кокарев Д.А. Технология временного усиления кирпичных стен при демонтаже перекрытий / Д.А. Кокарев // Студенческая наука – взгляд в будущее: Материалы XX Всероссийской студенческой научной конференции, Красноярск, 25–27 февраля 2025 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2025. – С. 13-16. *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=80627040.*

УДК 624.94.012.45

Необходимость цифровизации производственной и эксплуатационной стадий жизненного цикла технических систем

*Коновалова В.А., студент; Старикова М.В. *, студент; Хазов П.А., док. техн. наук, профессор*

* Ответственный за переписку: marina.starick0va@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена обоснованию потребности разработки цифровых моделей поддержки производственной и эксплуатационной стадий жизненного цикла строительных объектов и технических систем. Приведён критический анализ научных исследований по данной теме, результаты которого показали, что основное внимание в этом вопросе уделяется проектной стадии, при существенном дефиците разработок для производственного и эксплуатационного этапа. Отмечается перспективность развития и применения цифровых технологий для сквозной поддержки жизненного цикла технических систем.

Ключевые слова: цифровая модель, жизненный цикл, производственная стадия, эксплуатационная стадия, инженерная геометрия.

Научный руководитель – профессор кафедры теории сооружений и технической механики ННГАСУ, доктор технических наук, доцент Хазов Павел Алексеевич

Введение

Разработка моделей цифровой поддержки производственной и эксплуатационной стадий жизненного цикла технических систем необходима для повышения эффективности процессов, обеспечения преемственности результатов работы в сложных проектах. Для цифровой поддержки используют, например, информационные модели – виртуальные прототипы объекта, которые позволяют накапливать, структурировать, трансформировать и передавать инженерные данные с одного этапа жизненного цикла на другой в единой информационной среде. Также применяется концепция «цифрового двойника» – виртуальной копии реального объекта, которая ведёт себя так же, как и реальный объект.

Целью данного исследования является обоснование потребности разработки цифровых моделей для производственной и эксплуатационной стадий жизненного цикла зданий, сооружений и технических систем на основании критического анализа актуальных диссертационных исследований. Это определит перспективные направления развития цифровых моделей и поможет выявить положительные эффекты от внедрения предлагаемых решений.

Далее в статье приводится анализ диссертационных работ по научным специальностям 2.5.1. «Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий» и 2.1.14. «Управление жизненным циклом объектов строительства».

Теоретические основы и практические приложения компьютерной проверки решений конструктивных задач инженерной геометрии

Современное проектирование в основном построено на использовании CAD-систем. Поэтому автоматизация проверки геометрических моделей в векторных форматах позволила бы оптимизировать процесс создания технической документации, уменьшив количество ошибок, что становится особенно важным на завершающем этапе проектирования.

В диссертации [1] рассматривается необходимость такой компьютерной проверки геометрических моделей в формате векторных графических файлов. Сейчас такую проверку может выполнить только человек, потому что формализовать критерии содержания цифровой модели достаточно сложно.

Автор изучает теоретические основы проверки электронных чертежей и моделей и систематизирует предъявляемые к ним требования и предлагает формальную модель, а также общий метод проверки, основанный на структурном анализе созданной модели и эталона.

В работе [2.1] автором также предложен специализированный язык для записи эталонов и описан общий порядок работы проверяющей машины.

Автор демонстрирует возможные варианты использования разработанных алгоритмов для решения реальных задач [1, 2]:

1) внедрение макроса в CAD-системы, который сравнивает компьютерную модель с закономерной поверхностью;

2) разработка методики проверки архивов электронных чертежей на наличие геометрических ошибок;

3) реализация инструмента для оценки совместимости деталей;

4) внедрение системы нормоконтроля графической части конструкторских документов;

5) создание тренажёра для тренировки навыков решения задач начертательной геометрии;

6) разработка системы проверки решений графических задач в виде файлов в формате AutoCAD.

Однако в рамках диссертации не предусмотрена интеграция предложенного подхода на этапе строительства. Его цель – предварительная проверка проекта, поиск ошибок и повышение качества документации, передаваемой исполнителям.

Методология цифровой поддержки и компьютерного моделирования динамических процессов

Воздействие природных факторов (ветровых нагрузок, сейсмической активности, температурных колебаний) на сложные геометрические системы трудно предсказать, так как традиционные методы расчёта зачастую не позволяют в полной мере учесть особенности взаимодействия таких объектов с окружающей средой. Поэтому, в своей работе [3] автор аргументирует необходимость создания математических и цифровых моделей для прогнозирования колебаний систем со сложными инерционными характеристиками и разработке информационных инструментов для этих целей.

Автор проводит классификацию динамических воздействий, анализирует процессы в несущих конструкциях, представляет обзор современных исследований о подходах к моделированию в различных отраслях науки и техники, рассматривает особенности цифрового моделирования аэродинамического обтекания объектов. Для объектов нестандартной формы получения аналитического решения, учитывающего особенности поверхности, сводится к решению дифференциальных уравнений Навье-Стокса [3]:

$$\frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial t} = -(\boldsymbol{V} \cdot \nabla)\boldsymbol{V} + \frac{\mu}{\rho}\Delta \boldsymbol{V} - \frac{1}{\rho}\nabla p + \boldsymbol{f}, \quad (1)$$

где ∇ – оператор набла, Δ – оператор Лапласа, t – время, μ – коэффициент кинематической вязкости, ρ – плотность, p – давление, $\boldsymbol{V}$ – поле векторов скорости, $\boldsymbol{f}$ – поле векторов массовых сил.

Решение выполняется численными методами в специализированных программных пакетах (ANSYS Workbench), позволяющими проводить вычислительные эксперименты с цифровыми моделями объектов. Верификация вычислительных экспериментов проводится через физическое моделирование в аэродинамической установке. Подтверждение корректности расчётов представлено на рисунке 1.

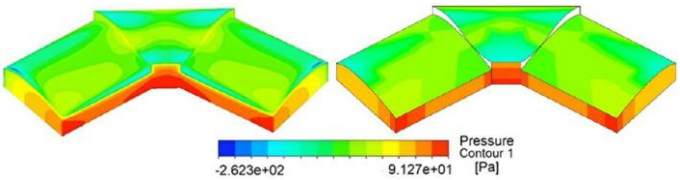


Рисунок 1 – Сравнение результатов компьютерного (слева) и экспериментального физического (справа) моделирования аэродинамического обтекания (Источник: [2])

В дополнение к изучению алгоритмов цифровой поддержки, в работах [3, 4], автором также выявлены ключевые направления их применения:

1) проектирование высотных сооружений с ветрогенераторами (при этом проведены серии вычислительных экспериментов с разными цифровыми моделями);

2) поддержка объектов на стадии эксплуатации в условиях колебаний и вибраций, а также разработка алгоритмов проектирования систем вибро– и сейсмозащиты;

3) анализ поведения трубобетонных конструкций (ТБК), основанный на данных испытаний, с построением математических моделей деформирования для оценки потери несущей способности.

Моделируя динамические воздействия окружающей среды – ветровые и сейсмические нагрузки, температурные изменения инженеры получают возможность уже на этапе проектирования достаточно точно оценить поведение объекта в реальных условиях эксплуатации. Такая цифровая поддержка в процессе эксплуатации помогает своевременно обнаружить участки с высокими напряжениями и деформациями, предотвращая развитие аварийных ситуаций. Но, рассмотренное моделирование динамических процессов не предназначено для использования на этапе производства строительных работ.

Методы повышения точности и достоверности цифровых моделей рельефа

Географические информационные системы (ГИС) превосходят традиционные картографические материалы возможностью геометрического моделирования объектов в пространственном измерении. С помощью ГИС обрабатываются массивы данных, которые невозможно обработать средствами классической картометрии. Открытые пространственные данные, полученные при помощи дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), позволяют формировать цифровые модели рельефа (ЦМР) для любой территории [5]. В диссертации [6] автор ставит своей целью разработку методов, позволяющих повысить точность и достоверность открытых ЦМР.

Автор приводит методику восстановления значений рельефа, основанные на теории математической обработки геодезических измерений [6]. Кроме того, автором была разработана методическая процедура формирования твёрдых копий стереоизображений-анаглифов ЦМР, обеспечивающая достоверное и точное определение высотных параметров элементов изображения для решения аналитических инженерных задач.

Автором рассмотрены геометрические принципы составления и использования картографических анаглифических изображений, а также представлен комплексный анализ возможностей применения глобальных цифровых моделей рельефа (DEM) для морфометрического исследования форм земной поверхности в рамках ГИС.

Создание качественных цифровых моделей рельефа является необходимым условием для последующего проектирования и управления строительными процессами, поэтому модели, рассмотренные автором, наиболее применимы на подготовительном и проектном этапах строительного производства. Поэтому, основной задачей таких цифровых моделей становится обеспечение точной исходной информации на этапе подготовки проекта и перед началом основных строительных работ.

Алгоритмы преобразования чертежно-конструкторской документации в трехмерную каркасную модель

Процесс цифровизации различных отраслей науки, техники и технологий предполагает перевод всех проектов с аналогового представления информации в цифровой вид. В диссертационной работе [7] рассмотрен подход к построению системы автоматической реконструкции трёхмерных моделей по техническим чертежам – метод, сокращающий время проектирования за счёт отказа от ручной проработки изображений.

Результатами научного исследования является предложенная автором структурная схема решения обратной задачи начертательной геометрии, разработан алгоритм предварительной обработки двумерных геометрических данных и реализован геометрический алгоритм перехода от двухмерных проекций к трёхмерной каркасной модели [8, 7]. Для полноценной работы предлагаемой технологии необходима организация непрерывной связи между двумерными проекционными изображениями и генерируемой по ним трехмерной модели. Способ организации такой связи показан на рисунке 2.

Рисунок 2 – Связь между двумерными и трехмерными данными (Источник: [7])

В диссертации описываются способы получения геометро-графической информации и различные способы передачи данных между системами автоматизированного проектирования (САПР) и прикладной программой, а также возникающие в процессе трудности в решении обратной задачи начертательной геометрии.

Автор акцентирует внимание на том, что центральной частью программной реализации алгоритма построения трёхмерной каркасной модели становится установка и проверка проекционных связей между изображениями, на основе которых формируется финальная модель. Она включает вершины, извлечённые из облака точек, и рёбра, определённые по результатам анализа многовидовых проекций – такой подход существенно продвигает процесс

создания полноценного трёхмерного образа объекта. На основании этого, далее автор приводит собственный вариант организации системы управления данными для оперативной работы с графической информацией.

Алгоритмы преобразования чертежно-конструкторской документации в трехмерную каркасную модель ключевую роль играют именно на проектном этапе жизненного цикла технических систем. После завершения формирования трёхмерной модели её применяют для дальнейших инженерных расчётов, но возможность ее использования на производственном этапе не была показана в данной работе.

Вопросы, связанные с цифровой поддержкой жизненного цикла технических систем, поднимаются не только в диссертационных работах по специальности 2.5.1. «Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий», но также встречаются в научной специальности 2.1.14. «Управление жизненным циклом объектов строительства», поэтому необходимо также упомянуть работы по ней в данном исследовании.

Методическое обеспечение контроля качества цифровых информационных моделей объектов капитального строительства на этапе экспертизы проектных решений

В настоящее время масштабному внедрению технологий информационного моделирования в строительстве способствуют как законодательные инициативы, так и значительные эффекты, наблюдаемые в результате внедрения, которые выражаются, прежде всего, в сокращении сроков реализации инвестиционно-строительного проекта и повышении качества проектной документации. Поэтому, в своей диссертационной работе [9] автор разрабатывает методику контроля качества цифровых информационных моделей объектов капитального строительства (ЦИМ ОКС) на этапе экспертизы проектных решений.

Анализ данных исследования позволяет заключить, что на данный момент ЦИМ ОКС не может быть применена экспертами при оценке проектных решений даже в дополнение к графической части. Исходя из этого, на основании массива типовых ошибок, выявленных в ходе экспертного исследования, сформулированы пять ключевых показателей качества модели: целостность, соответствие стадии проектирования, идентичность, правомерность, читаемость [10].

Практическую работоспособность комплекса разработанных алгоритмов контроля качества ЦИМ (проведения входного и операционного контроля, а также программы для согласования требований и алгоритма подбора программного комплекса) подтверждается экспериментальным обоснованием в ходе пилотного проекта при внедрении разработанных алгоритмов и учебно-тематического плана.

Контроль качества ЦИМ объектов капитального строительства становится особенно важным на этапе экспертизы проектных решений. Благодаря разработанным алгоритмам обработки ЦИМ обеспечивается своевременное устранение ошибок, минимизация риска возникновения дефектов в процессе возведения сооружения. При этом обеспечиваемый на данном этапе контроль качества предназначен лишь для проверки готовности проектной документации перед началом строительства. Основной целью здесь выступает формирование надежного цифрового фундамента для последующей успешной реализации проекта, но не сопровождение на всем жизненном цикле технической системы.

Заключение

Анализ диссертационных работ последних лет (исследования Бойкова А. А., Хазова П. А., Коротина А. С., Роменского С. А., Сербина С. А.) показал, что основной упор в исследованиях преимущественно приходится на создание цифровых моделей для

поддержания этапа проектирования. Проведённое исследование подтверждает необходимость развития цифровизации всего жизненного цикла зданий, сооружений и технических систем. Поэтому, в условиях возрастающей сложности современных зданий и сооружений и ужесточения требований к их надёжности и безопасности такой подход позволит сократить сроки реализации проектов и снизить затраты на строительство и эксплуатацию.

Список использованных источников

1. Бойков А.А. Теоретические основы и практические приложения компьютерной проверки решений конструктивных задач инженерной геометрии: автореферат дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 2.5.1 / Бойков Алексей Александрович. – Нижний Новгород, 2025. – 18 с.
2. Бойков А.А. О построении моделей объектов пространства четырех и более измерений в учебном процессе / А.А. Бойков // Геометрия и графика. – 2018. – Том 5, №4. – С. 54–71.
3. Хазов П.А. Методология цифровой поддержки и компьютерного моделирования динамических процессов: автореферат дис. на соискание ученой степени док. техн. наук: 2.5.1 / Хазов Павел Алексеевич. – Нижний Новгород, 2025. – 35 с.
4. Физическое и численное моделирование стальных и сталежелезобетонных конструкций из труб / И.В. Шкода, П.А. Хазов, А.П. Помазов, А.К. Ситникова, Д.А. Кожанов / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. Нижний Новгород, 2023. – 135 с.
5. Коротин А.С. Создание цифровой высотной модели с использованием открытых данных дистанционного зондирования Земли / А. С. Коротин, Е. В. Попов // ГрафиКон’2016 : Труды 26-й Международной конференции по компьютерной графике и зрению, GraphiCon 2016, Нижний Новгород, 19–23 сентября 2016 года. – Н. Новгород, 2016. – С. 400-403.
6. Коротин А.С. Методы повышения точности и достоверности цифровых моделей рельефа: автореферат дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 2.5.1 / Коротин Антон Сергеевич. – Нижний Новгород, 2025. – 18 с.
7. Роменский С.А. Алгоритмы преобразования чертежно-конструкторской документации в трехмерную каркасную модель: автореферат дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 2.5.1 / Роменский Сергей Александрович. – Нижний Новгород, 2025. – 20 с.
8. Организация переноса геометро-графической информации в базу данных для прикладной программы / Н.Л. Макаров, С.А. Роменский, С.И. Ротков [и др.] // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2016): труды XVI-ой международной молодёжной конференции, Москва, 17-19 октября 2016 года. – Москва: ООО «Аналитик», 2016. – С. 124-128.
9. Сербин С.А. Методическое обеспечение контроля качества цифровых информационных моделей объектов капитального строительства на этапе экспертизы проектных решений: автореферат дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 2.5.1 / Сербин Сергей Андреевич. – Ростов-на-Дону, 2024. – 25 с.
10. Сербин С.А. Разработка структуры требований к цифровым информационным моделям объектов капитального строительства на основе показателей качества / Н.И. Фомин, Н.Ю. Серегина, С.А. Сербин // Строительное производство. – 2024 – № 1 (49). – С. 36-45.

УДК 624.04:539.3

Калибровка модели пластического течения Друкера-Прагера в SCAD++ для физически нелинейного расчета неармированной каменной кладки

Королев С.Ю., студент; Поздеев М.Л., аспирант каф. ТСиТМ, канд. техн. наук*

* Ответственный за переписку: maksim.leon.pz@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В работе проведена калибровка модели пластического течения Друкера-Прагера для железобетона в программном комплексе SCAD++ для физически нелинейного расчета неармированной каменной кладки. Сравнивается применении функции повреждаемости, а также различных способов аппроксимации критерия Мора-Кулона критерием Друкера-Прагера для описания поверхности нагружения материала. Для валидации используются результаты известных экспериментальных исследований каменных стен на действие горизонтальной нагрузки. Методом наименьших квадратов проведена аппроксимация кусочно-заданной нелинейной кривой деформирования кусочно-линейной кривой. Для решенной задачи наилучшее соответствие графиков зависимости сдвигового нагружения от горизонтального перемещения верха стены наблюдается для численной модели с функцией повреждаемости и критерием Друкера-Прагера калиброванного относительно двухосных пределов прочности кладки.

Ключевые слова: каменная кладка, физическая нелинейность, калибровка модели, кривая деформирования, критерий прочности, критерий Друкера-Прагера, критерий Мора-Кулона, плоское напряженное состояние

Введение

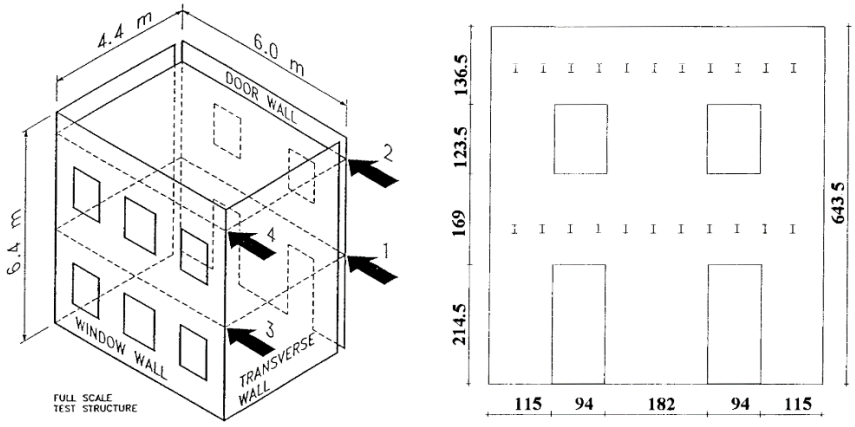
Расчет каменных зданий с учетом физической нелинейности является актуальной задачей строительной механики и инженерной практики при расчетах с учетом развития неупругих деформаций при неравномерных осадках, сейсмических и других особых воздействиях. В современных работах развиваются собственные модели с учетом ортотропии механических характеристик кладки, а также описаны варианты калибровки моделей бетона для прогнозирования поведения каменных конструкций [1]. Последние особенно актуальны в проектной практике, так как позволяют инженерам проводить такие расчеты в автоматизированном виде зарекомендовавшим себя методом конечных элементов. Целью данной работы стала калибровка известной модели пластического течения Друкера-Прагера в SCAD++ [2], разработанной для железобетона, для физически нелинейного расчета неармированной каменной кладки.

Экспериментальные данные для валидации

В данной работе калибровка модели пластического течения Друкера-Прагера для железобетона в SCAD++ применительной к каменным стенам при плоском напряженном состоянии выполнена на экспериментальных данных испытаний модели каменного здания на циклические воздействия [1]. При этом при решении задачи в квазистатической постановке

сравнивается вид полученной численно кривой деформирования с огибающей кривой циклических испытаний, как это было сделано в работе [3] при калибровке модели Drucker-Prager (DP) и Concrete Damaged Plasticity (CDP) в ABAQUS.

Модель представляет собой двухэтажное здание из каменной кладки с жесткими перекрытиями (рис. 1, а), для которого было рассмотрено в общей сложности семь конфигураций, варьирующихся в зависимости от расположения проемов с четырех сторон. Рассмотренная в работе конфигурация получила название «Door Wall» (рис. 1, б). Во время испытаний здание подвергалось циклическим перемещениям на уровне жестких перекрытий, чтобы получить распределение сил, пропорциональное сейсмическим нагрузкам. Размер в плане составляет 4,40 × 6,00 м, а общая высота – 6,43 м. Высота первого этажа составляет 2,83 м, второго – 2,94 м, толщина стен – 0,25 м. Значение механических свойств кладки принято аналогичным тем, что были определены при калибровке моделей ABAQUS в [3].



а б

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки (а)
и геометрия анализируемой стены (б) (Источник: [1])

Аппроксимация кривых деформирования кладки

В ранее упомянутой работе [3] кривая деформирования кладки с ниспадающей ветвью представлена кусочно-гладкими функциями, вид которых и значение параметров при одноосном сжатии и растяжении показаны в табл. 1 и рис. 2. При этом в модели CDP используется параметр повреждаемости $d = 1 - \sigma/\sigma_u$, где σ_u – напряжение, соответствующее пределу прочности при сжатии и растяжении.

Таблица 1 – Функции для кривых деформирования [1]

Вид кривой	Сжатие	Растяжение
Формулы	$\sigma_c = \begin{cases} f_{bc}\left[\alpha_a x + (3-2\alpha_a)x^2 + (\alpha_a - 2)x^3\right] & x \le 1 \\ f_{bc} x \Big/ \left(\alpha_d (x-1)^2 + x\right) & x > 1 \end{cases}$	$\sigma_t = \begin{cases} E_{cm}\varepsilon & x \le 1 \\ f_{bt} x \Big/ \left(\alpha_t (x-1)^{1,7} + x\right) & x > 1 \end{cases}$
Значения параметров	$x = \varepsilon/\varepsilon_{c1}$; $\alpha_a = E_{cm}/E_{c1}$; f_{bc}= 6,2 МПа; α_d = 0,4; E_{cm} = 1400 МПа; E_{c1} = 1240 МПа; ε_{c1} = 0,005	$x = \varepsilon/\varepsilon_{c1}$; f_{bt} = 0,25 МПа; α_t = 0,078; E_{cm} = 1400 МПа

Для проведения физически-нелинейного расчета в SCAD++ требуется задать вид кривых деформирования в терминах программного комплекса, в котором они задаются в виде кусочно-линейных функций (табл. 2, рис. 2). При этом вид ниспадающей ветви, определяющий

функцию повреждаемости, может быть представлен линейной, экспоненциальной или гиперболической зависимостью. Гиперболическая зависимость для данного случая не подходит, т.к. нет возможности регулирования скорости ее падения, а текущих характер такой кривой плохо аппроксимирует данные [1]. В работе выбрана линейная аппроксимация ниспадающей ветви, скорость которой регулируется параметром относительного модуля разупрочнения билинейной диаграммы при сжатии и растяжении, а также остаточной прочностью.

Значение требуемых параметров, представленных в табл. 2, получено методом наименьших квадратов путем минимизации среднеквадратичного отклонения напряжений по кусочно-линейной зависимости от криволинейной зависимости по данным [3].

Таблица 2 – Функции для кривых деформирования, заданные в SCAD++

Вид кривой	Сжатие	Растяжение
Формулы	$\sigma_c = \begin{cases} E_0\varepsilon & \varepsilon < \varepsilon_{c0} \\ f_{bc} & \varepsilon_{c0} \le \varepsilon < \varepsilon_{c2} \\ k_c E_0(\varepsilon - \varepsilon_{c2}) + f_{bc} & \varepsilon_{c2} \le \varepsilon < \varepsilon_{c3} \\ \alpha f_{bc} & \varepsilon \ge \varepsilon_{c3} \end{cases}$	$\sigma_t = \begin{cases} E_0\varepsilon & \varepsilon < \varepsilon_{c1} \\ k_t E_0(\varepsilon - \varepsilon_{c1}) + f_{bt} & \varepsilon_{c1} \le \varepsilon < \varepsilon_{c3} \\ \alpha f_{bt} & \varepsilon \ge \varepsilon_{c3} \end{cases}$
Значения подобранных параметров	E_0 = 1400 МПа; $\varepsilon_{c2}/\varepsilon_{c1} = 1{,}2$; f_{bc}= 6,2 МПа; α = 0,3; k_c = −0,17	E_0 = 1400 МПа; f_{bt} = 0,25 МПа; α = 0,3; k_t = −0,17

Вид полученных кривых показан на рис. 2.

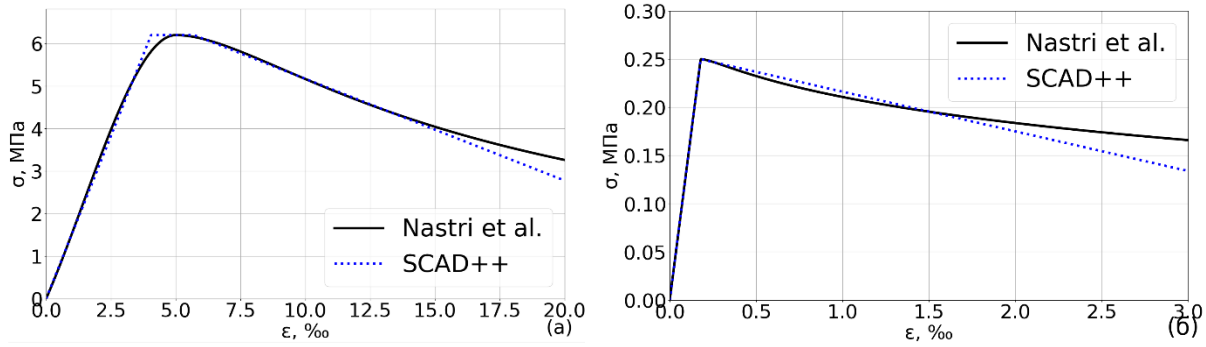


Рисунок 2 – Аппроксимация кривой деформирования:
а – при сжатии; б – при растяжении (Источник: составлено авторами)

Аппроксимация критерия Мора-Кулона критерием Друкера-Прагера

В работе исследуется применимость модели пластического течения Друкера-Прагера в SCAD++ для моделирования физически нелинейного поведения плоского напряженного состояния каменных стен. Ранее в статье был показан способ задания кривых деформирования, определяющих эволюцию поверхности нагружения, следующей важной составляющей для теорий типа течения является вид самой поверхности. В теории Друкера-Прагера поверхность нагружения представляет собой конус, расширяющийся в сторону увеличения гидростатического сжатия и вершиной в области трехосного растяжения. Достоинством критерия является его гладкость по всей поверхности (кроме вершины), однако в отличие от критерия Мора-Кулона его девиаторное сечение представляет собой окружность, т.е. не зависит от третьего инварианта тензора напряжений и может плохо описывать свойства разносопротивляющихся материалов с внутренним трением, к которым относится, в

частности, грунт [4, 5] и каменная кладка. В свою очередь критерий Мора-Кулона и описываемая им поверхность нагружения имеет большее количество недифференцируемых точек (вершина и ребра), что, в прочем, решается применением соответствующих математических методов.

В пространстве главных напряжений критерий Друкера-Прагера описывается уравнением вида:

$$\sqrt{J_2} = A + BI_1, \tag{1}$$

где $J_2 = \frac{1}{6}\left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2\right]$, $I_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$ – инварианты тензора напряжений.

Значения параметров A и B определяют вид критерия и способ аппроксимации критерия Мора-Кулана. В данной работе рассмотрено два способа аппроксимации:

1) по значению двухосной прочности (рис. 3, а) – по умолчанию в SCAD++;
2) по меридиану растяжения в координатах Хейга-Вестергаарда (рис. 3, б).

При этом для второго случая параметры пределов прочности на одноосное сжатие r_c и растяжение r_t, задаваемые в SCAD++, должны быть пересчитаны, исходя из значения начального сцепления c и угла внутреннего трения φ, характеризующих критерий Мора-Кулона:

$$r_c = \frac{2c\cos\varphi}{1+\sin\varphi};\ r_t = \frac{6c\cos\varphi}{3-5\sin\varphi},\ \text{где}\ \varphi = -\arcsin\left(\frac{R_c - R_t}{R_c + R_t}\right),\quad c = \frac{R_t(1-\sin\varphi)}{2\cos\varphi} \tag{2}$$

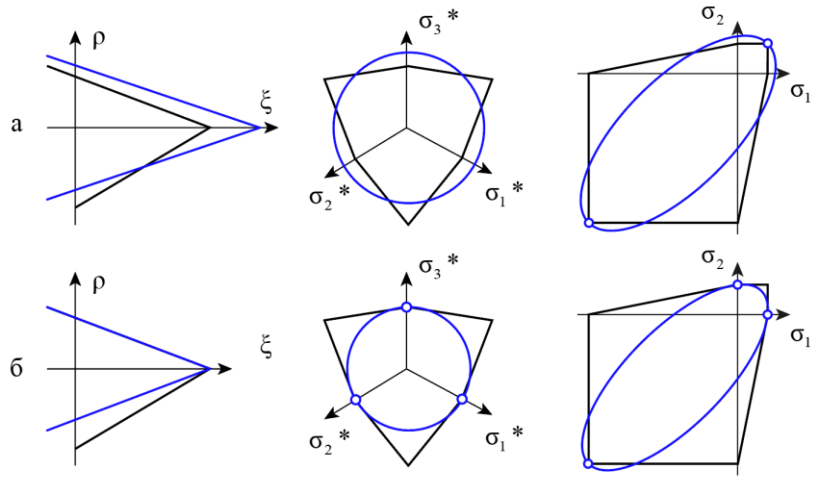
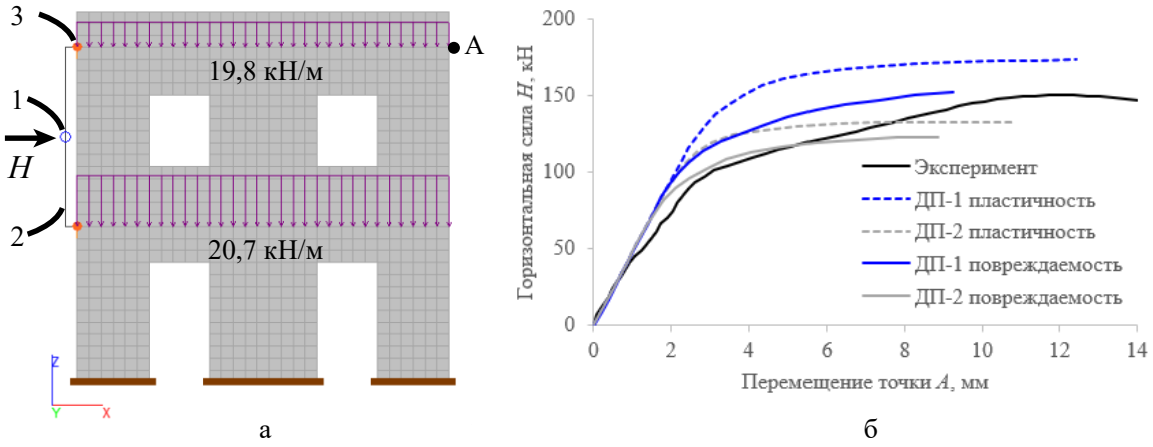


Рисунок 3 – Аппроксимация критерия Мора-Кулона критерием Друкера-Прагера:
а – по значению двухосной прочности; б – по меридиану растяжения
(Источник: составлено авторами)

Результаты численного моделирования

При выполнении численного моделирования (рис. 4) в SCAD++ был выполнен расчет четырех моделей Друкера-Прагера (ДП):

1) ДП-1 с аппроксимацией по двухосной прочности без учета повреждаемости;
2) ДП-2 с аппроксимацией по меридиану растяжения без учета повреждаемости;
3) ДП-1 с аппроксимацией по двухосной прочности с учетом повреждаемости;
4) ДП-2 с аппроксимацией по меридиану растяжения с учетом повреждаемости.



а б

Рисунок 4 –Расчетная конечно-элементная модель (а)
и кривые деформирования (б) (Источник: составлено авторами)

Наилучшее решение получено для модели Друкера-Прагера с учетом повреждаемости. При этом наблюдается хорошее соответствие кривых деформирования и значения максимальной сдвигающей силы. В части деформаций модель демонстрирует более жесткое поведение недооценивая развитие неупругих деформаций на ранних этапах нагружения.

Заключение

После проведения численного анализа в SCAD++ и рассмотрения четырех моделей с различными функциями аппроксимации поверхности нагружения и наличием функции повреждаемости были получены кривые деформирования в виде графиков зависимости горизонтальной силы от горизонтального смещения верха стены. Сравнение с экспериментальной кривой показало, что наиболее состоятельной для описанной расчетной схемы является модель с аппроксимацией критерия Друкера-Прагера по двухосной прочности с учетом функции повреждаемости.

Список использованных источников

1. Magenes, G. Seismic testing of a full-scale, two-story masonry building: test procedure and measured experimental response. Seismic testing of a full-scale, two-story masonry building / G. Magenes, G. Kingsley, G. Calvi. – 1995. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4590.2962

2. Фиалко, С. Ю. Применение метода конечных элементов к анализу прочности и несущей способности тонкостенных железобетонных конструкций с учетом физической нелинейности / С. Ю. Фиалко. – Москва : Издательство СКАД СОФТ, Издательский дом АСВ, 2018. – 192 р.

3. Nastri, E. Macromechanical Failure Criteria: Elasticity, Plasticity and Numerical Applications for the Non-Linear Masonry Modelling / E. Nastri, P. Todisco // Buildings. – 2022. – Vol. 12. – Macromechanical Failure Criteria. – № 8. https://doi.org/10.3390/buildings12081245

4. Jiang, H. A note on the Mohr–Coulomb and Drucker–Prager strength criteria / H. Jiang, Y. Xie // Mechanics Research Communications. – 2011. – Vol. 38. – № 4. – P. 309-314. https://doi.org/10.1016/j.mechrescom.2011.04.001

5. Wojciechowski, M. A note on the differences between Drucker-Prager and Mohr-Coulomb shear strength criteria / M. Wojciechowski // Studia Geotechnica et Mechanica. – 2018. – Vol. 40. – № 3. – P. 163-169. https://doi.org/10.2478/sgem-2018-0016

УДК 69.04

Особенности проектирования и расчета покрытия в виде комбинированной арочной системы культурно-образовательного центра

Королева Е.Ю. магистрант; Трянина Н.Ю., канд. техн. наук, проф. кафедры теории сооружений и технической механики*

* Ответственный за переписку: elizaveta_koroleva2001@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматриваются архитектурные особенности металлического арочного покрытия сложной геометрии: его форма, конструктивные преимущества перед другими системами и роль в формировании образа культурно-образовательного центра. Проводится анализ работы покрытия в виде комбинированной арочной системы с предварительно-напряженными веерными затяжками. На основе выполненных ранее исследований оценивается напряженно-деформированное состояние элементов конструкции при выбранных параметрах опор и величины натяжения. Даны практические рекомендации по последовательности задания предварительного натяжения канатов на этапе монтажа покрытия.

Ключевые слова: арочно-вантовая комбинированная система, светорассеивающая оболочка, веерные затяжки, усилия предварительного натяжения, нижняя затяжка, продольная сила и изгибающий момент в арке, геометрическая нелинейность.

Научный руководитель – профессор кафедры теории сооружений и технической механики, канд. техн. наук Трянина Надежда Юрьевна.

Введение

В современной музейной архитектуре наблюдается устойчивый тренд на поиск формообразующих решений, способных не только функционально организовать выставочное пространство, но и стать самостоятельной художественной доминантой. Одним из выразительных, но недостаточно изученных с конструктивной точки зрения приемов является использование комбинированных арочно-вантовых систем, которые обеспечивают архитектурную выразительность, конструктивную безопасность и высокую прочность. Однако важным вопросом является эффективное и экономное расходование материалов и ресурсов при возведении зданий. Несмотря на преимущества арочных конструкций, некоторые аспекты их применения остаются недостаточно изученными. Арочно-вантовые комбинированные системы представляют собой гибридную конструкцию, где арка сплошного сечения работает на сжатие, а предварительно-напряженные вантовые элементы – на растяжение. Используя эти системы, можно получить эстетически привлекательные и экономически эффективные решения для больших пространств. Исследования в этой области помогают оптимизировать проекты и улучшать эксплуатационные характеристики. Комплексный анализ работы конструкций выявляет их потенциал для различных задач и определяет направления для совершенствования [1, 2].

Структурная эффективность и функциональные особенности выбранного покрытия

В работе рассматривается инновационная конструкция светопрозрачного металлического покрытия, выполненного в стиле гиперболического параболоида для здания культурно-образовательного центра (рис. 1). Разработанная система перекрывает пролет 30 м без промежуточных опор и объединяет в себе структурную эффективность стальной сетчатой оболочки с функцией рассеянного естественного освещения.

Рисунок 1 – Общий вид здания культурно-образовательного центра (Источник: составлено авторами)

Для музейных учреждений данное покрытие дает уникальный набор качеств:

1) световой климат: вогнутая форма покрытия рассеивает и переотражает прямые солнечные лучи, в результате чего, в экспозиционной зоне отсутствуют слепящие блики и жесткие тени, а благодаря вставкам из многослойных светопрозрачных панелей на основе закаленного стекла, обеспечивается защита от ультрафиолета и термическое сопротивление, что предотвращает выцветание и повреждение экспонатов;

2) экспозиционная гибкость: обеспечивается свободным планом свободным планом 30×30 м. Отсутствие колонн позволяет трансформировать пространство под любые цели. Стальная сетка выдерживает точечные нагрузки до 200 кг на узел, что позволяет размещать тяжелые арт-объекты, медиа-экраны или климатическое оборудование;

3) акустические параметры: седловидная геометрия и стальной каркас предотвращают возникновения фокусированных эхо и стоячих волн (проблема купольных залов). Звук рассеивается хаотично, что критически важно для аудиогидов и мультимедиа. При необходимости, для улучшения акустических характеристик и избавления от порхающего эха могут использоваться акустические панели и баффлы;

4) психология восприятия: отсутствует «синдром туннеля». Светопрозрачное покрытие создает ощущение нахождения под открытым небом, но с защитой от осадков, что снижает усталость посетителей при длительных экспозициях.

Таким образом, применение разработанного светопрозрачного покрытия по мотивам гипара в музейном строительстве позволяет создать уникальную световоздушную среду, не достижимую для традиционных плоских или купольных перекрытий, снизить эксплуатационные расходы на освещение, а также получить архитектурный образ, ассоциирующийся одновременно с природной органикой и высокими технологиями, что повышает привлекательность музея как общественного пространства.

Особенности конструирования и расчета

В качестве объекта исследования было выбрано арочное покрытие сложной геометрии, напоминающее гиперболический параболоид (рис.2).

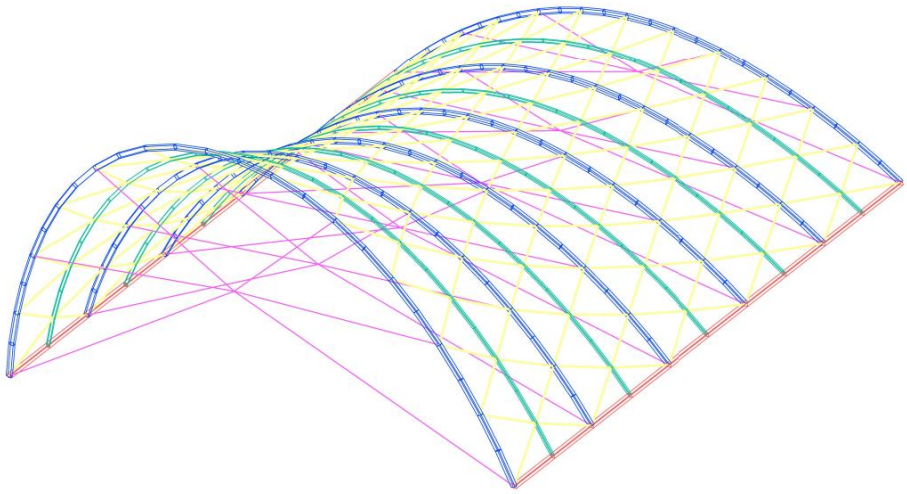


Рисунок 2– Схема покрытия (группы конструктивных элементов выделены разными цветами) (Источник: составлено авторами)

В ряде работ [3-5] сделан вывод о том, что системы с веерным расположением затяжек являются более экономичными по сравнению с другими вариантами, а высота расположения точки схода для затяжек принималась равной половине стрелы подъема арки для лучшего распределения усилий [4].

По результатам сравнения схем с различными видами затяжек и опор в прошлых исследованиях [5], известно, что вариант с веерными предварительно-напряженными затяжками и неподвижными опорами оказался наилучшим по всем ключевым прочностным и деформационным характеристикам: минимальные перемещения (высокая жесткость), наименьшие продольные усилия, изгибающие моменты, самая низкая материалоемкость. Однако такой вариант может использоваться только там, где есть возможность для восприятия распора другими конструкциями: пилонами, контрфорсами, плитами перекрытия, мощными фундаментами. В проектируемом здании была выбрана система с одной шарнирно-подвижной опорой и системой предварительно напряженных веерных затяжек.

Пролет конструкции составляет 30 метров, а стрела подъема арок варьируется от 15,0 до 6,0 м. Шаг арок 3 м, арки делятся на основные, опирающиеся на колонны, и второстепенные, которые опираются на балки. В качестве прогонов используются диагональные элементы в виде сетки с треугольной решеткой [5].

Статический нелинейный расчет конструкций арочного покрытия выполнен в соответствии с действующими нормативными положениями: СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*, СП 16.13330.2017. Поперечные сечения стальных конструкций подбирались по первому и второму предельному состоянию на самый неблагоприятный вариант из комбинации расчетных сочетаний нагрузок с помощью программного комплекса «SCAD», учитывающая геометрические параметры и характер распределения нагрузок (собственный вес, вес покрытия, снеговая нагрузка, ветровая нагрузка) с учетом геометрической нелинейности, применено 5 этапов нагружения. Дальнейшая обработка результатов статического расчета и проверка проводилась с помощью программы Microsoft Excel.

Введение системы веерных затяжек с предварительным натяжением показало следующие результаты: хорошее соотношение изгибающих моментов и продольных сил, вертикальные перемещения от наиболее невыгодных комбинаций загружений не превышают предельных значений (рис. 3).

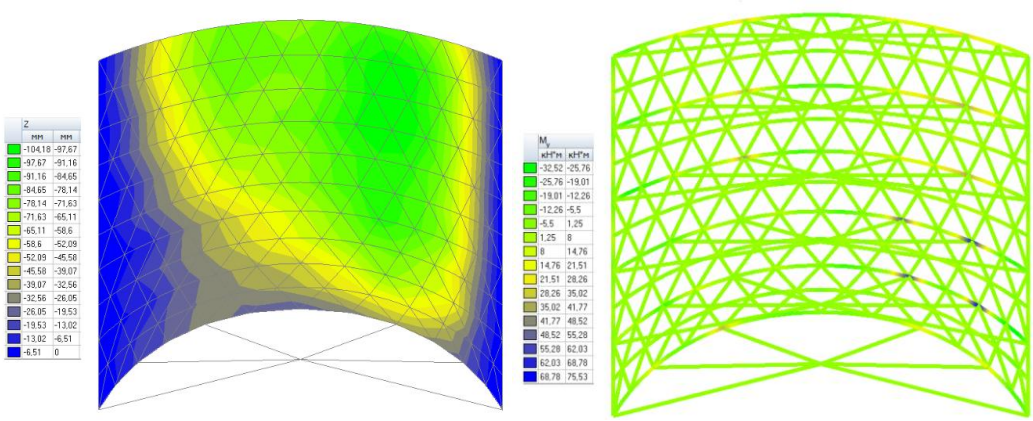


Рисунок 3 – Цветовое отображение вертикальных перемещений и изгибающих моментов при загружении – снег на весь пролет (Источник: составлено авторами)

При использовании предварительного натяжения в веерных затяжках виден эффект грамотного распределения усилий, улучшения напряженно-деформированного состояния несущих арок, однако немаловажен вопрос о сохранении устойчивости и прочности покрытия на этапе монтажа здания. Рассмотрен вопрос сохранения прочности и устойчивости при постепенном натяжении канатов на этапе монтажа конструкции.

Рекомендуется последовательное натяжение канатов: сначала нижние, так как на них в большей степени приходится распор, возникающий в арке, далее средние и верхние соответственно, чтобы компенсировать и выровнять возникающие изгибающие моменты по длине арки (рис. 4).

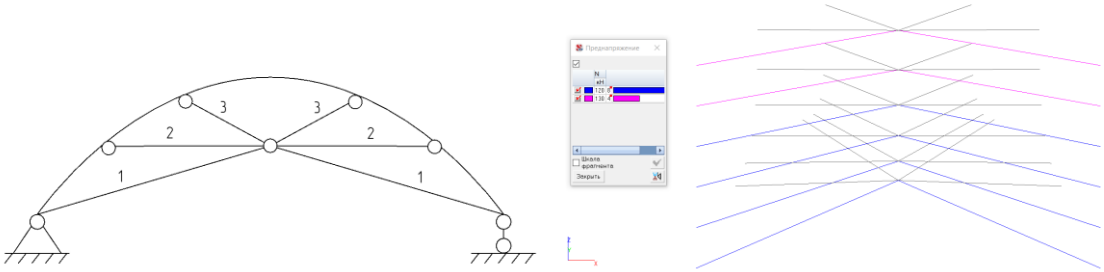


Рисунок 4 – Порядок задания предварительного натяжения канатам. Задание предварительного натяжения нижним затяжкам в ПВК SCAD++ (Источник: составлено авторами)

При последовательном натяжении конструкция не испытывает больших деформаций: на каждом этапе вертикальные перемещения увеличиваются не более, чем на 3 мм. Потери устойчивости не происходит (рис. 5).

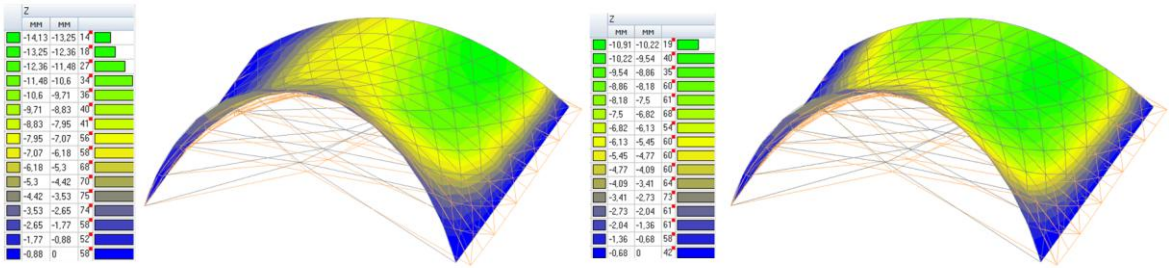


Рисунок 5 – Цветовое отображение вертикальных перемещений на первом и последнем этапе натяжения (Источник: составлено авторами)

Выводы

1) Разработанное светопрозрачное арочное покрытие в форме гиперболического параболоида сочетает конструктивную эффективность стальной сетчатой оболочки с уникальными эксплуатационными качествами: рассеянным естественным освещением, свободной планировкой, благоприятной акустикой и психологическим комфортом для посетителей культурно–образовательного центра;

2) Результаты нелинейного расчета показали, что при выбранной схеме (одна шарнирно-подвижная опора+ веерные затяжки с предварительным натяжением) вертикальные перемещения элементов покрытия от наиболее неблагоприятных сочетаний нагрузок не превышают предельно допустимых значений, что подтверждает достаточную жесткость и несущую способность системы;

3) Статический нелинейный расчет с учетом геометрической нелинейности подтвердил, что при введении системы веерных затяжек с предварительным натяжением достигается хорошее соотношение изгибающих моментов и продольных усилий в несущих арках;

4) Предложенный порядок последовательного натяжения канатов: от нижних к верхним обеспечивает плавное включение затяжек в работу без возникновения значительных деформаций и потери устойчивости.

Список использованных источников

1. Ибрагимов, А. М. Проблемы применения и проектирования арочных комбинированных систем / А. М. Ибрагимов, Л. Ю. Гнедина, В. В. Долгушева // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2021. – № 2. – С. 25-35. – DOI 10.25686/2542-114X.2021.2.25. – EDN PKRRXZ.

2. Михайлов В.В. Предварительно напряженные комбинированные стержневые и вантовые конструкции: Учебное пособие. – М: Изд.АСВ, 2002, с.256.

3. Долгушева, В. В. Сравнение работы арочно-вантовых комбинированных систем двух типов с простыми арками / В. В. Долгушева, А. М. Ибрагимов // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 6(90). – С. 621-632. – EDN SOCWGQ.

4. Королева, Е. Ю. Исследование работы сетчатого арочного свода с системой сходящихся затяжек / Е. Ю. Королева, Н. Ю. Трянина // Международная конференция Нижегородского Фестиваля науки : Сборник тезисов докладов, Нижний Новгород, 24–25 октября 2024 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 104-105. – EDN WFPOWA.

5. Трянина, Н. Ю. Работа арочно-вантовой комбинированной системы с веерными затяжками / Н. Ю. Трянина, Е. Ю. Королева // Приволжский научный журнал. – 2026. – № 1(77). – С. 66-72. – EDN JYXPAB.

УДК 624.19:624.15

Эффективность применения сейсмоизолированных фундаментов в районах с сейсмической активностью

Красильников В.В., студент; Сучкова Е.О., доцент*

* Ответственный за переписку: vaceslavkrasilnikov2@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается эффективность применения сейсмоизолированных фундаментов как одного из наиболее перспективных методов активной сейсмозащиты зданий и сооружений. Выполнен анализ современных отечественных систем сейсмоизоляции, включая кинематические фундаменты, резинометаллические опоры и сейсмоизолирующие скользящие пояса. На основе результатов численных и экспериментальных исследований, представленных в трудах российских ученых показано существенное снижение сейсмических нагрузок на надземные конструкции при использовании сейсмоизоляции.

Ключевые слова: сейсмостойкое строительство, кинематические опоры, резинометаллические опоры, скользящий пояс, эффективность сейсмозащиты.

Научный руководитель – доцент кафедры оснований, фундаментов и инженерной геологии ННГАСУ, Сучкова Елена Олеговна

Введение

Проблема обеспечения сейсмической безопасности зданий и сооружений остается одной из наиболее актуальных в современном строительстве, особенно для таких сейсмоопасных регионов России, как Камчатка, Сахалин, Курильские острова, Прибайкалье, Алтай, Северный Кавказ и Черноморское побережье [1]. Крупные землетрясения последних десятилетий продемонстрировали, что традиционные методы сейсмостойкого строительства, основанные на увеличении жесткости и прочности конструкций, не всегда обеспечивают требуемый уровень защиты.

В этой связи особую значимость приобретают системы активной сейсмозащиты, среди которых наиболее эффективными признаны системы сейсмоизоляции. Принцип их действия основан на смещении собственного периода колебаний сооружения в область более низких частот, где сейсмическая энергия минимальна, а также на диссипации энергии в специальных устройствах [2]. Цель настоящей работы – обобщение и анализ современных отечественных исследований, посвященных эффективности применения различных типов сейсмоизолированных фундаментов.

Классификация и принципы работы систем сейсмоизоляции. Основные типы сейсмоизолирующих устройств

Современные системы сейсмоизоляции фундаментов, согласно классификации, предложенной в работах А.М. Уздина и его соавторов [3], подразделяются на две основные категории: стационарные и адаптивные системы. В стационарных системах динамические

характеристики сохраняются в процессе землетрясения, в адаптивных – необратимо меняются, «приспосабливаясь» к сейсмическому воздействию.

Наибольшее распространение в отечественной и мировой практике получили следующие типы сейсмоизолирующих опор:

Резинометаллические опоры представляют собой многослойные конструкции из чередующихся слоев резины и стальных листов. Резиновые слои обеспечивают горизонтальную податливость, а стальные листы – высокую вертикальную жесткость, предотвращая выпучивание резины. Однако, стоимость таких фундаментов может достигать 30% от стоимости здания, а сами опоры обладают малой временной надежностью.

Кинематические опоры – одно из наиболее интересных отечественных разработок в области сейсмоизоляции. Принцип действия таких опор состоит в том, что во время землетрясения центр тяжести опор поднимается, в результате чего образуется гравитационная восстанавливающая сила. Колебания здания происходят около положения равновесия, а их частота и период зависят от геометрических размеров используемых опор [3]. На рис. 1 представлены различные типы кинематических опор.

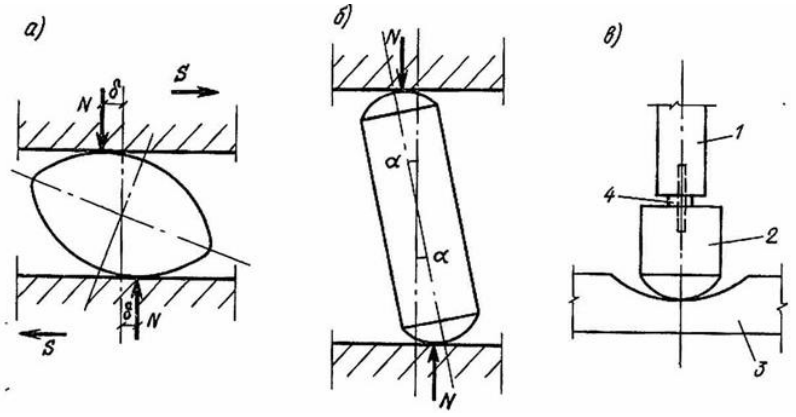


Рисунок 1 – Кинематические опоры, используемые для сейсмоизоляции зданий а – эллипсоиды вращения; б – стойка со сферическими поверхностями торцов; в – опора конструкции Черепинского (1 – колонна; 2 – подколонник; 3 – опорная плита; 4 – центрирующая шайба) (Источник: [4])

В работе [3] выполнен детальный анализ работы сейсмоизолирующих кинематических фундаментов на опорных элементах с отрицательной жесткостью. Авторами (А.М. Уздин, Ф.А. Доронин, Г.В. Давыдова и др.) получены уравнения колебаний здания на таких фундаментах. Показана невозможность применения традиционных методов линейно-спектральной теории для анализа их сейсмостойкости, поскольку рассматриваемые системы не имеют собственного периода колебаний, а при вынужденных колебаниях могут иметь неоднозначные решения. При корректном задании параметров отмечена возможность высокой эффективности применения указанных фундаментов.

Сейсмоизолирующий скользящий пояс.

Особого внимания заслуживает конструкция сейсмоизолирующего скользящего пояса, разрабатываемая в НИУ МГСУ под руководством проф. О.В. Мкртычева (рис. 2). Данная система представляет собой сплошной горизонтальный разрез в уровне фундамента, заполненный антифрикционным материалом [2].

В отличие от традиционных резинометаллических и маятниковых опор, скользящий пояс не требует заводского изготовления и может быть выполнен непосредственно на строительной площадке, что существенно снижает трудоемкость и стоимость работ [2].

Исследования Мкртычева О.В. и Мингазовой С.Р. показывают, что эффективность скользящего пояса зависит от правильного подбора коэффициента трения и учета наиболее

неблагоприятных акселерограмм землетрясений. При проведении исследований использовался прямой динамический метод, основанный на явной схеме интегрирования уравнения движения (метод центральных разностей). Для определения наиболее неблагоприятных акселерограмм землетрясений применялся метод, учитывающий все наиболее значимые собственные частоты рассматриваемого здания.

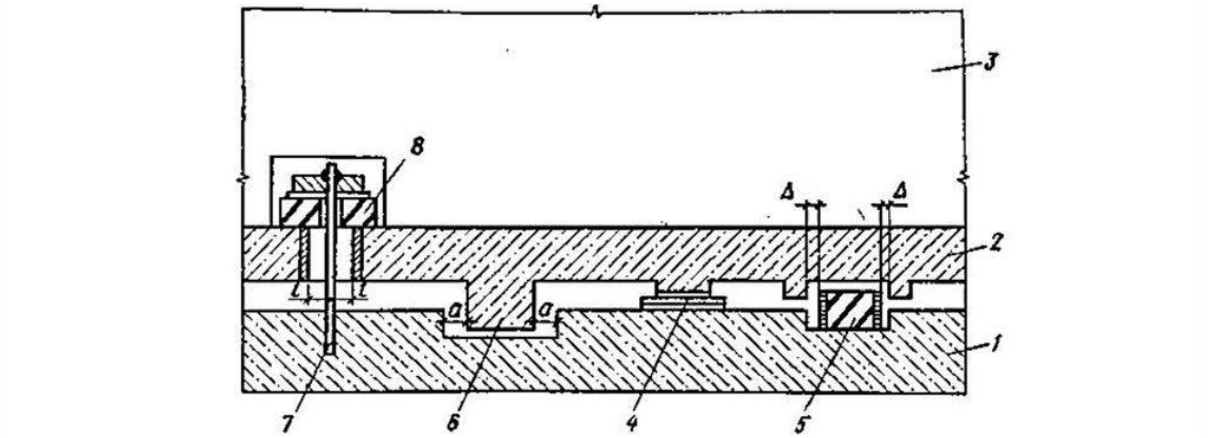


Рисунок 2 – Схема сейсмоизолирующего фундамента со скользящим поясом (Источник [2]). Примечание: 1 – верхняя обвязка фундаментов (стен подвала или технического подполья); 2 – ростверк; 3 – надземная конструкция здания; 4 – скользящая опора; 5 – упругий ограничитель горизонтальных перемещений (демпфер); 6 – жесткий ограничитель горизонтальных перемещений (упор); 7 – ограничитель вертикальных перемещений (вертикальная связь); 8 – вертикальный амортизатор.

Количественная оценка эффективности сейсмоизоляции

Снижение сейсмических нагрузок

Эффективность сейсмоизоляции оценивается по ряду критериев: снижение ускорений в надземных конструкциях, уменьшение относительных перемещений этажей (межэтажных сдвигов), перераспределение усилий и интенсивностей напряжений.

Исследования, выполненные Мкртычевым О.В. и Мингазовой С.Р. с использованием прямого нелинейного динамического метода, демонстрируют, что применение сейсмоизолирующего скользящего пояса обеспечивает существенное снижение сдвиговых перемещений и интенсивности напряжений в конструкциях зданий различной этажности [2].

Анализ полученных результатов показывает, что сейсмоизолирующий скользящий пояс эффективен для всех рассмотренных этажностей, однако характер напряженно-деформированного состояния имеет особенности: в более высоких зданиях возрастает роль высших форм колебаний, что требует тщательного подбора демпфирующих характеристик [2].

Проблемы расчета сейсмоизолированных фундаментов

Важный вклад в теорию расчета сейсмоизолированных фундаментов внесен А.М. Уздиным и его научной школой. В работе [3] убедительно показана невозможность применения традиционных методов линейно-спектральной теории для анализа сейсмостойкости зданий на кинематических фундаментах. Это связано с тем, что такие

системы не имеют собственного периода колебаний, а при вынужденных колебаниях могут иметь неоднозначные решения.

Учет грунтовых условий

Эффективность сейсмоизоляции существенно зависит от грунтовых условий площадки строительства. В обзорных исследованиях [3; 6] подчеркивается значимость учета взаимодействия в системе «грунт-фундамент-сооружение». Особенно это актуально для песчаных грунтов, подверженных разжижению и эффектам усиления колебаний.

Практический опыт применения в России

Россия имеет богатый опыт применения сейсмоизолированных фундаментов. На Камчатке еще в советское время институт «Камчатгражданпроект» занимался строительством жилых домов с использованием технологии кинематической сейсмоизоляции.

Особого внимания заслуживают работы Ю.Д. Черепинского, обобщенные в его сборнике статей «Сейсмоизоляция зданий. Строительство на кинематических фундаментах» (2009) [5]. Эта работа, содержащая богатый иллюстративный материал, является настольной книгой для многих проектировщиков, занимающихся сейсмоизоляцией.

Экономическая эффективность

По данным практикующих специалистов, применение кинематической системы сейсмоизоляции позволяет снизить материалоемкость строительного объекта на 10-20% и увеличить полезную площадь здания. При этом стоимость строительства здания, рассчитанного на землетрясение 7-9 баллов, не увеличивается.

Важно отметить, что сейсмоизоляция снижает воздействие колебаний земли на само здание с ускорений 7-9 баллов до 6 баллов, что соответствует шестикратной разнице в интенсивности. Это исключает возможность не только разрушения здания, но и развития трещин, выколов и иных повреждений, требующих капитального ремонта.

Список использованных источников

1. Амахин, А. От Петропавловска до Сочи: как архитекторы защищают здания от землетрясений / А. Амахин // Камчатский Край. – 2025. – 8 августа. – URL: *https://kam-kray.ru/news/40643-ot-petropavlovska-do-sochi-kak-arhitektory-zaschischayut-zdanija-ot-zemletrjasenii.html*

2. Мкртычев, О. В. Эффективность сейсмоизолирующего скользящего пояса при воздействии наиболее неблагоприятных акселерограмм землетрясения / О. В. Мкртычев, С. Р. Мингазова // Вестник МГСУ / Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. – Москва, 2024. – Т. 19, № 7. – С. 1104–1115. *https://elibrary.ru/ifmhjn*

3. Уздин, А. М. Анализ работы сейсмоизолирующих кинематических фундаментов на опорных элементах с отрицательной жесткостью / А. М. Уздин, Ф. А. Доронин, Г. В. Давыдова, Г. Э. Авидон, Е. А. Карлина // Основания, фундаменты и механика грунтов. – Москва, 2009. – № 4. – С. 2–7. *https://elibrary.ru/kwrvib*

4. Активная сейсмозащита зданий. Системы с кинематическими опорами. Схема // StudFiles. – 2016. – URL: *https://studfile.net/preview/5230142/page:13*

5. Черепинский, Ю. Д. Сейсмоизоляция зданий. Строительство на кинематических фундаментах : сборник статей / Ю. Д. Черепинский. – Москва : Синее яблоко, 2009. – 47 с. *https://elibrary.ru/tmfejl*

6. Ушаков, А. С. Методы сейсмоизоляции фундаментов сооружений / А. С. Ушаков // Технические науки: проблемы и перспективы : материалы I Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, март 2011 г.). – Санкт-Петербург : Реноме, 2011. – С. 180–186. *https://elibrary.ru/tkvhnt*

УДК 692.97

Технико-экономическое обоснование применения химических анкеров

Кривошапкина Е.А., студент; Хряпченкова И.Н., канд. техн. наук, проф. кафедры технологии строительства*

* Ответственный за переписку: krivoshapkina.2003@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье представлено технико-экономическое обоснование (ТЭО) применения химических анкеров в современном строительстве и реконструкции. Цель исследования – сравнительный анализ экономической эффективности и технической целесообразности использования химических анкеров относительно традиционных фундаментных болтов. Методология исследования основана на сопоставительном анализе по следующим ключевым критериям: Технические параметры: несущая способность при статических и динамических нагрузках, поведение в бетоне, работа в краевых зонах и при малых межосевых расстояниях, глубина заделки. Технологические аспекты: трудоемкость и скорость монтажа, требования к подготовке отверстий, зависимость от погодных условий, универсальность применения. Экономические показатели: анализ прямых затрат (стоимость материалов, трудозатраты) и косвенных выгод (сокращение сроков работ, повышение надежности конструкции, снижение рисков и затрат на будущий ремонт). Результаты исследования демонстрируют, что, несмотря на более высокую удельную стоимость материала, химические анкеры обеспечивают значительный совокупный экономический эффект в проектах, требующих повышенной надежности крепления, работы со сложными основаниями или монтажа в стесненных условиях. Определены конкретные области их приоритетного применения, где технические преимущества напрямую конвертируются в экономическую выгоду.

Ключевые слова: химический анкер, технико-экономическое обоснование (ТЭО), анкерное крепление стоимость жизненного цикла, строительная химия, сравнительный анализ.

Научный руководитель – профессор кафедры технологии строительства ННГАСУ, д-р филос. наук, канд. техн. наук, доцент Хряпченкова Ирина Николаевна.

В современном строительстве для фиксации оборудования, колонн и машин на бетонных фундаментах применяются два основных подхода: традиционные фундаментные болты и химические анкеры. Последние, активно набирающие популярность с 2000-х годов после появления на рынке таких составов, как HIT-RE 500 (компания Hilti), позволяют пересмотреть устоявшиеся технологические решения. В данной статье проводится комплексный сравнительный анализ эксплуатационных характеристик, технологических особенностей и экономической эффективности фундаментных болтов и химических анкеров.

Сравнительная характеристика фундаментных болтов и химических анкеров

Применение фундаментных болтов характеризуется такими преимуществами, как дешевая стоимость материалов и неограниченный срок хранения. К недостаткам относятся необходимость точной установки до бетонирования и невозможность монтажа в существующий фундамент без штрабления. Следует учитывать, что для фундаментных болтов требуется большая глубина заделки, составляющая 15–25 диаметров [1], а любые ошибки в позиционировании приводят к высокой трудоёмкости их исправления. Также к недостаткам относятся риск разрушения бетона по краям отверстия и возможная потеря несущей способности в трещиноватом бетоне.

В последние десятилетия всё чаще применяются химические анкеры – системы на основе эпоксидных, винилэфирных или полиуретановых составов. В отличие от фундаментных болтов, они обеспечивают соединение по всей длине штыря и не создают распорных напряжений в бетоне.

Преимущества химического анкера:

1. Не создаёт распорных напряжений и эффективно работает даже в потрескавшемся бетоне (в т.ч. с раскрытием трещин), низкопрочных материалах (пенобетон, газобетон), пустотелых конструкциях, водонаполненных отверстиях (для составов типа ТЕ 500) [2, 3].

2. Высокая несущая способность – химический анкер распределяет нагрузку равномерно по всей длине заделки, а не концентрирует её в точке расширения. И как результат – более высокая прочность на вырыв (на 30–60% по сравнению с механическими анкерами), а также эффективная работа при сейсмических и динамических нагрузках (вибрация) [4].

3. Монтаж в стеснённых условиях – фундаментные болты требуют значительных краевых расстояний и шага между анкерами – иначе бетон может разрушиться от распорных усилий [4, 5].

4. Монтаж в стеснённых условиях – можно устанавливать близко к краю плиты, а также допускаются меньшие расстояния между соседними анкерами [2, 3].

5. Идеален для реконструкции и монтажа в существующие конструкции [3].

6. Коррозионная стойкость. Полимерный состав полностью изолирует металлический стержень от агрессивной среды (отсутствие контакта с влагой и химикатами; встроенная защита от коррозии без дополнительных обработок).

7. Универсальность по материалам основания. Химические анкеры работают не только с бетоном, но и с натуральным и искусственным камнем, твёрдыми скальными породами, деревом, кирпичной кладкой [3].

Недостатки химического анкера:

1. Высокая стоимость материалов;

2. Критическая зависимость от качества подготовки отверстия. Требует идеальной очистки от пыли – продувка, чистка ёршиком, повторная продувка. При нарушении технологии адгезия резко падает, вплоть до полной потери несущей способности;

3. Зависимость от погодных и температурных условий:

– При отрицательных температурах требуются специальные «зимние» составы;

– Некоторые составы не работают в водонаполненных отверстиях;

– Время отверждения сильно зависит от температуры окружающей среды.

4. Ограниченный срок хранения. Химические составы имеют чёткий срок годности. Просроченный материал теряет свойства и не может использоваться;

5. Химическая безопасность. Многие составы содержат стирол и другие летучие вещества, поэтому они требуют работы в проветриваемом помещении, использования перчаток и респираторов, тщательной гигиены после работы.

Таблица 1 – Сравнение по ключевым параметрам

Параметр	Фундаментный болт	Химический анкер
Принцип работы	Механическое расширение, трение, зацепление	Химическая адгезия + механическое сцепление клея с бетоном
Наличие распора	Есть (создаёт напряжения в бетоне)	Нет (не создаёт напряжений)
Глубина заделки	15–25 диаметров болта (значительная)	Может быть меньше при той же несущей способности
Краевые расстояния	4 диаметров болта	1,7-4 диаметров болта
Межосевые расстояния	6 диаметров болта	1,7-4 диаметров болта
Нагрузка на вырыв	Ограничена прочностью бетона на растяжение	Высокая (за счёт равномерного распределения по длине)
Работа в бетоне с трещинами	Неэффективен – трещина снимает распорное усилие	Эффективен – клей заполняет трещины и работает
Работа в растянутой зоне бетона	Недопустима (зона с трещинами)	Допустима
Установка в водонаполненных отверстиях	Невозможна	Возможна (для эпоксидных составов)
Установка в слабых основаниях (газобетон, пустотелый кирпич)	Неприменима (распор разрушит материал)	Применима (клей укрепляет стенки отверстия)
Время до приложения нагрузки	28 суток (набор прочности бетоном)	24 часа (полимеризация при +20°С, готовый фундамент)
Возможность монтажа в готовый фундамент	Ограничена (требует специальных типов болтов)	Да (основное применение)
Точность позиционирования	Низкая (болты заливаются в опалубку)	Высокая (отверстие бурится точно в нужном месте)
Стоимость 1 узла	Ниже (только металл)	Выше (металл + дорогой клеевой состав)

На основе исходных данных, представленных в таблице 2, выполнен расчет прямых затрат для фундаментного болта типа 1 (представлен на рис. 1а) и химического анкера (представлен на рис. 1б). Результаты сравнения для одного и ста отверстий представлены в таблице 3.

а б

Рисунок 1 – Анкеры: а – Фундаментный болт типа 1, б – Химический анкер

Таблица 2 – Технические параметры

Параметр	Фундаментный болт (тип 1)	Химический анкер
Глубина заделки, мм	500	170
Диаметр отверстия, мм	–	22 (под стержень 20)
Требование к армированию бетона	высокое (конструктивное)	низкое
Возможность установки в стеснённых условиях	нет (нужна опалубка)	да
Время готовности к нагрузке	28 суток (твердение бетона)	24 часа (полимеризация)

Таблица 3 – Сравнительная таблица затрат на 1 и 100 отверстий

	на 1 отверстие		на 100 отверстий	
Статья затрат	Фундаментный болт	Химический анкер	Фундаментный болт	Химический анкер
Материал болта/стержня	236 руб.	200 руб.	23600 руб.	20000 руб.
Химический состав 1 туба	–	7000 руб.	–	7000 руб.
Химический состав на 1 отверстие	–	637 руб.	–	70000 руб.
Бурение отверстия (нормо-час)	0,08 чел./час	0,08 чел./час	0,08 чел./час	0,08 чел./час
Установка болта в опалубке	0,5 чел./час	–	0,5 чел./час	–
Бурение и очистка + инъекция	–	0,25 чел./час	–	0,25 чел./час
Стоимость 1 н-ч	750 руб.	750 руб.	750 руб.	750 руб.

При монтаже оборудования на фундаментные болты используется классическая схема:

1. Изготовление и установка шаблона (кондуктора) – геодезист выносит оси, проверяет положение каждого болта в плане, контролирует высотные отметки.

2. Фиксация болтов в опалубке – геодезическое сопровождение на всех этапах армирования и бетонирования.

3. Промежуточный контроль – после заливки бетона болты могут сместиться, требуется повторная проверка.

4. Приёмка – после набора прочности геодезист проверяет фактическое положение болтов.

Одной из наиболее существенных проблем является высокая чувствительность фундаментных болтов к точности позиционирования: смещение 5–10 мм может сделать невозможным монтаж оборудования. Исправить ошибку позиционирования невозможно – только штрабление, сварка или перебурка фундамента.

Требования к точности (типовые нормы):

– Смещение оси болта в плане: ±5 мм;

– Отклонение от вертикали: не более 1:2000;

– Высотная отметка резьбы: ±3 мм;

– Трудоёмкость геодезических работ (на 100 узлов);

– Разбивка осей: 2–4 часа;

– Установка и выверка шаблона: 1–2 часа на каждый узел (суммарно 100–200 часов);

– Контроль в процессе бетонирования: 4–6 часов;

– Исполнительная съёмка после бетонирования: 2–4 часа.

Сравнение затрат на геодезическое сопровождение при использовании химического анкера и фундаментных болтов приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнительная таблица затрат на геодезические работы

Показатель	Фундаментный болт	Химический анкер
Количество выездов геодезиста	3–4 раза	1 раз
Трудоёмкость (на 100 отерстий), чел/час	100	8
Стоимость геодезических работ (при 750 руб.– чел/час)	75000	6000 руб.
Риск переделки из-за ошибки позиционирования	Высокий (неисправим)	Низкий (исправим)

Затраты на геодезические работы при фундаментных болтах выше в 12–50 раз по сравнению с химическим анкером.

Прямые затраты составляют:

– Фундаментный болт: 23600+0,58·750·100+75000=142100 руб.

– Химический анкер: 20000+70000+(0,08+0,25) ·100·750+6000=120750 руб.

Таким образом, при переходе на химические анкеры экономия составляет ≈ 21350 тыс. руб.

Оценка рисков и ограничений

Химические анкеры чувствительны к влажности основания (не более 4% по массе), температуре при полимеризации (ниже +5°С требуется зимний состав), длительному нагреву выше +80°С (снижение адгезии). Фундаментные болты требуют безупречной установки до бетонирования и неремонтопригодны при ошибке в позиционировании.

Рекомендация: химический анкер предпочтителен при реконструкции, динамических нагрузках и жёстких сроках.

Вывод

Технически химические анкеры превосходят фундаментные болты по несущей способности на вырыв (на 30–60%) и позволяют монтировать крепления в уже готовом бетоне с минимальными краевыми расстояниями. Экономически при разовой установке прямые затраты сопоставимы. Серийное применение (от 50 узлов) даёт выигрыш за счёт сокращения продолжительности строительства и отказа от опалубки/армирования.

Рекомендуемая область применения химических анкеров: монтаж оборудования на действующих предприятиях, крепление к бетону классов (В15…В60), фиксация при вибрационных нагрузках.

Окончательный выбор должен основываться на ТЭО с учётом стоимости простоя, дефицита пространства и требований к надёжности.

Список использованных источников

1. ГОСТ 24379.1-2012 Болты фундаментные. Конструкция и размеры. – Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [сайт] – URL: *https://docs.cntd.ru/document/1200097393* – Текст : электронный.

2. Стандарт организации. Анкерные крепления к бетону правила проектирования. КНИГА 2. Нормированные параметры и коэффициенты для расчета анкеров Hilti СТО 36554501-048-2016*. – М: 2020. – URL: *https://1001krep.ru/f/sto_36554501-048-2016_prilozhenie_a_kniga_2_2020_1001krep.pdf* – Текст : электронный.

3. Швецова, В. А. Исследование свойств химического анкера на основе эпоксидной смолы / В. А. Швецова, М. Г. Ковалев // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19, № 10. – С. 1617-1628. – DOI 10.22227/1997-0935.2024.10.1617-1628. – EDN BYNLOP.

4. СП 513.1325800.2022 Анкерные крепления к бетону. – Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [сайт] – URL: *https://docs.cntd.ru/document/350276072* – Текст : электронный.

5. СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий – Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [сайт] – URL: *https://docs.cntd.ru/document/1200092709* – Текст : электронный.

УДК 624.042.4

Влияние актуализации СП 20.13330.2016 на риски обрушения кровель в снежные зимы Санкт-Петербурга

*Лёрик С.Р. *, студент; Болховитин М.В., студент; Вычужанин В.С., студент; Куприянов Л.С., студент*

* Ответственный за переписку: lerik.sr@edu.spbstu.ru
Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого

Аннотация. В статье рассматривается влияние актуализации СП 20.13330.2016 на оценку рисков обрушения и протечек кровель многоквартирных домов Санкт-Петербурга в условиях климатической нестабильности. Установлено, что прямые изменения снегового раздела внесены Изменением № 5, тогда как Изменение № 6 регулирует ветровые нагрузки и прогибы. Проанализированы ключевые нормативные сдвиги: отказ от автоматического применения пониженных коэффициентов, учет локального снегопереноса, влияния застройки и экстремальных воздействий. Для Санкт-Петербурга, характеризующегося частыми оттепелями и повторным замерзанием, показано, что основную опасность представляет не усредненная снеговая нагрузка, а комбинация неравномерного снегонакопления, увлажнения и обледенения узлов. Выделены наиболее уязвимые элементы кровли: парапеты, зоны водоотвода, примыкания к выступающим конструкциям и участки перепадов высот. Сформулированы практические инженерные рекомендации для проектирования, обследования и эксплуатации, ориентированные на приоритетный контроль критических зон в циклы «снегопад–оттепель–заморозок». Результаты работы позволяют корректировать проектные решения и повышать надежность типовых покрытий без применения сложного математического аппарата.

Ключевые слова: снеговые нагрузки, актуализация нормативной базы, кровли многоквартирных домов, эксплуатационные риски, узлы сопряжений

Цель исследования: сопоставить изменения по снеговым нагрузкам, актуализированные в СП 20.13330 в период выхода Изменения № 6 [1], с характером дефектов и протечек типовых кровель многоквартирных домов Санкт-Петербурга и выработать практические рекомендации по наиболее уязвимым узлам.

Установлено, что прямые изменения снегового раздела СП 20.13330 содержатся в Изменении № 5 [2], тогда как Изменение № 6 [1] затрагивает ветер и прогибы; одновременно Изменение № 1 к СП 54.13330 [3] уже ориентирует проектирование МКД на редакцию СП 20.13330 с изменениями № 1–5. Для Санкт-Петербурга это означает необходимость смещения фокуса от среднего районного значения нагрузки к уязвимым узлам кровли: парапетам, зонам водоотвода, примыканиям и участкам неравномерного накопления снега. Предложены инженерные рекомендации для проектирования, обследования и эксплуатации без применения сложного математического аппарата [1].

Актуальность работы определяется совпадением трех факторов. Первый фактор – климатическая нестабильность зимнего периода в Санкт-Петербурге: снегопады все чаще сочетаются с оттепелями, повторным замерзанием талой воды и быстрым изменением состояния кровельного покрытия и водоотвода. Второй фактор – обновление нормативной базы по нагрузкам и проектированию жилых зданий. Третий фактор – массовый характер типовых кровель МКД, где локальный дефект узла обычно имеет не частный, а повторяемый

характер: одна и та же схема примыкания, парапета или воронки воспроизводится на большом фонде домов [3].

Для достижения цели поставлены следующие задачи: выделить типовые конструкции кровель МКД; кратко сравнить прежний и обновленный нормативный подход к снеговым нагрузкам; определить узлы, наиболее чувствительные к изменениям снеговой обстановки; связать нормативные изменения с эксплуатационными рисками; предложить практические рекомендации без применения сложного математического аппарата.

Ключевой авторский результат состоит в следующем: прямые изменения раздела 10 «Снеговые нагрузки» СП 20.13330 внесены Изменением № 5 [2], а не Изменением № 6 [1]. В тексте Изменения № 6 [1] отражены поправки к разделу 11 «Воздействия ветра» и приложениям по прогибам и перемещениям; снеговой раздел в нем отсутствует. Одновременно Изменение № 1 к СП 54.13330 [3] переводит ссылочную базу для многоквартирных жилых зданий на СП 17.13330 с изменениями № 1–4 [4] и СП 20.13330 с изменениями № 1–5. Следовательно, если речь идет именно о снеговых рисках кровель МКД, нормативно корректно опираться не на формальное упоминание Изменения № 6 [1], а на содержательные снеговые новеллы Изменения № 5 [2] и сопряженные требования СП 17.13330 [4].

Содержательно в снеговом разделе произошли три принципиальных сдвига. Во-первых, новая редакция пункта 10.4 [1] усиливает требование учитывать не только типовые схемы приложения Б, но и иные формы покрытий, различные направления снегопереноса, влияние близко расположенной окружающей застройки, а также оценку объемов снегопереноса и снегонакопления. Во-вторых, пункт 10.11 [1] перестал трактовать пониженную снеговую нагрузку как автоматическое половинное значение: теперь она назначается в зависимости от расчетной ситуации, хотя и не может быть ниже 0,5 полного нормативного значения. В прежней редакции для районов со средней температурой января минус 5 °С и ниже применялось простое умножение на 0,5. В-третьих, введен пункт 10.14 [1] о необходимости учета экстремальных снеговых нагрузок по СП 296.1325800 [5]. Кроме того, в приложении Б для покрытий с парапетами дополнительно нормирован предел коэффициента формы, что фактически закрепляет парапет как самостоятельный локальный узел снеговой опасности.

Для Санкт-Петербурга особенно важна интерпретация пункта 10.11 [1]. По СП 131.13330 [6] средняя температура января для города составляет минус 6,5 °С, то есть формально он остается в диапазоне, где пониженное нормативное значение снеговой нагрузки может рассматриваться. Однако официальные материалы Санкт-Петербурга по адаптации к изменениям климата одновременно отмечают частый переход температуры через 0 °С и более частое таяние снега. Отсюда следует практический вывод: для Петербурга механическое использование «пониженной» снеговой схемы без анализа конкретной расчетной ситуации и без учета водоотвода становится инженерно рискованным. Нормативная логика также ушла от автоматизма: пониженное значение больше не должно пониматься как универсальная скидка на зиму, а должно проверяться по назначению конструкции и характеру ее работы [7].

Связь с СП 296.1325800 [5] требует еще одного уточнения. Изменение № 5 действительно ввело обязанность учитывать экстремальные снеговые значения по СП 296.1325800 [5] для населенных пунктов, включенных в таблицу А.1 приложения А. Однако Санкт-Петербург в этой таблице не указан; для северо-западного фрагмента таблицы А.1 приведено, например, Волосово Ленинградской области. При этом Санкт-Петербург прямо присутствует в таблице А.2 СП 296.1325800 [5] как пункт для экстремальной гололедной нагрузки с дополнительным коэффициентом 1,40. Для кровельного анализа это принципиально: в условиях Петербурга нормативное усиление эксплуатационного риска связано не столько с введением специального «экстремального снега» именно для города, сколько с сочетанием снеговой неравномерности и нормативно подтвержденной значимости гололедной обстановки. Иначе говоря, местная опасность формируется комплексом «снег – оттепель – повторное замерзание – обледенение водоотвода и примыканий» [4].

В процессе эксплуатации выделяется ряд наиболее уязвимых конструктивных узлов, подверженных повышенным рискам повреждения. Парапеты формируют локальные зоны снегозаноса, задерживают переносимый ветром снег и одновременно создают чувствительное вертикальное примыкание гидроизоляции. Зоны водоотвода – воронки, пониженные участки, ендовы и аварийные переливы – при оттепели именно здесь концентрируется талая вода, а при повторном замерзании образуются ледяные заторы, после чего нагрузочная проблема быстро превращается в застой воды и протечку. Примыкания к шахтам, машинным помещениям, стенам и иным выступающим элементам, где одновременно работают снегозанос, увлажнение и циклическое температурное воздействие. Наконец, участки неравномерного накопления снега возле перепадов высот и надстроек, особенно на длинных кровлях типовых секционных домов.

Практические рекомендации по уязвимым узлам:

1. Для проектирования совмещенных кровель МКД следует рассматривать не только равномерную схему снеговой нагрузки, но и локальные зоны накопления у парапетов, надстроек, шахт и перепадов высот; для длинных и секционных покрытий учет окружающей застройки и направлений снегопереноса должен выполняться как обязательная часть инженерной проверки, а не как исключение [5].

2. Для назначения пониженной снеговой нагрузки в Санкт-Петербурге недопустим автоматический подход. Даже при формальном соответствии критерию средней температуры января нужно оценивать расчетную ситуацию, тип узла и вероятность перехода снеговой нагрузки в режим талой воды и льда, особенно для кровель с историей протечек [5].

3. Для узлов водоотвода необходимо обеспечивать нормативную достаточность воронок, наличие аварийного перелива через парапет при необходимости, проектные уклоны к воронкам и эксплуатационный контроль их проходимости до и в ходе зимнего сезона. Именно эта зона должна рассматриваться как первичный индикатор кровельного риска [4].

4. Для парапетов и примыканий следует усиливать требования к защитному фартуку, состоянию парапетных плит, герметизации вертикальных сопряжений и дополнительным слоям гидроизоляции. В проекте капитального ремонта такие узлы следует принимать как самостоятельный объект проверки, а не как второстепенную деталь покрытия [4].

5. Для обследования и эксплуатации целесообразно применять приоритетный маршрут контроля: состояние защитного фартука парапета; влажность и повреждения в зонах воронок и ендов; трещины и разрывы у примыканий к шахтам и стенам; следы локального застоя воды; последствия неравномерной ручной уборки снега. Такой подход соответствует логике ГОСТ 31937-2024, где решение об инструментальном обследовании должно опираться на результаты подготовительного и визуального этапов [7].

6. Для эксплуатирующих организаций рационально связывать зимние осмотры не только с количеством выпавшего снега, но и с эпизодами «снегопад – оттепель – заморозок». Именно эта последовательность для Санкт-Петербурга наиболее опасна с точки зрения перехода локальной снеговой нагрузки в протечку, обледенение и ускоренное старение узлов [7].

Заключение:

1. Сопоставление нормативных документов показало, что прямое изменение раздела СП 20 по снеговым нагрузкам относится к Изменению № 5, тогда как Изменение № 6 касается ветровых воздействий и прогибов. Для темы кровель МКД это не формальная оговорка, а существенный результат, влияющий на корректность ссылочной базы статьи и проектных выводов [3].

2. Актуализированный подход СП 20 смещает акцент с упрощенного районного понимания снеговой нагрузки на расчетную ситуацию, локальный снегоперенос, снегозаносы у окружающей застройки и узловые зоны кровли. Это меняет не только расчет, но и логику инженерной оценки эксплуатационных рисков [5].

3. Для Санкт-Петербурга, где по СП 131 средняя температура января составляет минус 6,5 °С, а официальные региональные материалы одновременно фиксируют частые переходы через 0 °С, наибольшую опасность представляет не «средний снеговой фон» сам по себе, а сочетание снеговой неравномерности, водонасыщения и последующего обледенения [6].

4. Наиболее уязвимыми узлами типовых кровель МКД являются парапеты, зоны водоотвода, примыкания и участки локального накопления снега. Практическая ценность актуализации СП 20 для Санкт-Петербурга состоит в том, что она позволяет проектировщику и эксплуатирующей организации рассматривать эти узлы как приоритетные точки предотвращения протечек и зимних отказов [4].

Список использованных источников

1. Изменение № 6 к СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия». Утв. Минстроем России 05.09.2024, приказ № 597/пр. // Минстрой России : [сайт]. – URL: *https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/379953/* – Текст : электронный.

2. Изменение № 5 к СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия». Утв. Минстроем России 14.12.2023, введено в действие с 15.01.2024. // Минстрой России : [сайт]. – URL: *https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/361153/* – Текст : электронный.

3. Изменение № 1 к СП 54.13330.2022 «СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные». Утв. Минстроем России 19.09.2024, приказ № 630/пр. – URL: *https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=491747* – Текст : электронный.

4. СП 17.13330.2017 «СНиП II-26-76 Кровли» (с изменениями № 1–4). // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации справочных систем : [сайт]. – *URL: https://docs.cntd.ru/document/456081632* – Текст : электронный.

5. СП 296.1325800.2017. Здания и сооружения. Особые воздействия (с изменениями № 1, 2). // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации справочных систем : [сайт]. – *URL: https://docs.cntd.ru/document/555600219* – Текст : электронный.

6. СП 131.13330.2020. Строительная климатология (ред. от 30.06.2023). // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации справочных систем : [сайт]. – *URL: https://docs.cntd.ru/document/1313808224* – Текст : электронный.

7. ГОСТ 31937-2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации справочных систем : [сайт]. – *URL: https://docs.cntd.ru/document/1305691614* – Текст : электронный.

УДК 692.726

Инженерно-строительные аспекты проектирования и эксплуатации архитектурно-скульптурных монументов уникальных форм на примере скульптуры «Родина-мать зовет» в Волгограде

*Ложкина В.Е. *, студент*

* Ответственный за переписку: verae.255l@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрены инженерно-строительные аспекты проектирования, возведения и длительной эксплуатации архитектурно-скульптурных монументов уникальных форм на примере монумента «Родина-мать зовет!» в Волгограде. Проанализированы конструктивные решения, обеспечившие устойчивость сооружения: применение преднапряженного железобетона, система вертикальных и горизонтальных диафрагм, канатное преднапряжение, а также принцип гравитационной устойчивости без жесткой анкеровки к фундаменту. Описаны методы расчета динамических нагрузок, включая аэродинамическое совершенствование конструкции меча после выявления его повышенной парусности. Представлены результаты многолетних геодезических наблюдений за креном монумента, демонстрирующие устойчивую тенденцию к затуханию темпов отклонения. Освещены современные подходы к мониторингу технического состояния объекта, включая динамические испытания, лазерное сканирование и автоматизированный контроль напряженно-деформированного состояния. Обобщен опыт масштабной реставрации 2017–2020 годов, позволившей продлить срок службы уникального сооружения.

Ключевые слова: монумент «Родина-мать зовет!», преднапряженный железобетон, стальные канаты, динамическая устойчивость, ветровые нагрузки, мониторинг крена, реставрация, аэродинамическое демпфирование.

Научный руководитель – ассистент кафедры железобетонных, каменных и деревянных конструкций ННГАСУ Помазов Артем Павлович.

Введение

Монументальная скульптура, сочетающая в себе художественную выразительность и сложнейшие инженерные задачи, представляет собой особый тип сооружений, где архитектурная форма доминирует над утилитарностью, зачастую вступая в противоречие с законами статики и сопротивления материалов. Проектирование и эксплуатация таких объектов требуют междисциплинарного подхода, объединяющего архитектуру, строительную механику, материаловедение и современные методы мониторинга технического состояния.

Одним из наиболее ярких и технически сложных объектов данного типа является монумент «Родина-мать зовет!» – композиционный центр памятника-ансамбля «Героям Сталинградской битвы» на Мамаевом кургане в Волгограде. Возведенный в 1967 году по проекту скульптора Е. В. Вучетича и инженера-конструктора Н. В. Никитина, он до сих пор остается эталоном инженерного искусства и объектом пристального внимания специалистов в

области эксплуатации и реставрации. На момент создания это была высочайшая в мире скульптура, выполненная из преднапряженного железобетона.

Расчетная схема скульптуры и роль инженера Н. В. Никитина

Скульптура «Родина-мать зовет!» представляет собой фигуру женщины, шагнувшей вперед с поднятым в правой руке мечом и развевающимся шлейфом-шарфом. Динамичная поза, смещение центра тяжести относительно вертикальной оси и наличие протяженных консольных элементов (рука с мечом длиной 33 м, шарф) создают уникальную расчетную ситуацию.

Основные геометрические и весовые характеристики:

– высота фигуры – 52 м;

– общая высота с мечом – 85 м;

– масса скульптуры (без фундамента) – около 6000 т;

– масса фундамента – 2000 т;

– масса меча – 14 т.

Инженерное решение монумента базируется на концепции работы конструкции как консольного стержня переменного сечения с пространственной системой внутренних связей. Н. В. Никитин, одновременно работавший над Останкинской телебашней, применил ряд принципов, апробированных в высотном строительстве: преднапряжение, использование пустотелой оболочки и систему внутренних диафрагм. Принципиальная схема скульптуры представлена на рисунке 1.

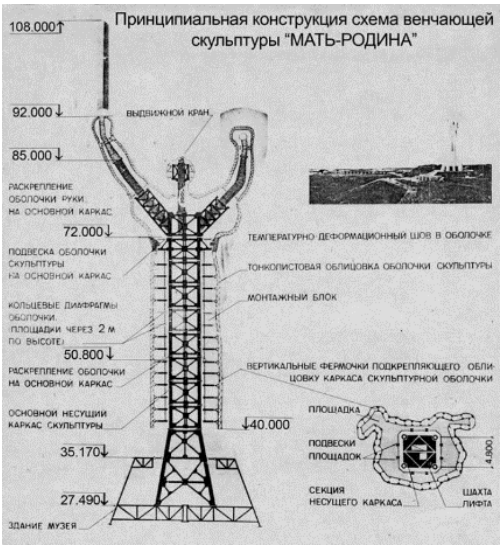


Рисунок 1 – Принципиальная конструктивная схема скульптуры «Родина-мать зовет!» (Источник: [1])

Расчетная схема учитывала: собственный вес и его неравномерное распределение; ветровые нагрузки (с учетом высокой парусности консольных элементов); температурные воздействия; сейсмичность площадки строительства.

Особенностью расчета стало определение точного положения центра тяжести скульптуры. Как отмечал сам Никитин, скульптура стоит на плите «как шахматная фигура на доске» – это смелое инженерное решение, не имевшее аналогов в мировой практике того времени.

Ветровая нагрузка стала определяющим фактором для консольных элементов. Первоначальный меч, представлявший собой стальной каркас, обшитый титановыми листами,

обладал высокой парусностью и создавал значительные динамические воздействия. При скорости ветра возникали вибрации, приводившие к усталостным явлениям в бетоне кулака и предплечья, а также к акустическому дискомфорту (скрежету металлических листов).

Выполненные аэродинамические расчеты выявили недостатки исходной формы меча, что потребовало его замены в 1972 году. Новая цельнометаллическая конструкция получила ромбическое сечение, а ее верхняя часть была оснащена щелевидными демпфирующими каналами. Это техническое решение позволило уменьшить парусность и обеспечить гашение колебаний [2].

Инженерные особенности возведения и конструктивные решения

Фундамент монумента представляет собой железобетонную конструкцию высотой 16 м, большая часть которой скрыта под землей. Он состоит из:

– нижней плиты размерами 23×23 м и толщиной 1,4 м;

– верхней плиты размерами 22,6×22,6 м и толщиной 0,7 м;

– системы стен толщиной 1,2 м, соединяющих плиты и образующих жесткую коробчатую конструкцию [3].

Выше фундамента расположен стилобат высотой 2,75 м – монолитная железобетонная конструкция, на которую свободно установлена скульптура. Ключевая особенность – отсутствие жесткой анкеровки статуи к фундаменту. Это решение, основанное на принципе гравитационной устойчивости, потребовало исключительной точности расчета положения центра тяжести.

Скульптура выполнена пустотелой, что позволило снизить массу при сохранении необходимой жесткости. Конструктивная схема включает:

1) вертикальные диафрагмы – стены, формирующие внутреннее пространство в виде системы ячеек 3×3 м. Толщина стен переменна: до отметки 8 м – 800 мм, выше – 250 мм;

2) горизонтальные диафрагмы – перекрытия, расположенные с шагом 4 м по высоте, связывающие вертикальные стены с внешней оболочкой;

3) внешняя оболочка толщиной 250 мм, жестко соединенная с внутренним каркасом [4].

Эскиз конструктивной схемы представлен на рисунке 2.

Для предотвращения растрескивания и обеспечения жесткости конструкции применена уникальная система из 117 стальных канатов (тросов) диаметром 38 и 19 мм. Канаты проходят внутри скульптуры от основания до уровня груди, а также в консольных элементах (руках и шарфе), воспринимая нагрузку до 65 т каждый. Они стягивают конструкцию, создавая предварительное напряжение, компенсирующее растягивающие усилия от изгиба.

Эта система позволила «вписать» статическую работу в пластичную форму скульптуры и обеспечить ее трещиностойкость при эксплуатационных нагрузках.

Бетонирование монумента велось ярусами с использованием деревянной опалубки. Применялся высококачественный бетон марки М400 (класс В35). К составу бетона предъявлялись повышенные требования по прочности, водонепроницаемости и морозостойкости. Армирование выполнялось горячекатаной арматурой диаметром 12 мм класса А300 и распределительной проволокой диаметром 6 мм. Все основные элементы имели двойное армирование.

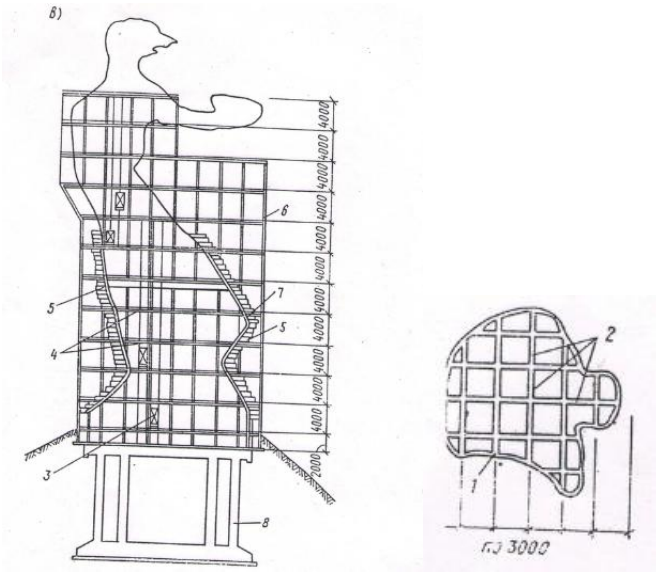


Рисунок 2 – Эскиз монумента «Родина-мать зовет!"(Источник: [2]);
1 – наружная железобетонная оболочка, 2 – система перекрестных железобетонных стен, 3 – подъемник, 4 – железобетонные перекрытия, 5 – сборные лекала внешней опалубки, 6 – регулярный стальной каркас для возведения монумента, 7 – гипсобетонное заполнение внешней опалубки, 8 – фундамент.

Первый меч, установленный в 1967 году, представлял собой стальной каркас, обшитый листами титана. Высокая парусность и недостаточная демпфирующая способность привели к ряду негативных явлений:

– вибрации меча при ветре, ощущавшиеся у подножия монумента;

– усталостные трещины в бетоне кулака и предплечья;

– скрежет металлических листов, создававший акустический дискомфорт.

В 1972 году меч был заменен на цельнометаллическую конструкцию ромбического сечения, выполненную из фторированной нержавеющей стали. Инженерные усовершенствования включали: щелевидные каналы в верхней части меча для снижения аэродинамического сопротивления; специальные демпфирующие устройства для гашения колебаний; антикоррозийное алюминиевое покрытие наружной и внутренней поверхностей.

После замены меча динамические характеристики системы «рука-меч» стабилизировались. Современные измерения показывают частоты собственных колебаний 1,44 Гц по малой диагонали и 1,77 Гц по большой диагонали, что подтверждает отсутствие резонансных явлений.

Современные методы мониторинга и реставрации

С момента строительства ведутся инструментальные наблюдения за деформациями монумента. Динамика крена монумента демонстрирует устойчивую тенденцию к затуханию: среднегодовые темпы отклонения снизились с 25,5 мм в 1966–1970 гг. до 2,0 мм в 2000–2008 гг. [2]. Максимально допустимый расчетный крен – 270 мм. Текущее отклонение находится в пределах допустимых значений. Наклоняется сама скульптура, тогда как основание практически не дало крена. Стабилизация деформаций в последние десятилетия свидетельствует об эффективности мероприятий по водоотведению и укреплению грунтов, проведенных в 1960-х годах [5].

В ходе реставрационных работ 2017–2020 гг. впервые применено лазерное сканирование наружной и внутренней поверхностей монумента с точностью до миллиметра. Полученные данные позволили:

– создать высокоточную цифровую модель текущего состояния;

– выявить дефекты, недоступные визуальному контролю;

– составить детальную карту трещин (общая протяженность внешних трещин превысила 12 км, внутренних – около 4 км);

– спланировать объемы ремонтных работ с высокой точностью.

В ходе масштабной реставрации 2017–2020 гг. было заменено 99 из 117 стальных канатов с оснащением их датчиками контроля натяжения и антикоррозийной смазкой, выполнена инъекционная заделка трещин полимерными составами, восстановлен защитный слой бетона на участках оголения арматуры, проведена очистка поверхности методом бластинга с последующей гидрофобизацией, а также осуществлено усиление наиболее ответственных зон композитными материалами на основе углеткани для повышения несущей способности без увеличения массы конструкции [3].

В настоящее время монумент оснащен системой непрерывного мониторинга напряженно-деформированного состояния (НДС), включающей датчики натяжения на всех канатах; тензометрические датчики на наиболее ответственных участках; термодатчики для контроля температурного режима; акселерометры для регистрации вибраций.

Заключение

Монумент «Родина-мать зовет!» – выдающееся инженерное достижение XX века, в котором нашли отражение применение преднапряженного железобетона, системы диафрагм, канатного преднапряжения, гравитационной устойчивости без анкеровки. Полувековая эксплуатация подтвердила расчеты инженера Н. В. Никитина, однако выявила такие уязвимости проектирования, как ветровые колебания консольных элементов и деградация бетона. Современный мониторинг (геодезия, лазерное сканирование, автоматизированный контроль НДС) и реставрация 2017–2020 гг. (замена канатов, инъектирование трещин, восстановление защитного слоя) обеспечили продление срока службы скульптуры. Опыт монумента актуален для проектирования уникальных архитектурно-скульптурных форм и разработки нормативной базы.

Список использованных источников

1. Отчет по результатам комплексного обследования строительных конструкций и основания главного монумента «Родина-мать зовет!» / АО «Институт Гидропроект». Волгоград – Москва, 2022. 145 с.

2. Мажбиц Г.Л., Рубен О.Д., Ильин Ю.А. Научно-исследовательское обоснование реставрации главного монумента памятника-ансамбля «Героям Сталинградской битвы» («Родина-мать зовет!») и разработка научно-проектной документации реставрационно-восстановительных работ : отчет / ОАО «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений». Москва – Волгоград, 2002. 312 с.

3. Никитин Н.В. О некоторых вопросах проектирования высотных железобетонных конструкций // Бетон и железобетон. 1968. № 5. С. 2–6.

4. Кузьменко, А. П. Контроль технического состояния бетонных плотин по динамическим характеристикам их колебаний / А. П. Кузьменко, П. Б. Бортников, В. С. Сабуров // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. – 2007. – Т. 248. – С. 64-76. – EDN IBWJDV.

5. Кузнецова С.В., Махова С.И., Степанова Е.А., Махов И.Д. Анализ проблем инженерно-геологических изысканий на территории г. Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 3(76). С. 32–40.

УДК 72.03:624.072.2.

Консольные здания в мировой архитектуре: конструктивные отличия и принципы работы элементов

*Любезнова М.А., студент; Кузнецова Е.А., студент; Облетов Е.Н. *, старший преподаватель кафедры ТСиТМ*

* Ответственный за переписку: e.obletov@splavnn.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматриваются особенности проектирования и возведения зданий с консольными конструктивными элементами. На основе анализа реализованных проектов в России и за рубежом выявлены основные принципы обеспечения несущей способности консолей из различных материалов. Рассмотрены особенности работы преднапряженных железобетонных конструкций, стальных ферменных систем и гибридных решений.

Ключевые слова: консоль, архитектура, конструкция, строительство, железобетон, металл.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры теории сооружений и технической механики ННГАСУ, Облетов Евгений Николаевич.

Консоль – это конструкция (например, балка или ферма), жестко закрепленная одним концом при свободном другом, или часть конструкции, выступающая за опору. Консоль применяется обычно в тех случаях, когда устройство дополнительных опор невозможно или нецелесообразно.

Применение консольных конструкций в зданиях становится все более востребованным благодаря возможности увеличить полезную площадь без расширения фундамента, создавать затененные общественные пространства под нависающими частями и формировать уникальный архитектурный облик, повышающий конкурентоспособность объекта. Современные материалы и численные методы расчета делают консольные решения надежными и экономически оправданными даже для больших вылетов.

Консольные здания требуют особого подхода к проектированию: главная проблема заключается в восприятии огромного изгибающего момента в зоне заделки. Решение этой задачи достигается разными методами в зависимости от материала и конструктивной схемы. Рассмотрим характерные примеры, демонстрирующие различные подходы.

Штаб-квартира компании Statoil по проекту архитектурного бюро A-lab в Осло (рис. 1) состоит из пяти трёхэтажных ортогональных модулей длиной 140 м и шириной 23 м, три из которых имеют консольную часть длиной 33 м. Между собой они соединены лифтами и лестницами, а также центральным атриумом, созданным с помощью криволинейных полностью остеклённых стен. Консоли объёмных элементов нависают над землёй на расстояние до 30 м.

Сами консоли представляют собой стальной каркас, выполненный в виде прямоугольной фермы с параллельными поясами высотой в три этажа, с дополнительными горизонтальными элементами, на которые опираются балки таврового сечения. По балкам уложены железобетонные плиты перекрытия. Масса одного элемента каркаса может достигать значения до 100 т [1].

Работоспособность консоли обеспечена четырьмя бетонными ядрами жёсткости, в которых размещены лестничные клетки и инженерные коммуникации; эти ядра воспринимают изгибающий момент от стальных ферм и передают его на фундамент. Сами фермы запроектированы по принципу самонесущих мостов, что позволяет каждому трёхэтажному модулю работать как единая жёсткая балка с вылетом 30 м без промежуточных опор.

Здание рассчитано на 2500 сотрудников и имеет общую площадь 65 000 кв. м.

Рисунок 1 – Штаб-квартира компании Statoil [Источники: 2,3]

Дом Знаний (La Maison du Savoir), кампус Люксембургского университета (рис. 2), возведён в 2009–2015 годах по проекту Baumschlager Eberle Architekten и Christian Bauer & Associés Architectes. Здание состоит из вертикального и горизонтального объёмов. Вертикальный 18-этажный блок (85 м) соответствует габаритам доменной печи, которая ранее располагалась в этом месте. Горизонтальный блок также имеет индустриальные очертания и напоминает мостовое сооружение. Общая протяжённость блока – 180 м. При этом он имеет центральный пролёт 45 м и две консольные части по краям длиной по 25 м каждая, которые выполнены из предварительно напряжённых бетонных конструкций.

Конструкция консоли представляет собой трёхпролётную неразрезную железобетонную балку, в которой два крайних пролёта (по 25 м) работают как консоли, опираясь на мощные постаменты-опоры. Один из этих постаментов вертикально продолжается вверх, образуя 18-этажную башню [4].

Работа элементов консоли обеспечена за счёт предварительного напряжения арматуры: в процессе изготовления в верхней зоне балки у заделки создаются сжимающие напряжения, которые компенсируют растяжение от внешней нагрузки. Это позволяет бетону, который плохо работает на растяжение, выдерживать значительные изгибающие моменты без образования трещин и недопустимых прогибов.[5] Дополнительную жёсткость всей конструкции придаёт двухслойный фасад: внутренний слой образует климатический барьер, а наружный выполнен в виде стальной сотовой структуры, которая работает как внешний армирующий каркас.

Рисунок 2 – Дом Знаний, кампус Люксембургского университета [Источники: 6,7]

Филиал Большого театра в Калининграде (рис. 3), архитекторы – бюро Snøhetta, возводится на острове Октябрьский с 2020 года. Здание имеет форму гиперболоида вращения, вдохновлённую балетным движением cou-de-pied. Общая площадь – 36 000 кв. м, большой зал – на 950 мест. Главная архитектурная особенность – навесная консоль, которая парит над землёй на высоте до 50 метров при общей длине вылета 80 метров.

Конструкция консоли представляет собой сложную пространственную стальную ферму, состоящую из двух частей – наземной (примыкающей к монолитному каркасу) и выносной («парящей»). Общий вес металлоконструкций консоли – 3 700 тонн. Монтаж вёлся одновременно с двух сторон здания с использованием двух кранов повышенной грузоподъёмности общим весом 950 тонн [8].

Работа элементов консоли обеспечена несколькими решениями. Во-первых, пространственная ферменная система перераспределяет нагрузки и обеспечивает геометрическую неизменяемость при рекордном вылете. Во-вторых, консоль жёстко защемлена в монолитном железобетонном ядре здания, которое воспринимает изгибающий момент и передаёт его на фундамент. В-третьих, наземная и выносная части соединены диагональной металлоконструкцией, проходящей через всё здание и работающей как дополнительный силовой пояс. Также учёт уникальности объекта потребовал индивидуальных технических условий и дополнительных расчётов устойчивости против опрокидывания, включая сейсмику и ветровые нагрузки для Балтийского региона.

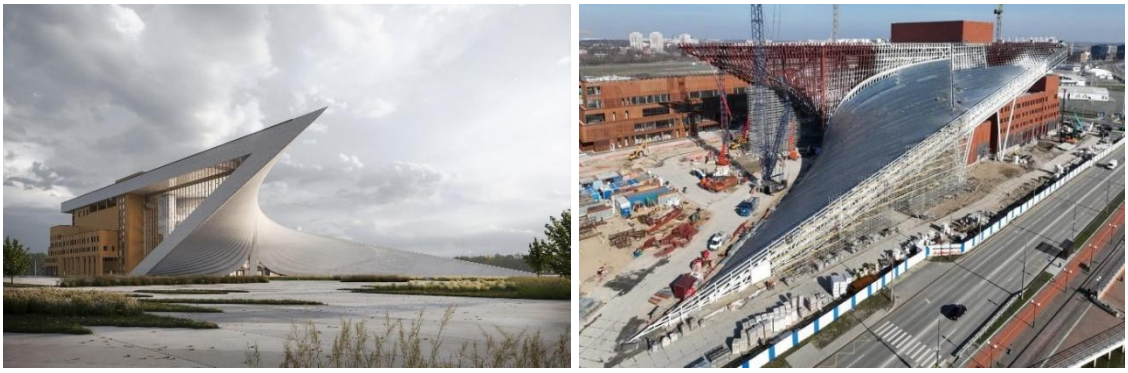


Рисунок 3 – Филиал Большого театра в Калининграде [Источники: 9,10]

Таким образом, анализ существующих зданий с консольной частью показывает, что консольные конструкции могут быть выполнены:

– в виде составных ферм или их блоков (штаб-квартира компании Statoil в Осло, где пять трёхэтажных модулей и работают как самонесущие мостовые фермы на четырёх бетонных ядрах жёсткости);

– из предварительно напряжённых железобетонных конструкций (здание Дом Знаний в кампусе Люксембургского университета, где горизонтальный блок решён как трёхпролётная неразрезная балка с консольными вылетами по 25 м, а предварительное напряжение арматуры компенсирует растяжение в верхней зоне у заделки)

– полностью из металлического каркаса (филиал Большого театра в Калининграде, где 80-метровая консоль выполнена в виде сложной пространственной стальной фермы, работающей как единая жёсткая конструкция без промежуточных опор);

При этом во всех случаях работоспособность консоли обеспечивается единым инженерным принципом: восприятие изгибающего момента в зоне заделки либо за счёт создания сжимающих напряжений в бетоне (преднапряжение), либо за счёт пространственной ферменной геометрии, перераспределяющей усилия на ядра жёсткости и фундамент.

Список использованных источников

1. Первый подснежник или уникальное офисное здание для норвежской компании Statoil – URL: *https://apartmentinteriors.ru/statoil/*

2. Statoil Regional & International Offices : [фотография] / W. Gurak // Flickr. – 2014. – 7 Aug. – URL: *https://www.flickr.com/photos/wojtekgurak/14849120482/*

3. Statoils Oslo-kontor : [фотография] / H. T. Pedersen // Wikimedia Commons. – 2011. – 20 Sept. – URL: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Statoils_Oslo-kontor.jpg*

4. Baumschlager Eberle Architekten · La Maison du Savoir / project leader E. Hasler – URL: *https://divisare.com/projects/316741-baumschlager-eberle-architekten-la-maison-du-savoir (accessed: 12.04.2026)*

5. СП 52-102-2004. Предварительно напряженные железобетонные конструкции от 24 мая 2004 г. № ЛБ-473/9. – Москва : ГУП ЦПП, 2005. – III, 68 с.

6. University of Luxembourg / world_of_education // Teletype. – 2020. – 21 May. – URL: *https://teletype.in/@world_of_education/GB0dOZVGy*

7. Maison du Savoir Belval construction site 2012-08 / Z. de B. // Wikimedia Commons. – 2013. – 3 Apr. – URL: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maison_du_Savoir_Belval_construction_site_2012-08.JPG*

8. Рождение Театра оперы и балета на острове Октябрьский : [о строительстве филиала Большого театра в Калининграде] / Группа компаний «Стройтрансгаз» – 2023. – 17 марта. – URL: *https://www.stroytransgaz.ru/pressroom/news/2023/03/11154/*

9. Культурный анклав: архитектурный гид по Калининграду : [о филиале Большого театра] // Среда для жизни [сайт] – URL: *https://средадляжизни.рф/journal/articles/kulturnyy-anklav-arkhitekturnyy-gid-po-kaliningradu/*

10. В Калининграде завершили возведение несущего каркаса филиала Большого театра // Новый Калининград.ру – 2025. – 12 мая. – URL: *https://www.newkaliningrad.ru/news/briefs/community/24122465-v-kaliningrade-zavershili-vozvedenie-nesushchego-karkasa-filiala-bolshogo-teatra-.html*

УДК 624.9:692.97

Применение заклепочных соединений в конструкциях инженерных сооружений В. Г. Шухова

*Масленникова А.А. *, студент*

* Ответственный за переписку: maslennikovaalina88@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье анализируется опыт применения заклепочных соединений в конструкциях выдающегося российского инженера В.Г. Шухова. Рассматриваются исторические предпосылки перехода от болтовых соединений к клепке, конструктивно-технологические особенности шуховских узлов, получивших название «сросток Шухова», а также современные проблемы сохранения объектов наследия в условиях утраты технологии горячей клепки. На примере реставрации Шуховской башни в Москве и Выксе анализируются современные методы восстановления – лазерная наплавка металла и замена заклепок на высокопрочные болты с сохранением исторического облика. Приводятся выводы, что заклепочные соединения обеспечили реализацию новаторских гиперболоидных конструкций, а их редкость в современном строительстве превращает шуховские сооружения в уникальные памятники индустриальной эпохи, требующие особых подходов к реставрации.

Ключевые слова: заклепочные соединения, металлические конструкции, В.Г. Шухов, гиперболоидные башни, «сросток Шухова».

Научный руководитель – преподаватель дисциплин профессионального цикла Колледжа ННГАСУ, ассистент кафедры железобетонных, каменных и деревянных конструкций ННГАСУ, Помазов Артём Павлович.

Инженерное наследие Владимира Григорьевича Шухова (1853–1939) занимает особое место в истории и развитии строительных конструкций. Сетчатые оболочки, гиперболоидные башни, арочные перекрытия (рис. 1) – такие конструктивные формы, впервые реализованные инженером Шуховым [1], определили вектор развития стального строительства на десятилетия вперед. Однако за внешней эстетикой шуховских сооружений стоит глубоко продуманная система соединений элементов, обеспечивающая надежность, технологичность и экономическую эффективность конструкций.

Особое место в этой системе занимают заклепочные соединения. Именно клепка являлась основным способом соединения металлических элементов в сооружениях Шухова с 1880 по1930-е годы. В настоящее время соединения на заклепках применяются нечасто, будучи вытесненными высокопрочными болтами и сваркой. Это обстоятельство придает наследию Шухова дополнительную ценность, но одновременно порождает сложные проблемы при реставрации.

В 1890-е годы Владимир Шухов изобрел первые в мире гиперболоидные конструкции и металлические сетчатые оболочки строительных конструкций, на основе структуры плетёных крестьянских корзин. Одной из сетчатых конструкций в форме гиперболоида вращения стала радиоантенная башня на Шаболовке, построенная в 1922 году. Она представляет собой однополостной гиперболоид вращения высотой 160 м, созданный из 80 прямых стальных профилированных балок. Для повышения прочности были добавлены восемь стальных колец, стягивающих конструкцию [2]. Но главной особенностью являлось то, что стальные профили

соединялись одним рядом заклёпок. Устойчивость башни обеспечивается не только за счет взаиморасположения балок, составляющих гиперболоиды, но и благодаря некоторой доле подвижности клепаных соединений, в отличие от сварных или болтовых.

До начала XX века для соединения стержней использовались в основном болты, однако это решение имело такие недостатки как высокие требования к точности изготовления отверстий, трудоемкость сборки, неустойчивость к динамическим нагрузкам. В дальнейшем в конструкциях Шухов стал применять технологию, в которой монтажные соединения выполнялись на болтах, обеспечивая удобство сборки, с последующей заменой болтового соединения заклепочным, обеспечивающим надежность соединения.

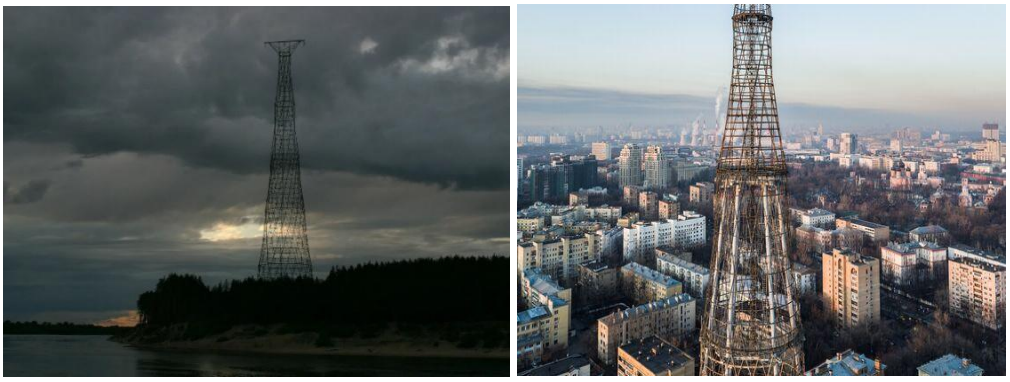


Рисунок 1 – Металлические конструкции В. Г. Шухова на Шаболовке в Москве и в Дзержинске на Оке

До сегодняшнего дня сохранились уникальные конструкции складских павильонов – пакгаузов – которые проектировались для Всероссийской промышленной и художественной выставки 1896 года в Нижнем Новгороде. Именно в этих пакгаузах Шухов впервые в мире применил двухпоясные арочные сетчатые покрытия (сетчатые оболочки). Это были не фермы в классическом понимании, а легкие, ажурные конструкции, состоящие из тонких стальных профилей. Конструкция пакгаузов имеет расход металла почти в два раза меньше, чем традиционные стропильные фермы того времени. Сегодня выставочные пакгаузы отреставрированы и занимают свое место на Стрелке (рис. 2). Для сохранения исторического облика соединения стальных конструкций выполняют на болтах, имитирующих заклепки.

Рисунок 2 – Выставочные пакгаузы на Стрелке

Полный переход от болтовых соединений к клепаным, осуществленный на предприятиях строительной конторы А.В. Бари, выполняющей в России большую часть заказов на производство металлических конструкций, стал важным фактором снижения себестоимости и повышения производительности труда [3]. Разработанная Шуховым методика расчета клепаных узлов облегчила внедрение оригинального сопряжения, получившего название «сросток Шухова».

Заклепочные соединения, в отличие от сварки или клея, обеспечивают механическую фиксацию, которая устойчива к вибрациям и ударным нагрузкам. Кроме того, преимуществом является факт того, что при выполнении соединения не происходит нагрев соединяемых элементов, не возникают термические напряжения, не пережигается металл [4]. Заклепки находят свое применение в основном в авиа– и судостроении, пролетных стальных конструкциях мостов (рис. 3) – в ответственных узлах элементов, подверженных действию вибрационных и динамических нагрузок.

Рисунок 3 – Заклепочные соединения металлических конструкций Крымского моста в Москве (Источник: Составлено автором)

Ключевая проблема реставрации шуховских объектов заключается в том, что технология горячей клепки в промышленных масштабах утрачена. Разборка узлов стальных конструкций для удаления продуктов коррозии и восстановления целостности элементов невозможна без удаления заклепок, а повторное применение заклепок на ослабленном металле невозможно из-за риска его разрушения при клепке, которая технологически сопровождается мощными ударами при обжиме.

Уникальный опыт реставрации и перемещения Шуховской башни в Выксе (рис. 4), завершенный в октябре 2025 года, демонстрирует современные подходы к сохранению шуховского наследия. Башня, простоявшая более 90 лет на территории завода, была бережно разобрана на более чем 500 элементов, каждый из которых отреставрирован. Было сохранено около 95% оригинального металла Интересным технологическим решением стало использование лазерной пайки (наплавки) для восстановления геометрии сечений в местах утраты металла. Эта технология позволяет восстанавливать элементы без их замены, сохраняя аутентичность. Подготовка к перемещению заняла 7 лет – инженеры Выксунского завода ОМК и Центрального НИИ промышленных зданий разрабатывали технологию с нуля, поскольку оригинальные методы сборки были утрачены [5, 6]. Результатом стало не только сохранение уникального объекта, но и создание методики, которая может применяться для реставрации других шуховских сооружений.

Другим вариантом восстановления является композитное усиление с использованием углепластиковых лент (CFRP), которое может применяться для разгрузки исторических заклепочных швов, работающих на сдвиг. Такая технология не нарушает аутентичности, так как накладывается поверх существующего металла.

Рисунок 4 – Водонапорная башня в Выксе (Источник: Составлено автором)

В настоящее время соединения на заклепках применяются нечасто. В современном промышленном и гражданском строительстве они практически вытеснены болтовыми соединениями и автоматической сваркой. Связано это в первую очередь с тем, что на сегодняшний день утрачена школа клепальщиков, а технология устройства заклепочных соединений требует высокой квалификации мастера и более высоких материальных и временных ресурсов, чем установка болтов или сварка в заводских условиях.

В редких случаях, например, при ремонте мостов и магистралей, подверженных интенсивным динамическим и вибрационным нагрузкам, а также при реставрации металлических конструкций XIX века, имеет место возвращение к устройству соединений на заклепках. Однако, в проектах реставрации последних лет (ремонт Шуховской башни на Оке, замена элементов в пакгаузах на Стрелке, восстановление водонапорной башни в Выксе) демонтированные пришедшие в непригодность элементы заменяются новыми, а заклепки имитируются с помощью высокопрочных болтов с потайными головками.

Таким образом, отказ от технологии соединения металлических конструкций на заклепках в массовом строительстве делает сооружения Шухова уникальными «памятниками индустриальной эпохи».

Список использованных источников

1. Кунавина, М. О. Шухов В.Г.– выдающийся инженер России / М. О. Кунавина // 300-летие Отечественной науки : материалы Международной научно-практической конференции, Москва, 24–25 апреля 2024 года. – Москва: Национальный исследовательский университет МЭИ, 2024. – С. 77-83. – EDN CPNHYY.

2. Виноградова, Т. П. В.Г. Шухов. Нижегородские проекты / Т. П. Виноградова // Гений В.Г. Шухова и современная эпоха : Материалы Международного конгресса, Москва, 17–18 апреля 2014 года / Под редакцией Н.Г. Багдасарьян, Е.А. Гаврилиной. – Москва: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2015. – С. 108-114. – EDN SAHGNE.

3. Андреев, Н. И. Котельщики : гороховецкие отходники -– 2-е изд» испр. и доп. / Н. И. Андреев. – Владимир: Транзит-ИКС, 2012. – 248 с .: ил. *https://fulltext.lib33.ru/biblioteka/r/rk/01esb/01_04zus/rk000000338/FB/*

4. Сафронов, И. В. Заклепочные соединения. Достоинства, недостатки, область применения / И. В. Сафронов, А. В. Кох, И. В. Беляева // Избранные доклады 70-й Юбилейной университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых : Материалы конференции, Томск, 18 апреля 2024 года. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 639-641. – EDN GLYYJL.

5. Водонапорная башня в Выксе – Музей истории ВМЗ. – URL: *https://vyksa-usadba.ru/tactile-models/vodonapornaja-bashnja-v-vykse/* (дата обращения: 15.03.2026). – Текст : электронный.

6. Шуховская башня в Выксе обрела вторую жизнь – Лента новостей Нижнего Новгорода. – URL: *https://nn-news.net/society/2025/10/14/799902.html* (дата обращения: 15.03.2026). – Текст : электронный.

УДК 004.942

Верификация системы расчета аэродинамических параметров глобоидных поверхностей

*Молоснова Н.Д. *, студент*

* Ответственный за переписку: n.m.02@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы верификации специализированной системы расчета аэродинамических параметров глобоидных поверхностей. Верификация выполнена путем сопоставления результатов, полученных в разработанной системе, с данными моделирования в программно-вычислительном комплексе Ansys CFX на примере здания в форме гиперболоида вращения. Выполнен сравнительный анализ распределения аэродинамических коэффициентов по поверхности конструкции: выявлены зоны приемлемой сходимости результатов и области критических расхождений. Предложены направления дальнейшего развития системы, включая расширение параметрической базы и переход к гибридным методам расчета.

Ключевые слова: глобоидные поверхности, гиперболоид вращения, верификация, аэродинамические коэффициенты, Ansys CFX, ветровые нагрузки.

Научный руководитель – профессор кафедры теории сооружений и технической механики ННГАСУ, доктор технических наук, доцент Хазов Павел Алексеевич.

Введение

Современное строительство и машиностроение всё чаще обращаются к сложным криволинейным формам, таким как глобоидные и гиперболоидные поверхности, обладающим высокими конструктивными и аэродинамическими качествами. Однако определение ветровых нагрузок на такие объекты традиционно требует проведения дорогостоящих натурных или численных экспериментов [1]. Поскольку аэродинамическое поведение таких объектов существенно отличается от традиционных призматических или цилиндрических форм, а существующие нормативные документы, в частности СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», не содержат прямых указаний по определению ветровых нагрузок для поверхностей сложной геометрии.

В ходе проведения комплексного исследования, включающего и физические испытания, и численный расчет, была разработана специализированная система расчета аэродинамических параметров глобоидных поверхностей, позволяющая получать распределение ветрового давления по поверхности в автоматизированном режиме [2].

Целью настоящей работы является верификация разработанной системы путем сопоставления ее результатов с данными моделирования в программно-вычислительном комплексе Ansys CFX.

Объектом исследования выступило здание, архитектурная форма которого представляет собой гиперболоид вращения, размеры: $H = 165{,}0$ м (высота); $R_1 = 28{,}7$ м (нижнего основания); $R_2 = 17{,}95$ м (верхнего основания); $r = 15{,}62$ м (горловины – наиболее узкой части).

Постановка задачи

Система расчета аэродинамических параметров глобоидных поверхностей представляет собой специализированное программное обеспечение, созданное в рамках работы над разработкой проекта рассматриваемого здания. Основным назначением данной системы является оперативное получение полей давления и аэродинамических коэффициентов без проведения трудоемких расчетов в универсальных CFD-пакетах.

Разработанная система базируется на результатах параметрических исследований 28 цифровых моделей глобоидных поверхностей, выполненных в Ansys CFX [2]. Алгоритмы системы основаны на упрощенных математических моделях и методах пограничного слоя, адаптированных для тел вращения со слабой кривизной. Интерфейс программы позволяет ввести геометрические параметры формы и получить распределение аэродинамических коэффициентов по дискретной сетке (рис. 1а, 1б).

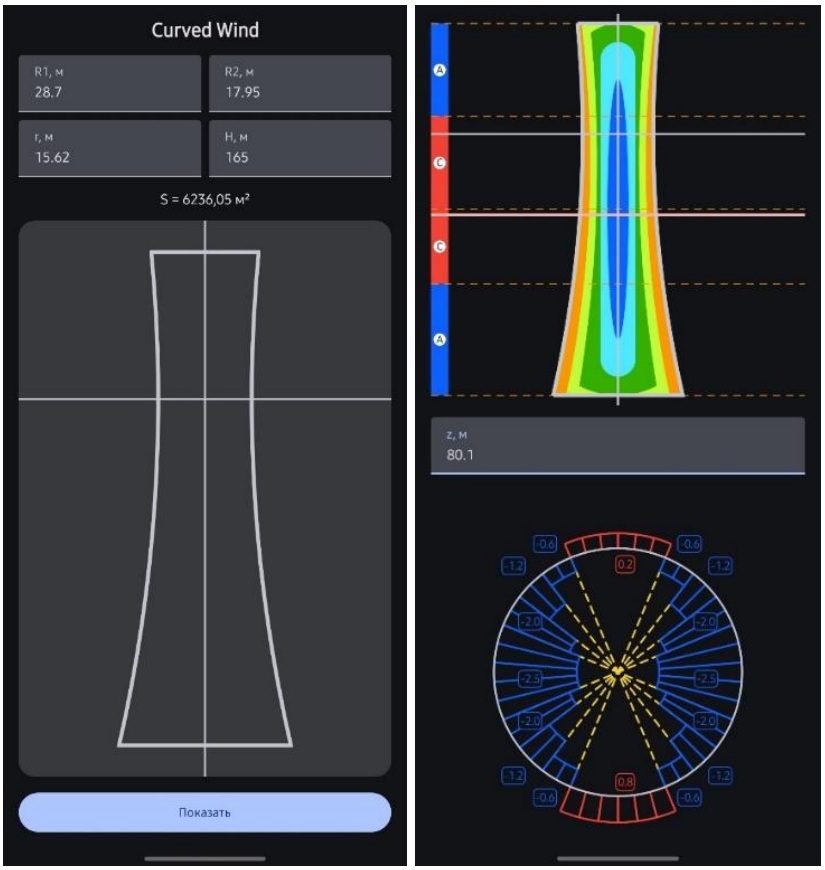
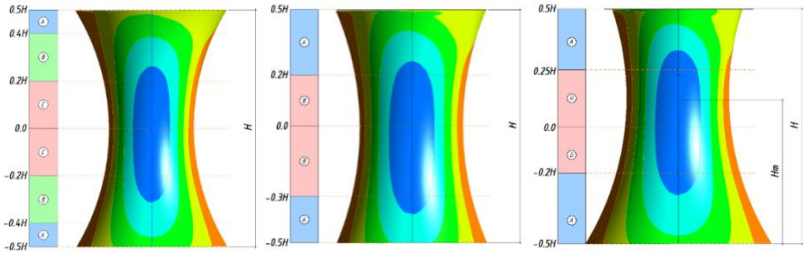


Рисунок 1 – Интерфейс системы автоматизированного проектирования: а) начальный экран (с указанием геометрических параметров объекта исследования); б) экран вывода результатов расчета пола (Источник: Составлено автором)

В частности, по укрупненным показателям расчета исследованных моделей вся поверхность оболочки, как по горизонтали, так и по вертикали разбита на несколько характерных секторов (рис. 2а, 2б, 2в).

Форма здания, рассматриваемого в настоящей работе подходит под картину распределения 3 (рис. 2а), при $R_1 \neq R_2$.



а) б) в)

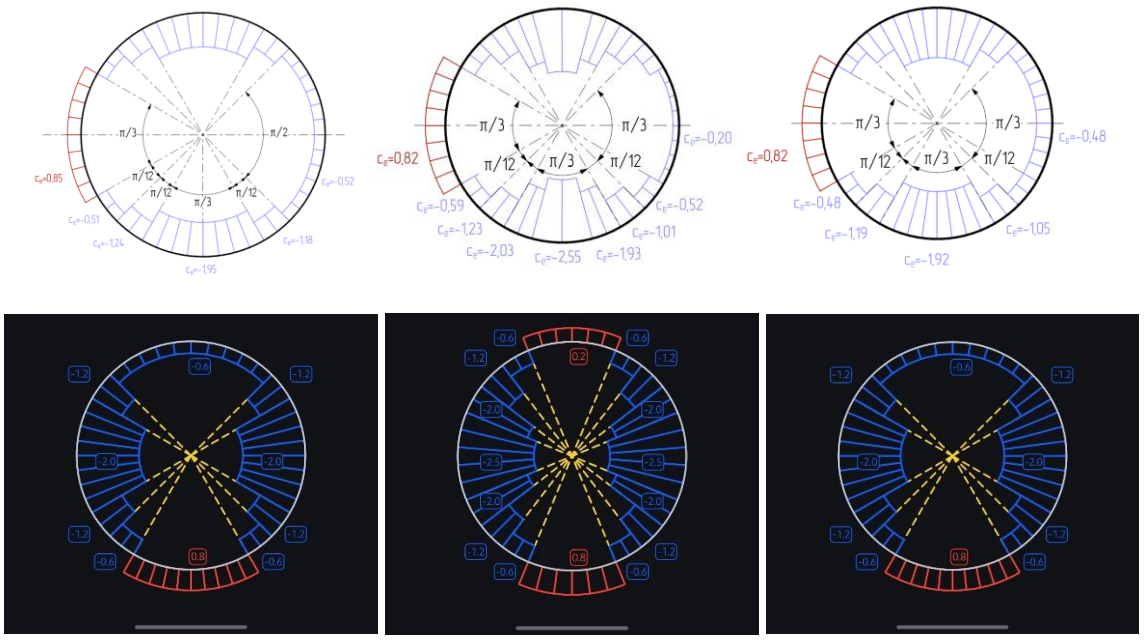
Рисунок 2 – Общий вид картин распределения аэродинамических коэффициентов: а) картина 1; б) картина 2; в) картина 3 пола (Источник: Составлено автором)

Результаты сравнительного анализа

В качестве эталонных данных рассматриваются результаты, полученные в программно-вычислительном комплексе Ansys CFX [3-6]. Расчетная область задана в форме прямоугольного параллелепипеда с размерами: длина – 18D, ширина – 10D, высота – 5H (где D – наибольший размер формы в плане).

Расчет в разработанной системе выполнен при тех же допущениях [2].

Для количественной оценки сходимости результатов сравнительный анализ был выполнен для трех характерных сечений: на отметках +9,900 м, +80,100 м и +150,300 м, что показано в табл. 1 и рисунке 3.



а) б) в)

Рисунок 3 – Картины распределения аэродинамических коэффициентов по расчету сверху – в ПВК Ansys CFX; снизу – в автоматизированной системе: а) на отм. +9,900; б) на отм. +80,100; в) на отм. +150,300 пола (Источник: Составлено автором)

В передней части поверхности и на участках с безотрывным обтеканием результаты демонстрируют приемлемую сходимость. Разработанная система корректно воспроизводит

общий характер распределения аэродинамических коэффициентов, что подтверждает принципиальную применимость принятого допущения о приведении гиперболоида вращения к глобоидной поверхности для целей предварительных расчетов.

Наибольшее расхождение зафиксировано на отметке +80,100 м в зоне С (подветренная сторона). В то время как расчет в ПВК Ansys CFX демонстрирует сохранение отрицательных значений давления на подветренной стороне, результаты, полученные с помощью разработанной системы, указывают на возникновение здесь обратного напора.

Таблица 1 – Обобщение сходимости результатов

Отметка, м	Ansys CFX	Разработанная система	Характер расхождения
+9,900 (рис. 3а)	отрицательные значения	отрицательные значения	приемлемая сходимость
+80,100 (рис. 3б)	отрицательные значения	положительные значения (обратный напор)	критическое расхождение
+150,300 (рис. 3в)	отрицательные значения	отрицательные значения	приемлемая сходимость

Анализ выявленных расхождений

Причинами выявленных расхождений могут служить следующие факторы:

1. Недостаточная точность аппроксимации. Исходная геометрия гиперболоида вращения характеризуется достаточно малой кривизной и может быть приближенно аппроксимирована глобоидной поверхностью, однако локальная кривизна импортированной модели и иные геометрические параметры могли оказать более существенное влияние на результаты и характер обтекания, чем предполагалось.

2. Алгоритмы системы базируются на обширной базе данных исследования обтекания 28 моделей глобоидов в Ansys CFX. Геометрические параметры исследуемого гиперболоида вращения (соотношение радиусов горловины и оснований, кривизна образующей, вытянутость формы и т.д.) могут выходить за пределы этого множества. В таком случае возникновение расхождений становится неизбежным.

3. Упрощенная постановка задачи в полностью автоматизированной системе не учитывает особенности локального трехмерного взаимодействия с конкретной формой, например, эффекты турбулентного перемешивания в следе за зданием. Система эффективно работает в режиме интерполяции внутри известного пространства форм, а индивидуальные параметры кривизны более сложной формы с направляющей в виде гиперболы, а не полуокружности, вносят определенные изменения в местах наибольшего отклонения формы.

Практическая значимость системы

Несмотря на выявленные ограничения в зонах отрывных течений, разработанная система обладает несомненной практической ценностью.

Применение системы позволяет стандартизировать процесс определения ветровых нагрузок для класса поверхностей, чьи аэродинамические характеристики не регламентированы действующими нормативными документами.

В отличие от универсальных CFD-пакетов, где извлечение конкретного значения аэродинамического коэффициента в заданной точке поверхности требует организации дополнительных расчетных плоскостей или введения пользовательских формул, разработанная система предоставляет эти данные в явном и структурированном виде непосредственно по завершении расчета.

Простота использования системы в сочетании со стандартизацией подхода существенно сокращает время предпроектных изысканий: возможность оперативно оценивать аэродинамическое качество формы на ранних этапах проектирования, когда выполнение полноценного расчета является нецелесообразным из-за большого количества итераций архитектурного облика, становится неоспоримым преимуществом, приводящим к экономии времени и ресурсов.

Заключение

В ходе выполнения настоящей работы проведен сравнительный анализ распределения аэродинамических коэффициентов по поверхности здания в форме гиперболоида вращения, полученных в ПВК Ansys CFX и в специализированной системе расчета аэродинамических параметров глобоидных поверхностей [2].

Наибольшее расхождение результатов зафиксировано на отметке +80,100 м, где расчет в Ansys CFX демонстрирует отрицательные значения давления, а упрощенный расчет прогнозирует возникновение обратного напора. Принимается, что причиной подобного результата является неполное соответствие геометрии исследуемого гиперболоида основным параметрам форм, входящих в обучающую выборку системы.

На участках безотрывного обтекания и в лобовой части поверхности результаты демонстрируют приемлемую сходимость, что становится подтверждением применимости принятого предварительного допущения о приведении формы гиперболоида к глобоидной поверхности.

Разработанная система позволяет стандартизировать процесс определения ветровых нагрузок для класса поверхностей, чьи аэродинамические характеристики не регламентированы действующими нормативными документами, что составляет ее основную практическую ценность.

Список использованных источников

1. Алехин В.Н. Численное моделирование воздействий ветра на высотные здания / В. Н. Алёхин, А. А. Антипин, С. Н. Городилов, С. В. Храмцов, Е. А. Бурков, М. И. Коновалова // Современный город: проектирование, строительство и развитие (Ельцинские чтения): сборник материалов международной научно-практической конференции по строительству и архитектуре (Екатеринбург, 23-24 апреля 2014). – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – С. 246-253. *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=14932292*

2. Хазов, П. А., Шилов, С. С., Молоснова, Н. Д. Разработка системы автоматизированного определения аэродинамических параметров глобоидных поверхностей / П. А. Хазов, С. С. Шилов, Н. Д. Молоснова // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород. – 2025. – № 4. – С. 329–340.

3. Сатанов, А. А. Физическое и численное моделирование аэродинамики большепролетной конструкции при различных направлениях ветрового потока / А. А. Сатанов // Строительная механика и конструкции / Воронежский государственный технический университет. – Воронеж, 2023. – Т. 2. № 37. – С. 87–97. *https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.37.2.009*

4. Воробьева, Ю. А. Цифровое моделирование ветровых потоков в жилой застройке / Ю. А. Воробьева // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова / Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. – Белгород, 2022. – № 5. – С. 33–40. *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48462977*

5. Aly, A. M. Atmospheric boundary-layer simulation for the built environment: Past, present and future // Building and Environment. – 2014. – Vol. 75. – P. 206–221. *https://doi.org/ 10.1016/j.buildenv.2014.02.004*

6. ANSYS, Inc. ANSYS CFX-Solver Theory Guide. Release 2021 R1 // ANSYS, Inc. – Canonsburg, PA, 2021. – 280 p.: *https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-cfx*

УДК 624.012.45

Вариантное проектирование монолитных железобетонных колонн каркасных зданий

Пашанин А.Е., студент; Савина Н.В., старший преподаватель кафедры ЖБКиДК*

* Ответственный за переписку: aleksandrpashanin12537@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы вариантного проектирования вертикальных несущих конструкций монолитных железобетонных каркасов зданий. На основе анализа технологических и эксплуатационных характеристик, а также статической работы под нагрузкой выполнено сравнение колонн прямоугольного, квадратного и круглого поперечных сечений в здании с восьмиугольным видом в плане. В единой архитектурно-планировочной схеме, предполагающей идентичные значения полезных и временных нагрузок, одинаковую высоту этажа и сетку колонн, выявлены критерии относительной оптимальности выбора конкретной формы сечения. Особое внимание уделено стоимости опалубочной оснастки, трудоемкости армирования, статической работе сечений колонн под нагрузкой с учетом продольного изгиба. Также в работе отмечены критерии ремонтопригодности конструкций в процессе эксплуатации и установлены границы рационального применения каждой из рассматриваемых форм с позиций технико-экономической эффективности.

Ключевые слова: монолитный железобетонный каркас, сечение, колонна, вариантное проектирование, опалубка, армирование, несущая способность, устойчивость, ремонтопригодность.

Введение

В современном монолитном строительстве выбор геометрической формы поперечного сечения железобетонной колонны оказывает существенное влияние на материалоемкость несущих конструкций и трудоемкость возведения каркаса в целом. Традиционно применяются колонны прямоугольного, квадратного и круглого сечений. Однако вопрос об относительной эффективности того или иного сечения в рамках единой расчетной схемы всегда остается открытым. При неизменных архитектурно-планировочных параметрах технико-экономическое превосходство того или иного типа сечения не всегда очевидно и требует системного анализа, который осуществляется в ходе вариантного проектирования.

Целью настоящей работы является нахождение рациональных областей применения колонн различного поперечного профиля по результатам сопоставления технологических показателей возведения вертикальных несущих конструкций каркаса, напряженно-деформированного состояния элементов и эксплуатационных качеств.

Материалы и методы исследования

Объектами для сравнительного анализа являются железобетонные колонны прямоугольного, квадратного и круглого сечения. Для верификации теоретических положений анализ выполнен при следующих исходных данных: высота этажа H=3,6 м; сетка колонн 4,5 – 6,0 – 4,5 м на восьмиугольном плане с центральным атриумом (для чистоты сравнения при рассмотрении прямоугольных и квадратных колонн сечение ориентировано на геометрический

центр каркаса с целью обеспечения максимальной жесткости в направлении большего шага); расчетные нагрузки (постоянные и временные), за исключением собственного веса каркаса, приняты идентичными для всех вариантов конструктивных схем; класс бетона – В35, класс арматуры – А500С; расчет выполнен по МКЭ в программном комплексе SCAD по предельным состояниям I и II групп согласно действующим нормативным документам [1]. Оценка эффективности сечения производилась по критериям:

– трудоемкость и стоимость опалубочной оснастки,
– сложность армирования и расход арматурной стали,
– несущая способность при действии продольной силы с учетом продольного изгиба,
– ремонтопригодность и возможность усиления без демонтажа несущих конструкций.

Технологические аспекты возведения

Для любого типа сечения колонн незначительное количество циклов оборачиваемости опалубки или ее полное отсутствие существенно повышает единовременные затраты. Для чистоты сравнения выбрана щитовая опалубка как наиболее индустриальная и широко распространенная. Для прямоугольных сечений колонн преимуществом щитовой системы является относительно низкая стоимость начальной оснастки, возможность применения универсальных элементов и простота устройства узлов примыканий горизонтальных конструкций. Для возведения круглых колонн изготовление инвентарной опалубки требует изначально больших инвестиций и наличия более квалифицированного персонала.

Армирование колонн квадратного и прямоугольного сечений осуществляется преимущественно одиночными стержнями с равным линейным шагом вдоль граней, объединяемыми в пространственный каркас с помощью поперечных сварных или гнутых хомутов в форме замкнутого правильного многоугольника. Данная технология не вызывает сложностей и может быть реализована с высокой степенью механизации. Армирование круглых колонн сопряжено с необходимостью изготовления спиральных поперечных хомутов, что требует специализированного оборудования, а примыкание ригелей к круглой колонне предполагает устройство стаканов, оголовков или развитых закладных деталей, что увеличивает металлоемкость узла и трудоемкость арматурных работ. При равной площади поперечного сечения и проценте армирования трудозатраты на армирование круглой колонны ориентировочно на 15–25% выше по сравнению с квадратной колонной.

Т.к. фактических различий для рассматриваемых в данной работе сечений в сборнике ГЭСН 81-02-06-2022 «Бетонные и железобетонные конструкции монолитные» выявлено не было, сравнение производилось согласно [2]. О допустимости такого сравнения свидетельствует соизмеримый диапазон значений трудозатрат. В указанном документе затраты труда дифференцируются в зависимости от толщины конструкции: для колонн толщиной до 400 мм затраты на опалубочные работы составляют 304,32 чел.-ч на 100 м2, для колонн свыше 400 мм – 166,03 чел.-ч на 100 м2, что почти вдвое меньше за счет меньшей удельной поверхности и применения более крупных щитов. Затраты на бетонирование также существенно ниже для крупных сечений: 2 329,95 против 1 030,25 чел.-ч на 100 м3.

В примечании 2 к таблице 3 § Е4-1-34 «Установка и разборка деревянной и деревометаллической опалубки» [3] предусматривается повышающий коэффициент 1,4 к нормам времени при устройстве опалубки круглых и многогранных поверхностей.

На основании анализа рынка по открытым источникам, а так же по расчетам с применением сборников [ФСНБ-2022] и индексов Минстроя России для г. Казань на I квартал 2026 года [4] прямые затраты на возведение квадратной колонны (450×450 мм) составляют ориентировочно 285 000 руб./м3, а круглой (Ø500 мм) – 305 000 руб./м3. Удорожание круглых колонн связано в основном с опалубочной оснасткой. При этом так же прослеживается

снижение производительности труда при устройстве круглых колонн до 85% от уровня квадратных.

Работа под нагрузкой и эффективность сечения

С точки зрения сопротивления продольному сжатию определяющим фактором является радиус инерции сечения, влияющий на гибкость элемента и, как следствие, на коэффициент продольного изгиба *i*–λ–φ:

$$\lambda = l_0/i$$

где λ – гибкость элемента, *l*0 – расчетная длина колонны, *i* – радиус инерции сечения.

Для квадратного сечения со стороной *a* радиус инерции составит:

$$i_{sq} = a\sqrt{3}/6 \approx 0{,}289a$$

Для круглого сечения диаметром *D* радиус инерции составит:

$$i_{circ} = D/4 = 0{,}25D$$

При условии равенства площадей сечений диаметр круга составляет:

$$D = 2a/\sqrt{\pi} \approx 1{,}128a$$

Тогда радиус инерции круглого сечения при условии равенства площадей сечений:

$$i_{circ} = 0{,}25 \times 1{,}128a = 0{,}282a$$

Т.е. радиус инерции круга при равной площади лишь на 2,4% уступает квадрату. Однако при проектировании часто используется принцип равенства не площади, а минимального габарита: круглое сечение, вписанное в тот же габарит, имеет площадь на 21,5% меньше, но благодаря более выгодному распределению материала относительно центра ядра сечения демонстрирует сопоставимую устойчивость при меньшем расходе бетона.

В условиях реального проектирования, когда нагрузки и высоты этажа фиксированы, применение круглых колонн позволяет уменьшить площадь поперечного сечения на 10–20% по сравнению с квадратными при сохранении требуемой несущей способности за счет более высокого коэффициента φ. Экономия бетона составляет до 0,08–0,12 м3 на 1 п.м. колонны, что частично компенсирует удорожание опалубочных работ.

Например, для 25-этажного здания с высотой этажа 3,6 м и ветровой нагрузкой II–III районов (включая пульсационную составляющую) преимущества круглых колонн по показателям устойчивости становятся более выраженными с ростом этажности, особенно в сейсмических условиях (7 баллов).

Эксплуатационные качества и ремонтопригодность

Квадратные и прямоугольные колонны обладают высокой ремонтопригодностью благодаря наличию плоских граней, что позволяет выполнять наращивание сечения щитовой опалубкой, устройством стальных обойм без специальных приспособлений и простой анкеровкой дополнительных элементов усиления. Круглые колонны характеризуются пониженной ремонтопригодностью, так как наращивание сечения требует криволинейной опалубки, а установка стальных обойм сопряжена с необходимостью изгиба профильного проката. Применение несъемной опалубки для круглых колонн обеспечивает высокую защиту бетона от агрессивных сред, однако при локальном повреждении ремонт затруднен из-за сложности восстановления защитного слоя.

Выводы по результатам

Трудоемкость возведения в человеко-часах на 1 м3 составляет: для прямоугольной колонны – 46,0, для квадратной – 37,4, для круглой – 48,8. Прямые затраты на 1 м3 в рублях: квадратная – 285 000, круглая – 305 000. Наибольший расход бетона на одну колонну при равной несущей способности – у прямоугольного сечения, средний – у квадратного, наименьший (экономия 10–20%) – у круглого. Проведенный анализ позволяет сформулировать рекомендации по выбору формы сечения колонн в зависимости от приоритетов проектирования. Результаты сравнения типов сечений железобетонных колонн представлены в лепестковой диаграмме (критерии оценивались по пятибалльной шкале, где 5 – наилучшее значение) на рис. 1.

Рисунок 1 – Лепестковая диаграмма сравнения эффективности типов поперечных сечений по показателям (Источник: составлено авторами)

Таким образом, квадратное сечение является наиболее универсальным для массового строительства. Оно обеспечивает рациональное сочетание умеренной стоимости опалубочной оснастки, технологичности армирования и высокой ремонтопригодности. Круглое сечение демонстрирует преимущества в высотных зданиях и сооружениях с повышенными требованиями к устойчивости, где экономия бетона за счет более эффективной работы на продольный изгиб перекрывает дополнительные затраты на специализированную опалубку и усложнение армирования. Прямоугольное сечение сохраняет актуальность при разнонаправленном шаге, а также в случае необходимости сопряжения колонн с ограждающими стенами по системе «пилястра». Однако в регулярных каркасных схемах прямоугольное сечение уступает квадратному сечению по показателям материалоемкости и трудоемкости.

Заключение

Вариантное проектирование монолитных железобетонных колонн должно основываться на комплексной оценке статических расчетов, технологических ограничений и прогнозируемых эксплуатационных затрат. Сложившийся «отрыв» в пользу прямоугольных сечений в обозримом будущем может стать менее выраженным благодаря наращиванию материально-технической базы и увеличению спроса на нестандартные решения, где требуется значительная несущая способность и эстетическая выразительность. Производство опалубки для круглых колонн активно развивается (крупные производители – FORA, «Симметрия», «Опалубочные системы», «ГРУППА СТАНДАРТ»), однако в массовом типовом жилищном строительстве прямоугольные и квадратные колонны часто остаются более экономичным решением из-за простоты производства и монтажа, а также сложившейся инерции в строительных нормах и практиках.

Также в данном исследовании хочется особо отметить, что непосредственно в строительной практике для принятия окончательного решения по выбору конкретного технологического решения часто важно использовать математические методы системного анализа. В частности, подходить к оцениванию комплексно, т.е. оценивать объект по множеству показателей, характеристик. В контексте данного исследования это также означает многокритериальное оценивание. Многокритериальная задача принятия решений – это задача принятия решения, в которой общий исход (результат) оценивается по нескольким частным или локальным критериям, каждый из которых измеряет полезность со своей точки зрения в соответствующей качественной или количественной шкале и с учетом его направления. Основной акцент можно сделать на предварительные этапы процесса принятия решения. Особое значение здесь имеют методы выявления предпочтений лиц, принимающих решения (ЛПР), которые позволяют учесть субъективные оценки важности/ценности критериев и выразить их в количественной форме [5].

В задачи последующих исследований авторов входит практическое применение этих методов на одном и том же числовом примере для выявления наилучшей и наихудшей альтернативы.

Список использованных источников

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения: актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – Москва: Стандартинформ, 2018. – Текст: электронный. – URL: *https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/d40/SP-63.pdf* (дата обращения: 07.04.2026).

2. ГЭСН 29-02-046. Монолитные железобетонные колонны. – Текст: электронный // minstroyrf.gov.ru. – URL: *https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/0d6/Sbornik-GESN29-Tonneli-i-metropoliteny.pdf* (дата обращения: 07.04.2026).

3. ЕНиР, сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. – Текст: электронный // files.stroyinf.ru. – URL: *https://files.stroyinf.ru/Data1/2/2555/?ysclid=mnvm8qg96w721299616* (дата обращения: 07.04.2026).

4. Письмо Минстроя России от 30.12.2025 № 81879-ИФ/09 «О рекомендуемой величине индексов изменения сметной стоимости строительства на I квартал 2026 года». – Текст: электронный. – URL: *https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/649/4nmbc0m6s834mdc35khyl2w0fu94wcqp/30.12.2025_81879-ИФ_09.pdf* (дата обращения: 07.04.2026).

5. Кузьменко, А. А. Многокритериальные методы принятия решений: алгоритмы и реализация на Python : учебное пособие для вузов / А. А. Кузьменко. – Санкт-Петербург : Лань, 2026. – 140 с. – Текст : непосредственный.

УДК 691.328

Анализ видов стальной фибры, применяемой для дисперсного армирования бетонных конструкций

*Пермяков В.К. *, студент; Ламзин Д.А., заведующий кафедрой железобетонных, каменных и деревянных конструкций ННГАСУ, кандидат технических наук, доцент*

* Ответственный за переписку: mr.v.permyakov@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье приведено ранжирование фибры, используемой для дисперсного армирования сталефибробетонных конструкций. Рассмотрены основные типы фибры в зависимости от технологии изготовления, геометрических параметров и механических характеристик. Систематизированы данные из технических условий на различные виды фибры (линейная типов ФЛА, ФЛГ, ФЛП, волновая типа ФВ, «Челябинка», «МИКСАРМ MIXARM», «ТВИНФЛЭТ TWINFLAT» и др.). Результаты оформлены в виде таблиц и гистограмм. Отмечена важность правильного выбора типа фибры для обеспечения эффективной работы фибробетона до достижения конструкцией предельного состояния.

Ключевые слова: фибробетон, стальная фибра, дисперсное армирование, конфигурация фибры, временное сопротивление, модуль упругости.

Научный руководитель – заведующий кафедрой железобетонных, каменных и деревянных конструкций ННГАСУ, доцент, кандидат технических наук, Ламзин Дмитрий Александрович.

Введение

Фибробетон по сравнению с бетоном лучше работает на растяжения. Дисперсное армирование бетона стальной фиброй является эффективным способом повышения трещиностойкости, статической и динамической прочности, огнестойкости, а также уменьшения усадки и ползучести материала [1-5]. Стальная фибра представляет собой стержень, имеющий различную форму и размеры. Эффективность работы фибробетона во многом определяется типом выбранной фибры, её геометрическими и механическими характеристиками. В связи с широким разнообразием производимой фибры возникает необходимость в систематизации информации о ней и её классификации. В представленной работе обобщаются данные о стальной фибре согласно техническим условиям (ТУ) и приводится ее позиционирование по основным признакам.

Материалы и методы

Объектом исследования является фибра для дисперсного армирования бетона-матрицы при производстве сталефибробетонных строительных конструкций, которая может изготавливаться путём переработки тонкой стальной проволоки, а также путём фрезерования стальных заготовок (слябов) и путём резки стального листа.

Форма фибры из стальной проволоки (ТУ 1221-002-95751815– 2009 [6], ТУ 1211-205-46854090-2005 [7]) бывает линейная с анкерами в виде отгибов или конусов на концевых

участках и без них, а также с расплющенными концами. Кроме того, фибра бывает волновой зигзагообразной формы. Ее поверхность может быть гладкой без вмятин или профилированной, а также иметь цинковое покрытие. Фибра имеет круглое поперечное сечение, а ее временное сопротивление разрыву зависит от диаметра волокон.

Стальная фибра, изготавливаемая фрезерованием слябов по ТУ 0991-125-46854090-2001 [8], представляет собой пластину серповидного поперечного сечения, полого закрученную вдоль продольной оси, с плоскими анкерными отгибами на обоих концах. Условная расчетная площадь поперечного сечения такой фибры рассчитывается в зависимости от массы испытываемой выборки из 20 шт. фибр и их средней длины.

Стальная фибра, получаемая путем резки стального листа по ТУ 0991-123-53832025-2001 [9], имеет форму призматического бруска с прямолинейной продольной геометрической осью, а также скрученного вокруг продольной оси на произвольный угол или изогнутого в продольном направлении по пологой винтовой линии. Боковая поверхность волокон имеет периодический профиль в виде впадин и выступов. Фибра «Челябинка» по ТУ 1231-001-70832021-2010 [10] изготавливается также путем резки тонкого стального проката, но с формообразованием и имеет на концевых участках анкеры в виде сегментных изгибов. Ее поперечное сечение имеет форму, близкую к прямоугольнику, приводимую к условному кругу по площади.

Результаты исследования

Ранжирование фибры представлено в табл. 1-3. Форма и размеры фибры представлены на рисунке 1.

Таблица 1 – Классификация стальной фибры по внешнему виду

Техническая документация	Тип (маркировка)	Наименование	Схема	Характеристика формы
ТУ 1221–002–95751815–2009 (из проволоки)	ФЛА	Линейная с анкерами (отгибами) на концевых участках	Представлено на рисунке 1 а	Прямолинейная средняя часть и отогнутые концы (анкеры)
	ФВ	Волновая зигзагообразная	Представлено на рисунке 1 б	Периодические изгибы по всей длине
	ФЛГ	Линейная без профиля с гладкой поверхностью	Представлено на рисунке 1 в	Прямолинейные отрезки
	ФЛП	Линейная с односторонним профилированием поверхности	Представлено на рисунке 1 г	Прямые отрезки с вмятинами (глубиной 0,1–0,2 диаметра)
ТУ 1231–001–70832021–2010 (из листа)	Фрезерованная «Челябинка»	Линейная с шероховатостью по всему контуру с анкерами на концах	Представлено на рисунке 1 д	Полоски из стального проката, имеет на концах анкеры в виде сегментов окружности, радиально сопряжённые с прямыми участками полоски
ТУ 0991–123–53832025–2001 (из листа)	Фибра стальная для дисперсного армирования бетона	–	–	Прямолинейный или изогнутый призматический брусок; боковая поверхность имеет периодический профиль в виде впадин и выступов, расположенных с шагом 3-6 мм.

ТУ 0991–125–46854090–2001 (из слябов)	Фрезерованная фибра	Линейная с анкерами (отгибами) на концевых участках	Представлено на рисунке 1. е)	Прямолинейная средняя часть и отогнутые концы (анкеры)
ТУ 1211–205–46854090–2005 (из проволоки)	«МИКСАРМ MIXARM»	Линейная с анкерами на концевых участках	Представлено на рисунке 1 ё	Анкеры на концах в виде усечённого конуса с углом в 60 градусов и диаметром головки 1,8 мм
	«ТВИНФЛЭТ TWINFLAT»		Представлено на рисунке 1 ж	Анкеры по краям в виде сплющенных концов длиной 1,5 мм и шириной 1,3 мм

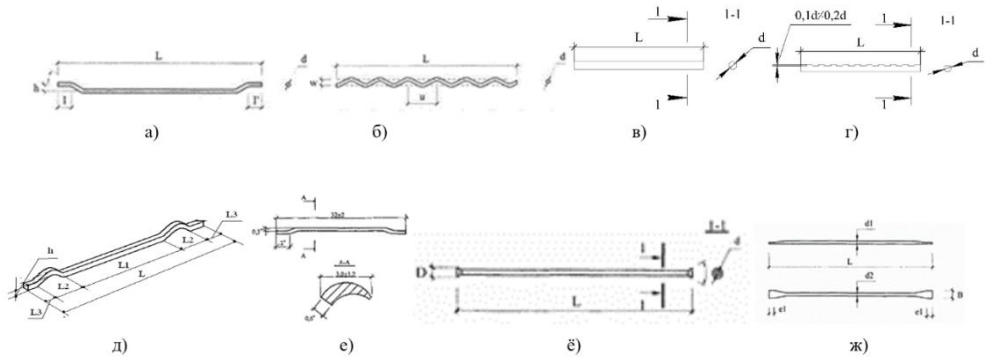


Рисунок 1 – Форма и размеры фибры (Источник: составлено авторами)

Таблица 2 – Классификация стальной фибры по способу получения и геометрическим параметрам

Сечение	Способ получения	Тип (маркировка)		Длина фибры (l_f), мм	Диаметр (d_f), мм	Площадь поперечного сечения (S_f), мм^2
Круглое	Волочение проволоки	ФЛА, ФЛГ, ФЛП		30	0,5; 0,56; 0,6; 0,63; 0,7; 0,8	0,196; 0,246; 0,283; 0,312; 0,385; 0,503
				50	0,8; 0,9; 1,0	0,503; 0,636; 0,785
				60	0,8; 1,0	0,503; 0,785
		ФВ		25–60	0,6–1,6	0,283–2,011
		«МИКСАРМ MIXARM»		53	1	0,785
		«ТВИНФЛЭТ TWINFLAT»		30	0,67	0,353
Прямоугольное (ленточное)	Фрезерование из листа	Фрезерованная «Челябинка»		20; 25; 30; 36; 44; 49; 54; 60; 64	0,3; 0,35; 0,45; 0,65; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,2	0,071; 0,096; 0,159; 0,332; 0,385; 0,503; 0,636; 0,758; 1,131
		Фибра стальная для дисперсного армирования бетона	модуль фибры 1	20; 30	0,553	0,24
			модуль фибры 2	35; 40	0,844	0,56
Секторное (неправильное)	Фрезерование из сляба	Фрезерованная фибра		32	–	–

Таблица 3 – Классификация стальной фибры по механическим характеристикам

Техническая документация	Тип (маркировка)	Расчётное сопротивление фибры растяжению для предельных состояний первой группы (R_f), МПа {класс фибры по прочности}		Расчётное сопротивление фибры растяжению для предельных состояний второй группы ($R_{f,ser}$), МПа*	Модуль упругости (E_f), МПа
ТУ 1221–002–95751815–2009 (из проволоки)	ФЛА, ФВ, ФЛГ, ФЛП	810 (при d_f от 0,5 до 0,8)		850	$1{,}9 \cdot 10^5$
		655 (при d_f от 0,8 до 1,2)		720	
		600 (при d_f от 1,2 до 1,6)		690	
ТУ 1211–205–46854090–2005 (из проволоки)	«МИКСАРМ MIXARM»	1050		1100	
	«ТВИНФЛЭТ TWINFLAT»	1050		1150	
ТУ 0991–125–46854090–2001 (из слябов)	Фрезерованная фибра	500		600	
ТУ 1231–001–70832021–2010 (из листа)	Фрезерованная «Челябинка»	{1}	380	400	$2{,}1 \cdot 10^5$
		{2}	430	450	
		{3}	500	550	
		{4}	610	700	
		{5}	700	800	
ТУ 0991–123–53832025–2001 (из листа)	Фибра стальная для дисперсного армирования бетона	{1}	440	460	
		{2}	580	640	

* Получено при помощи коэффициента надежности по фибровой арматуре γ_f из табл. 5.7 по СП 52-104-2006.

Данные из таблиц сведены в гистограммы, наглядно отражающие разнообразие фибры и упрощающие её выбор. Данные приведены на рисунках 2 и 3.

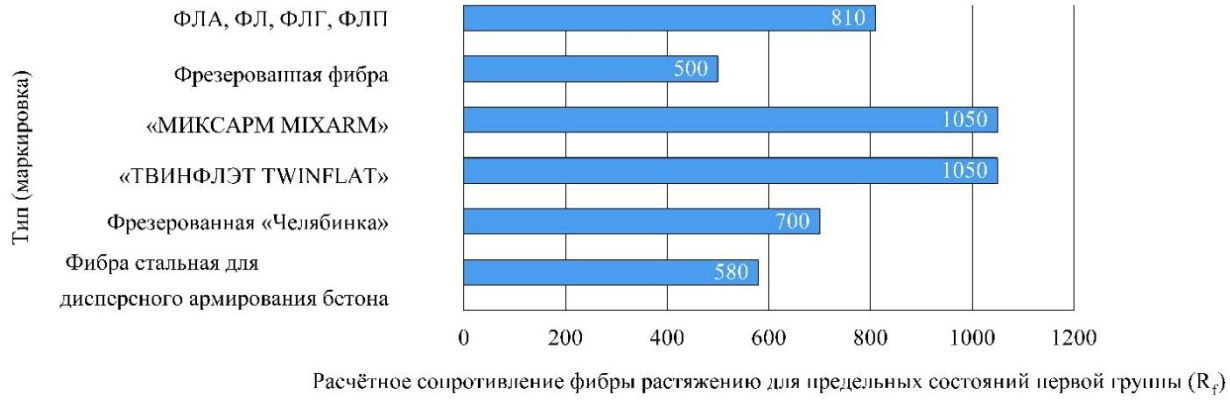


Рисунок 2 – Гистограмма расчётного сопротивления для разных видов фибры (Источник: составлено авторами)

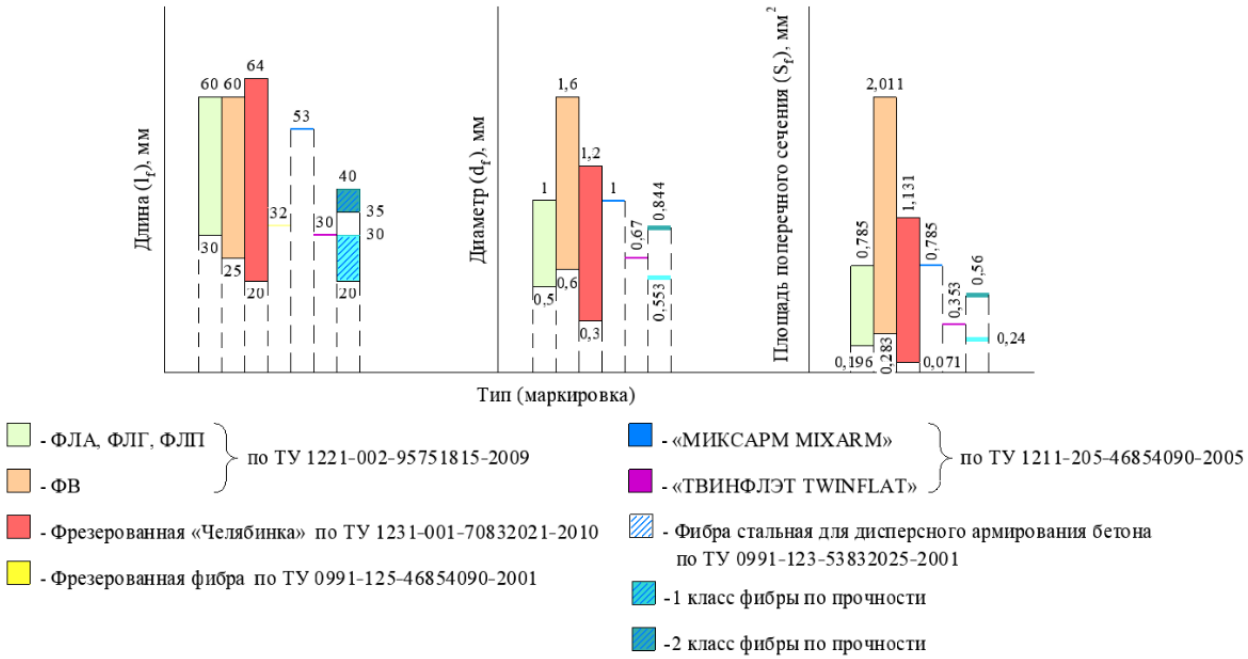


Рисунок 3 – Гистограммы геометрических характеристик для разных видов фибры (Источник: составлено авторами)

Заключение

Проанализировав имеющиеся данные, удалось систематизировать информацию о стальной фибре. Приведена классификация фибры в зависимости от технологии изготовления, а также ранжирование по форме, виду и площади поперечного сечения, длине, расчётному сопротивлению и модулю упругости. Предоставленные результаты будут полезны при выборе фибры в процессе проектирования сталефибробетонных конструкций.

Список использованных источников

1. Окольникова, Г. Э. Анализ свойств различных видов фибробетонов / Г. Э. Окольникова, А. П. Белов, Е. В. Слинькова // Системные технологии. – 2018. – № 1(26). – С. 206-210. – EDN XOWBJR.

2. Огнестойкость высокопрочного сталефибробетона (аналитический обзор) / В. А. Дорф, Р. О. Красновский, Д. Е. Капустин, П. С. Султыгова // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 4(63). – С. 72-80. – DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-4-72-80. – EDN YNZGAU.

3. Кулушева, С. С. Влияние параметров дисперсного армирования на прочностные характеристики сталефибробетона / С. С. Кулушева, Д. А. Ламзин // Международная конференция Нижегородского Фестиваля науки : Сборник тезисов докладов, Нижний Новгород, 24–25 октября 2024 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 46-48. – EDN ZBXBBH.

4. Исследование механических свойств фибробетона с помощью методики Кольского и ее модификаций / А. М. Брагов, Б. Карихалоо, А. Ю. Константинов [и др.] // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – № 4-1. – С. 123-129. – EDN OIQCPT.

5. Mechanical Response Change in Fine Grain Concrete Under High Strain and Stress Rates / F. Dell'isola, A. M. Bragov, L. A. Igumnov [et al.] // Advanced Structured Materials. – 2019. – Vol. 108. – P. 71-80. – DOI 10.1007/978-3-030-13307-8_5. – EDN WVEGXB.

6. ТУ 1221–002–95751815–2009. Фибра стальная для дисперсного армирования бетона. Технические условия. – [Б. м. : б. и.], 2009.

7. ТУ 1211–205–46854090–2005. Фибра стальная типов «МИКСАРМ MIXARM» и «ТВИНФЛЭТ TWINFLAT». Технические условия. – [Б. м. : б. и.], 2005.

8. ТУ 0991–125–46854090–2001. Фибра стальная фрезерованная для армирования бетона. Технические условия. – [Б. м. : б. и.], 2001. – URL: *https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293817/4293817789.pdf*

9. ТУ 0991-123-53832025-2001. Фибра стальная для дисперсного армирования бетона. Москва, 2001.

10. ТУ 1231–001–70832021–2021. Фибра стальная фрезерованная «Челябинка». Технические условия. – [Б. м. : б. и.], 2021.

УДК 624.046

Определение площади сжатой части каменных сечений сложной геометрии при прямоугольной эпюре напряжений

Пироговский Н.С., студент; Поздеев М.Л., аспирант каф. ТСиТМ, канд. техн. наук*

* Ответственный за переписку: maksim.leon.pz@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена проблеме определения площади сжатой части сложных и нестандартных нормальных сечений каменных конструкций при косом внецентренном сжатии. Показано, что существующие упрощенные нормативные методы могут недооценивать несущую способность сложных сечений в виде стен с пилонами. Авторами предложен численный алгоритм, реализованный в виде специализированной программы, который определяет площадь сжатой части для сечений со сложной геометрией в рамках гипотезы жесткопластического тела. Валидация алгоритма на примерах прямоугольных, тавровых и сложных сечений демонстрирует меньшее отклонение для косого внецентренного сжатия в сравнении с известными упрощенными методами, изложенными в нормативных документах, что позволяет получать более экономичные проектные решения без замедления проектного времени.

Ключевые слова: каменная кладка, сжатая зона, косое внецентренное сжатие, эпюра напряжений, сложное сечение

Введение

Определение площади сжатой части сечения при косом внецентренном сжатии для нормальных сечений сложной формы представляет собой актуальную задачу в проектировании каменных конструкций. Существующие аналитические и упрощенные методики, как правило, применимы лишь для стандартных геометрических форм и могут приводить к недооценке несущей способности при анализе несимметричных сечений каменных стен с пилястрами.

В одной из первых редакций норм по проектированию каменных конструкций, выпущенных в 1937 году под руководством профессора Л. И. Онищика [1, 2], описана методика расчета каменных конструкций при внецентренном сжатии в предположении упругой работы нормальных сечений, когда зависимость между напряжениями и деформациями принимается линейной (рис. 1, а). При этом краевые напряжения определялись согласно зависимостям:
максимальное напряжение:

$$\sigma_{max} = P/\varphi F + M/1{,}2W, \quad (1)$$

минимальное напряжение:

$$\sigma_{min} = P/F - M/0{,}8W, \quad (2)$$

где M – расчетный изгибающий момент; P – расчетная продольная сила; F – полная площадь сечения элемента; φ – коэффициент продольного изгиба.

Поскольку реальное разрушение конструкций происходило при напряжениях, отличных от случая упругого распределения, в формулах (1), (2) вводились поправочные коэффициенты к напряжениям, возникающим от изгибающего момента: коэффициент 1,2 для максимального напряжения и 0,8 для минимального.

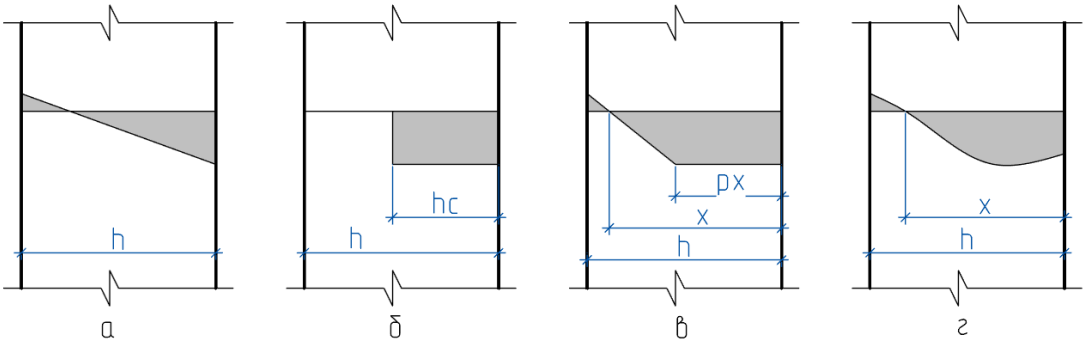


Рисунок 1 – Форма эпюры напряжений при внецентренном сжатии: а – упругая; б – жесткопластическая; в – упругопластическая; г – фактическая криволинейная (Источник: составлено авторами)

Позднее при переходе от метода расчета по допускаемым напряжениям к расчету по предельным усилиям в нормах НиТУ 120-55 «Нормы и технические условия проектирования каменных и армокаменных конструкций» принималась прямоугольная эпюра напряжений при внецентренном сжатии (рис. 1, б). Этот метод расчета остался в действующих нормах СП 15.13330.2020 (далее СП 15) до настоящего времени.

В работе Ю. А. Беленцова [3] описана методика расчета нормальных сечений в предположении упругопластической работы и трапециевидной эпюре напряжений (рис. 1, в). Данный метод позволил получить более экономичное решение при проектировании.

В современных работах Д. Н. Лазовского и М. А. Хаткевича [4] предложен расчет нормальных сечений внецентренно сжатых элементов каменных конструкций согласно нелинейной деформационной модели. При этом эпюра напряжений принимается в виде криволинейной зависимости, наиболее приближенной к фактической работе кладки (рис. 1, г).

Несмотря на развитие в научной литературе методов расчета с использованием нелинейной деформационной модели, в действующем своде правил по проектированию каменных конструкций СП 15 основным методом расчета остается расчет по предельным усилиям, при этом для сечений со сложной геометрией описана только упрощенная методика расчета с отбрасыванием частей сечения, осложняющих его форму.

Целью работы стала разработка алгоритма, позволяющего определить площадь сжатой части сечения при прямоугольной эпюре напряжений для общего случая косого внецентренного сжатия сечений со сложной геометрией, а также его реализация в виде компьютерной программы.

Определение площади сжатой части сечений различной формы

В действующем своде правил СП 15 расчет внецентренно сжатых сечений производится по методу предельных усилий в предположении о наличии прямоугольной эпюры напряжений. При этом площадь сжатой зоны A_c принимается из условия, что ее центр тяжести совпадает с точкой приложения расчетной продольной силы N. Положение границы площади A_c определяется из условия равенства нулю статического момента этой площади относительно ее центра тяжести.

Для прямоугольного сечения при внецентренном сжатии с эксцентриситетом $e_0 = M/N$ площадь сжатой зоны вычисляется по формуле (рис. 2, а):

$$A_c = h_c b_1, \quad (3)$$

где $h_c = h - 2e_0$ – высота сжатой зоны.

Для таврового сечения при большом эксцентриситете ($e_0 > 0{,}45y$) – по формуле:

$$A_c = 2b(y - e_0), \quad (4)$$

где y – расстояние от центра тяжести сечения до его края в сторону эксцентриситета.

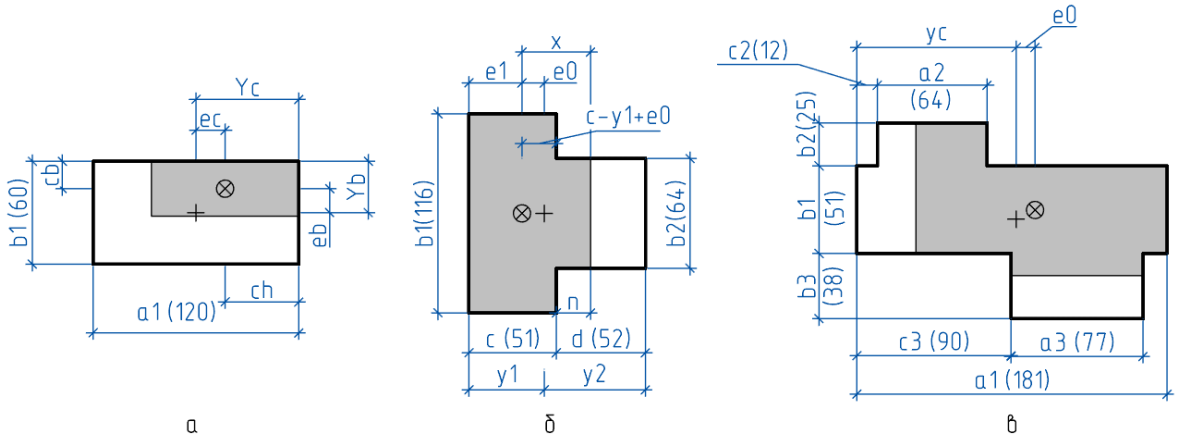


Рисунок 2 – Типы каменных сечений и конфигурации сжатых зон:
а – прямоугольное сечение; б – тавровое сечение; в – сложное сечение
(Источник: составлено авторами)

Для таврового сечения при любом эксцентриситете – по формуле [5]:

$$A_c = ba_2 + b_1[x - (c - y_1 + e_0)], \quad (5)$$

где x – расстояние от точки приложения силы до границы расчетной сжатой зоны определяется по формулам:

при эксцентриситете в сторону полки (рис. 2, б):

$x = \sqrt{(b_1 c/b_2)(2e_1 - c) + (e_1 - c)^2}$; если $e_1 \leq c/2$, то в сжатую часть будет входить только часть полки, симметричная относительно точки приложения силы, в этом случае $x = e_1$;

при эксцентриситете в сторону ребра:

$x = \sqrt{(b_2 d/b_1)(2e_2 - d) + (e_2 - d)^2}$; если $e_2 \leq d/2$, то $x = e_2$.

Для сложного сечения (рис. 2, в) при простом и косом внецентренном сжатии площадь сжатой части сечения допускается принимать без участков, усложняющих его форму, и считать, как для прямоугольного сечения.

Описание работы алгоритма

В качестве исходных данных выступают геометрические параметры сечения и величины действующих нагрузок. Алгоритм (рис. 3, а) анализирует положение точки приложения силы относительно центра тяжести сечения и определяет грани сечения, попадающие в зону растяжения (рис. 4, а). В первом приближении для увеличения скорости расчета происходит вычисление положения границ сжатой зоны как для прямоугольного сечения (рис. 4, б). Затем

вызывается вложенная итерационная процедура (рис. 3, б), корректирующая границы сжатой области с шагом d по каждой координате поочередно (рис. 4, в). После достижения сходимости итерационного процесса осуществляется вывод площади сжатой зоны A_c. Сходимость алгоритма контролируется на каждой итерации путем вычисления евклидового расстояния от точки приложения силы до центра тяжести сжатой зоны на текущей итерации, значение которого стремиться к величине [Δ], близкой к нулю.

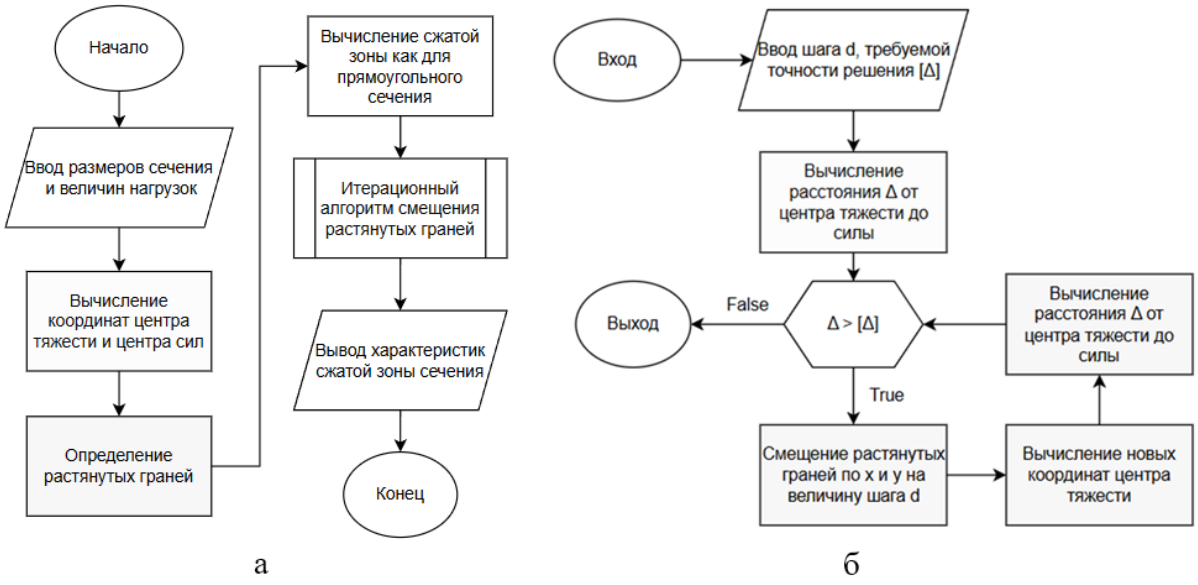


Рисунок 3 – Блок-схемы разработанного алгоритма (а) и вложенной итерационной части алгоритма (б) (Источник: составлено авторами)

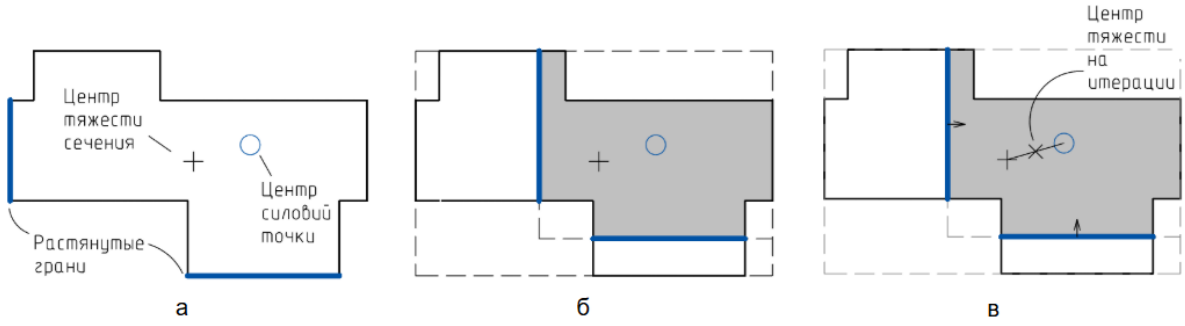


Рисунок 4 – Схемы к описанию работы алгоритма: а – определение растянутых граней, б – первый шаг расчета; в – итерационное приближение (Источник: составлено авторами)

Проверка работы алгоритма

Проверка предложенного алгоритма и программы выполнена на трех типах сечений, представленных на рис. 2, при простом и косом внецентренном сжатии.

В табл. 1, 2 представлены результаты расчета на простое и косое внецентренное сжатие соответственно. В результате проведенных расчетов можно сделать вывод, что созданный алгоритм почти не уступает аналитическому решению и выдает более точные результаты по сравнению с упрощенной методикой для тавровых и сложных сечений при косом внецентренном сжатии.

Таблица 1 – Расчет площади сжатой зоны при внецентренном сжатии

Тип сечения	N, кН; M, кНм	Точное решение, A_c, см²	Расчет по упрощенной методике		Расчет по алгоритму	
			A_c, см²	Δ, %	A_c, см²	Δ, %
Прямоугольное	36,60; 15,30	5188,03	5188,03	0,00	5187,99	0,00
Тавровое	850,00; 102,00	7282,85	–	–	7057,23	3,10
Сложное	46,20; 17,00	8044,87	5477,4	31,91	8054,49	0,00

Таблица 2 – Расчет площади сжатой зоны при косом внецентренном сжатии

Тип сечения	N, кН; M_x, кНм; M_y, кНм	Точное решение, A_c, см²	Расчет по упрощенной методике		Расчет по алгоритму	
			A_c, см²	Δ, %	A_c, см²	Δ, %
Прямоугольное	40,50; 5,86; 6,52	2721,80	2721,8	0,00	2727,30	0,20
Тавровое	850,00; 146,00; 102,00	4709,79	2243,6	52,36	4742,56	0,69
Сложное	46,20; 2,70; 5,10	9502,30	6248,73	34,24	9882,07	4,00

Заключение

В работе описан алгоритм расчета площади сжатой части каменных сечений со сложной геометрией, включающей стену с несколькими сопряженными участками, при косом внецентренном сжатии. Проведена проверка точности предложенного алгоритма. Для выполненных тестовых задач точность решения не уступает аналитическому решению в пределах 0-4% и может быть увеличена при уменьшении величины [Δ], заданной в примерах равным 10 мм, что существенно лучше, чем расчет по упрощенной методике, в которой значение площади составило на 30-50% меньше точного аналитического решения.

Список использованных источников

1. Онищик, Л. И. Прочность и устойчивость каменных конструкций. Часть 1. Работа элементов каменных конструкций / Л. И. Онищик. – Москва-Ленинград : Главная редакция строительной литературы, 1937.

2. Онищик, Л. И. Каменные конструкции промышленных и гражданских зданий / Л. И. Онищик. – Москва-Ленинград : Государственное издательство строительной литературы, 1939. – 209 с.

3. Беленцов, Ю.А. Усиление каменных стен и простенков с учетом упругопластической работы каменной кладки реконструируемых жилых зданий : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Ю.А. Беленцов ; Петерб. гос. ун-т путей сообщения. – СПб., 2001. – 24 с.

4. Лазовский, Д. Н. Расчёт сопротивления сжатию каменных и армокаменных элементов с учетом физической нелинейности / Д. Н. Лазовский, А. М. Хаткевич // Вестник Полоцкого Государственного Университета. Серия F. Строительство. Прикладные Науки. – 2017. – № 16. – Р. 41-50.

5. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования»). – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 152р.

УДК 624.044

Тензометрия каменных кладок с использованием метода корреляции цифровых изображений

Романов А.Э., студент; Поздеев М.Л., аспирант каф. ТСиТМ, канд. техн. наук*

* Ответственный за переписку: maksim.leon.pz@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В работе исследуется возможность применения метода корреляции цифровых изображений (DIC) для анализа напряженно-деформированного состояния кирпичной кладки при одноосном сжатии. В ходе эксперимента образец силикатного кирпича подвергался нагружению на гидравлическом прессе с одновременной фиксацией данных с помощью физических экстензометров и цифровой камеры. Предложена методика подготовки поверхности с нанесением спекл-текстуры, позволяющая совместить расчеты по алгоритмам DIC с анализом трещинообразования. Результаты работы подтвердили достоверность измеренных продольных деформаций, полученных контактным и бесконтактным способами. Визуализация полей деформаций по критерию Мизеса позволила идентифицировать зоны развития трещин. Сделан вывод о перспективности использования метода DIC для измерения поля относительных деформаций по всей поверхности образца.

Ключевые слова: кирпичная кладка, метод корреляции цифровых изображений, одноосное сжатие, спекл-текстура, бесконтактные измерения, DIC

Благодарности. Авторы выражают благодарность заведующему лабораторией кафедры железобетонных, каменных и деревянных конструкций ННГАСУ, канд. техн. наук Лобову Дмитрию Михайловичу за предоставленное оборудование и помощь в проведении испытаний.

Введение

Каменная кладка является неоднородным материалом, так как состоит из кирпича и растворных швов, которые по-разному работают под нагрузкой. В результате деформации распределяются неравномерно, а трещины возникают локально и не всегда предсказуемо. Это усложняет изучение напряженно-деформированного состояния кладки.

Традиционные методы измерений с использованием датчиков, устанавливаемых локально, позволяют получать точные данные только в отдельных точках или на заданных участках. Из-за этого сложно оценить общую картину деформирования и выявить зоны концентрации напряжений.

Метод корреляции цифровых изображений (DIC) является альтернативным подходом, который позволяет измерять перемещения по всей поверхности образца без контакта с ним. Это дает возможность более подробно анализировать поведение кладки и отслеживать развитие трещин [1].

При этом важным вопросом остается точность метода. Результаты DIC зависят от параметров обработки изображений. Неправильный выбор этих параметров может привести к увеличению погрешности и искажению результатов [2].

Целью данной работы является исследование деформаций каменной кладки при одноосном сжатии с использованием метода DIC, а также оценка точности метода путем сравнения с данными, полученными с помощью традиционных измерительных приборов.

Материалы и методы

Испытание на одноосное сжатие было проведено на образце каменной кладки размером 510x510 мм из утолщенного силикатного кирпича пустотность 9% на испытательной машине УИМ-100. Схема испытательной установки показана на рис. 1.

Для применения метода DIC при нагружении образца велась съемка цифровой камерой-1 Olympus OM-D E-M10 Mark III (объектив Meike 25 mm f1.8) с разрешением полученных изображений 16 Мп (3456×4608 пикселей). Для обеспечения требуемой освещенности использовался дополнительный свет. Образец кладки был окрашен белой матовой краской с последующим нанесением с помощью красной матовой краски и кисти-макловицы специальной спекл-текстуры (Speckle pattern), представляющей собой хаотично расположенные точки (рис. 1, б).

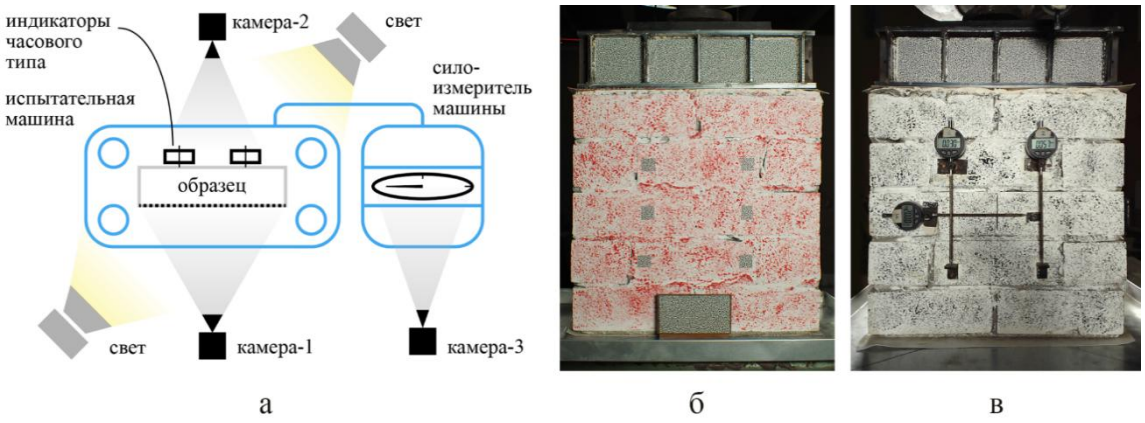


Рисунок 1 – Схема испытательной установки (а), анализируемая сторона образца (б), обратная сторона образца (в) (Источник: составлено авторами)

Измерения с обратной стороны образца проводились с помощью физических экстензометров, в качестве которых использовались цифровые индикаторы часового типа (рис. 1, в), два из которых фиксировали продольные деформации, а один – поперечную. Для измерения перемещения неподвижной нагружающей балки относительно подвижной траверсы пресса на детали также была нанесена аналогичная текстура.

Параметры спекл-текстуры зависят от разрешения камеры, используемой при съемке. Оптимальный размер одной точки составляет от трех до пяти пикселей [3]. Исходя из разрешения камеры (3456 × 4608 пикселей) и ширины образца (510 мм), размер точки должен составлять 0,5–0,8 мм. Для обеспечения необходимого размера точек было опробовано несколько способов создания спекла, среди которых нанесение с помощью кисти-макловицы и матовой краски показали оптимальный результат.

Текстура была нанесена красным цветом. Путем изоляции красного канала при обработке изображений можно практически полностью исключить текстуру со снимка. Это позволит в будущем использовать полученные результаты в обучении сверточных нейронных сетей, используемых для обнаружения трещин [4]. Обратная обработка позволяет получить черно-белое изображение, необходимое для работы алгоритмов DIC.

Основной принцип метода заключается в отслеживании перемещения характерных точек на поверхности образца. DIC не анализирует все изображение целиком, а разбивает его на подмножества пикселей. Для каждого подмножества на «эталонном» фото до нагрузки

программа ищет максимально похожий участок на других фото с помощью корреляционных функций [5].

При корреляции цифровых изображений используется субпиксельная интерполяция. Программа математически «сглаживает» яркость между пикселями, достраивая значения там, где их нет физически. Это позволяет определить искомое перемещение с точностью до 0,01 пикселя [6]. Так, для данных проведенного эксперимента потенциальная точность измерения составила 0,0015 мм. Такая точность подходит для определения деформаций кирпичной кладки в целом, но ее может быть недостаточно для определения деформаций в самом кирпиче, так как в кирпичной кладке основные деформации приходятся именно на растворные швы.

Для исключения влияния оптических искажений (дисторсии) объектива была проведена предварительная калибровка камеры. Серия снимков эталонного шаблона в виде шахматной доски была обработана с использованием языка программирования Python и библиотеки компьютерного зрения OpenCV. В результате были определены внутренние параметры камеры и коэффициенты дисторсии, которые использовались для программной коррекции изображений.

Основной этап обработки выполнялся в программном обеспечении с открытым исходным кодом OpteCAL [7]. Точность и разрешающая способность получаемых данных определялись следующими ключевыми настройками программы:

1) Region of Interest (ROI) – область на изображении, на которой применяются вычислительные алгоритмы DIC. Она была выбрана таким образом, чтобы охватить всю видимую поверхность кладки.

2) Subset size – размер фрагмента в пикселях, который алгоритм DIC отслеживает от кадра к кадру. Увеличение размера подмножества повышает стабильность расчета, но снижает пространственную детализацию. Минимально допустимым значением для получения достоверных данных является размер 19 × 19 пикселей, а оптимальным с точки зрения минимизации цифрового шума – 29 × 29 пикселей [8].

3) Subset spacing – расстояние в пикселях между центрами соседних подмножеств, определяет плотность расчетной сетки.

4) Seed – начальные области, от которых алгоритм начинает последовательный расчет перемещений для всех остальных подмножеств в области ROI. Она должна располагаться в зоне с четкой, неповрежденной текстурой.

Для измерения относительных деформаций в кладке в целом были использованы виртуальные экстензометры. Этот инструмент в программе позволяет определить относительные перемещения между двумя любыми точками на изображении в пикселях. По отношению этой величины к базе экстензометра можно измерить относительные деформации между любыми двумя точками образца.

Результаты

Для получения наиболее достоверных результатов в программе OpteCAL были подобраны оптимальные параметры, которые позволили минимизировать цифровой шум, сохранив необходимую детализацию:

– Subset size: 45 пкс.;

– Subset spacing 15 пкс.

По результатам испытаний были получены данные с физических и виртуальных экстензометров, на основе которых построены кривые зависимостей нормальных напряжений σ от относительных деформаций ε, представленные на рис. 2. Анализ зависимости σ–ε для продольных деформаций показал, что графики, построенные по показаниям виртуальных экстензометров, коррелируют с данными физических приборов на всем протяжении

испытания. Однако для поперечных деформаций наблюдается существенное расхождение данных виртуальных и физических экстензометров при малых уровнях нагрузки, что ограничивает применение метода.

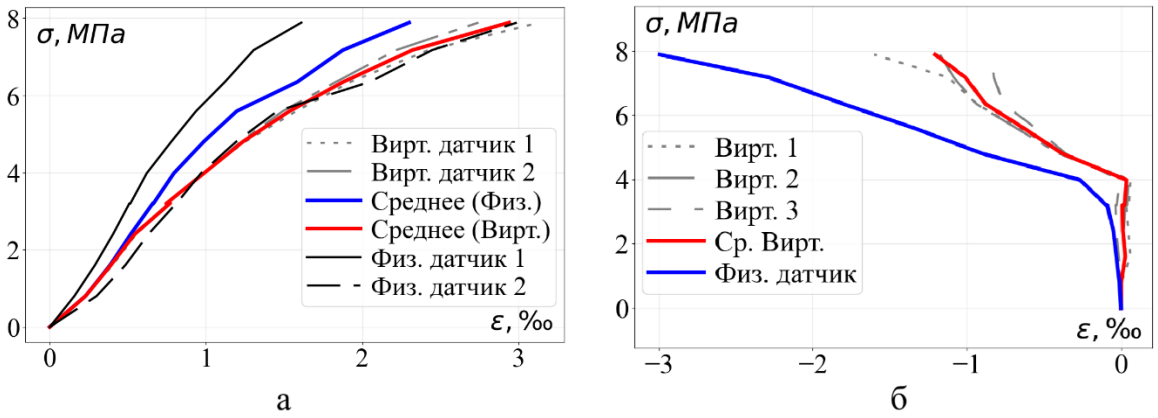


Рисунок 2 – Графики зависимости нормальных напряжений от продольных (а) и поперечных (б) относительных деформаций (Источник: составлено авторами)

Поле относительных деформаций на рис. 2 визуализировано с использованием эквивалентных деформаций ε_{eq}, вычисленных по формуле, соответствующей критерию Мизеса:

$$\varepsilon_{eq} = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 - \varepsilon_1 \varepsilon_2},$$

где ε_1, ε_2 – главные относительные деформации.

На рис. 3 отчетливо видны зоны концентрации деформаций, расположенные в растворных швах, а также зоны появления и развития трещин.

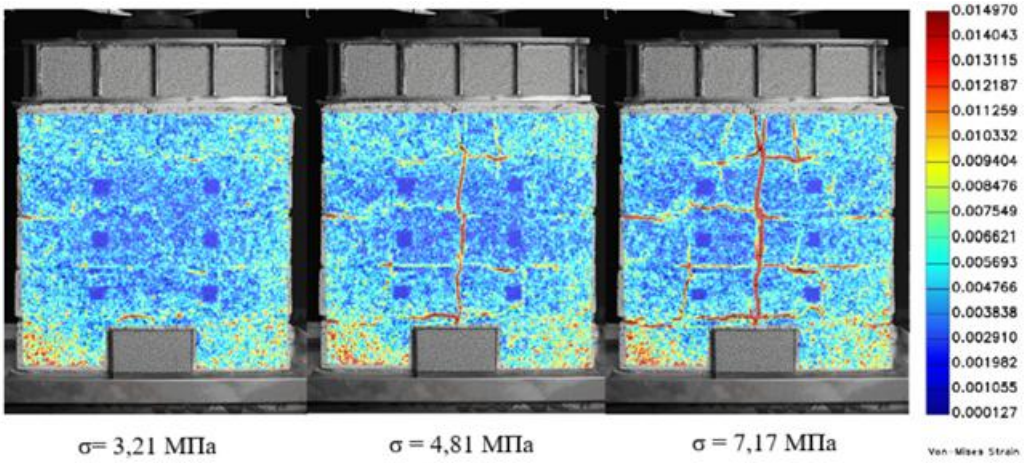


Рисунок 3 – Визуализация полей относительных деформаций (Источник: составлено авторами)

Заключение

Проведенное исследование позволило оценить применимость метода корреляции цифровых изображений (DIC) для анализа работы кирпичной кладки при одноосном сжатии.

В ходе исследования была обоснована методика подготовки поверхности образца с нанесением специальной спекл-текстуры. Выбор красного пигмента в сочетании с цифровой фильтрацией каналов обеспечил стабильную работу алгоритмов DIC и одновременно позволил определять чистые изображения трещин, которые в обычном спектре скрыты за нанесенным рисунком.

Анализ кривых деформирования показал достоверность результатов бесконтактного метода путем сравнения с данными физических экстензометров при фиксации продольных деформаций на всех стадиях нагружения. Визуализация полей деформаций по критерию Мизеса позволила выявить зоны концентрации напряжений.

Исследование выявило определенные границы применимости метода, связанные с техническими параметрами съемки. При выбранном масштабе и разрешении матрицы камеры поперечные деформации оказались малы для точного измерения. Работа подтверждает перспективность DIC как инструмента, способного обеспечить детальную и наглядную картину напряженно-деформированного состояния каменных кладок.

Список использованных источников

1. SHIH M.-H., SUNG W.-P. Application of digital image correlation method for analysing crack variation of reinforced concrete beams // Sadhana. 2013. Т. 38. № 4. С. 723-741. https://doi.org/10.1007/s12046-013-0141-5

2. Wang Y. Q. и др. Quantitative Error Assessment in Pattern Matching: Effects of Intensity Pattern Noise, Interpolation, Strain and Image Contrast on Motion Measurements // Strain. 2009. Т. 45. № 2. С. 160-178. https://doi.org/10.1111/j.1475-1305.2008.00592.x

3. Reu, P. All about speckles: Speckle Size Measurement / P. Reu // Experimental Techniques. – 2014. – Vol. 38. – All about speckles. – № 6. – P. 1-2. https://doi.org/10.1111/ext.12110

4. Сверточные нейронные сети для выявления дефектов и повреждений конструкций / Д. В. Степанов, А. В. Макаров, А. М. Молотов, Е. Н. Облетов // Промышленное И Гражданское Строительство. – 2024. – № 9. – С. 52-58. https://doi.org/10.33622/0869-7019.2024.09.52-58

5. Sutton, M. A. Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements: Basic Concepts, Theory and Applications / M. A. Sutton, J. J. Orteu, H. W. Schreier. – New York : Springer Science+Business Media, 2009. – 464 p. – https://doi.org/10.1007/978-0-387-78747-3

6. Pan B. и др. Two-dimensional digital image correlation for in-plane displacement and strain measurement: a review // Measurement Science and Technology. 2009. Т. 20. № 6. С. 062001. https://doi.org/10.1088/0957-0233/20/6/062001

7. Barthes C. OpteCAL: Digital Image Correlation Software [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: https://optecal.com (дата обращения: 10.04.2026).

8. Третьякова, Т. В. Особенности использования программного обеспечения Vic-3D, реализующего метод корреляции цифровых изображений, в приложении к исследованию полей неупругих деформаций / Т. В. Третьякова // Вычислительная механика сплошных сред. – 2014. – Vol. 7. – № 2. – P. 162-171. https://doi.org/10.7242/1999-6691/2014.7.2.17

УДК 69.07

Усиление кирпичных стен исторических зданий путем их насыщения полимерными составами

*Русаков И.В. *, студент; Чугунов А.С., старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: ila943046@gmail.com
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург

Аннотация. В статье представляется метод усиления кирпичных несущих и самонесущих стен исторических зданий, направленный восстановление несущей способности, без изменения внешнего облика наружных стен здания. Насыщение усиливаемой стены полимерными составами выполняется под действием атмосферного давления, без принудительного нагнетая полимерного состава, как требует метод инъектирования, что напрямую влияет на качество укрепления. Предлагаемая методика разработана на основе метода инъектирования ремонтными составами, нагнетаемыми в шпуры, а также с учетом выявленных недостатков у существующего метода усиления кирпичных стен. Кроме того, в данной работе приводятся технические параметры предлагаемой методики, которые зависят от физических и механических свойств укрепляемой стены, а также от параметров окружающей ее среды. В работе представлено обоснование и зависимость этих параметров. Произведено сравнение характеристик предлагаемой авторами методики и существующих методик усиления.

Ключевые слова: метод усиления, кирпичные стены, исторические здания, полимерный состав, насыщение.

Основными вертикальными элементами исторических зданий являются стены: несущие и самонесущие. До нашего времени сохранилось множество зданий, к сожалению, не в том облике, в котором их некоторое время назад возвели. Основными причинами снижения несущей способности, изменения внешнего вида лицевой поверхности кирпичных стен являются влияние высокой влажности, температурных колебаний, механических повреждений. Важно найти решение по укреплению стен исторических зданий не только для сохранения эстетического вида, но и для безопасности эксплуатации в современных городах.

Разработанный метод является актуальным в связи с ростом количества зданий исторического назначения, которые имеют кирпичные стены, находящиеся в аварийном или недопустимом состояниях эксплуатации. Актуальность так же заключается, в современном подходе к данному вопросу и использовании современных материалов, таких как полимеры (к примеру, эпоксидные смолы). Предлагаемый метод гарантирует прочность и долговечность, которая определяется повышением устойчивости материала конструкции к внешней среде.

Анализ методов усиления

1. Метод, заключающийся в применении стальной обоймы (рис. 1), состоящей из стальных уголков и стальных планок, соединяющихся уголки в пространственный каркас [1]. Этот метод реализуется путём обжимания кирпичной, бетонной или железобетонной конструкции стальным каркасом – стальной обоймой. Стальная обойма препятствует поперечному расширению материала под нагрузкой, создавая эффект «объёмного сжатия», что и позволяет повысить несущую способность усиливаемого кирпичного простенка. Но ко всему, данный метод имеет ряд недостатков, такие как достаточно большое увеличение толщины облицовочного-штукатурного слоя, что приводит к изменению внешнего облика

усиливаемой кирпичной стены. Это является недопустимым, так как одной из главных задач – сохранение внешнего облика стен исторического здания.

Рисунок 1 – Применение стальной обоймы для усиления железобетонной колоны (Источник: [1])

2. Метод с использованием железобетонной рубашки (рис. 2) Данный метод заключается в том, что вокруг усиливаемой конструкции устраивается железобетонная рубашка [2, 3]. Железобетонная рубашка возводится в два этапа: армирование и бетонирование. Помимо этих этапов, проводятся подготовительные работы по очистке поверхности. Стоит отметить, что класс бетона, при использовании этого метода, должна быть не ниже В25. У этого метода так же есть негативные характеристики, одна из главных – это увеличение веса усиливаемой конструкции, что в последствии может привести и к усилению фундамента. Это напрямую влияет на стоимость всего процесса усиления.

Рисунок 2 – Применение железобетонной рубашки (Источник: [2])

3. Метод, основанный на наклеивании полимерных лент на поверхность усиливаемой конструкции с помощью огневого способа или при помощи клевого состава (рис. 3) Наиболее часто встречается реализация данного метода, заключающаяся в наклейке на поверхность стен лент с применением в качестве клеящего состава на основе эпоксидных смол [4]. Полимерные ленты являются достаточно прочным материалом, что позволяет выполнить усиление, дающее

значительные повышение несущей способности усиливаемой конструкции. Но и этот метод имеет свои недостатки: ленты не подойдут для усиления конструкций с корродированной стальной арматурой без устранения причин коррозии; температура эксплуатации усиленной конструкции без защитного слоя не должна превышать температуру стеклования композита. В экономическом плане метод является дорогостоящем (на 20% дороже по сравнению с разрабатываемым методом). В принципе данный метод усиления является эффективным в некоторых случаях, но его влияние на эстетический вид усаливаемой кирпичной конструкции вид, как и в первом методе, недопустимо.

Рисунок 3 – Применение полимерных лент (Источник: [4])

4. Метод инъектирования ремонтных составов в шпуры (рис. 4). Данный метод является прототипом для разрабатываемого метода усиления. Метод инъектирования ремонтных составов в шпуры заключается в бурении шпуров, в которые осуществляется нагнетание ремонтного состава под давлением [5, 6]. Ремонтный состав нагнетают двумя этапами для полного заполнения даже самых мельчайших пустот и трещин. К недостатку этого метода относится то, что в следствии нагнетания ремонтного состава происходит распирание структуры кирпичной стены, приводящее к дополнительному разрушению (к деструкции каменного материала). Помимо этого, наблюдается недостаточное сцепление между составом и материалом стены. Этот метод мог бы быть эффективным как способ восстановления гидроизоляции или сплошности конструкции для снижения продуваемости наружных стен.

Рисунок 4 – Применение иъектирования ремонтных составов в шпуры для усиления каменной конструкции (Источник: [5])

Предлагаемое решение по усилению кирпичной стены

Данное решение представлено на рис. 5. Усиление по данной методике начинается с бурения наклонных шпуров, имеющих заданные параметры в зависимости от физических характеристик внешней среды и внутренней структуры стены. После бурения шпуров вставляются патрубки, через которые подается ремонтный состав на основе полимеров. Подача ремонтного состава осуществляется при атмосферном давлении, то есть самотеком. При таком технологическом подходе наблюдается напитывание только под действием атмосферного давления усиливаемой кирпичной конструкции, что предотвращает ее от дальнейшего разрушения, как это происходит в предыдущем методе. За счет правильно подобранной консистенции ремонтного состава, соблюдения температурного режима при усилении, зависящего от выбранного состава, происходит равномерное распределение полимера в теле каменной конструкции.

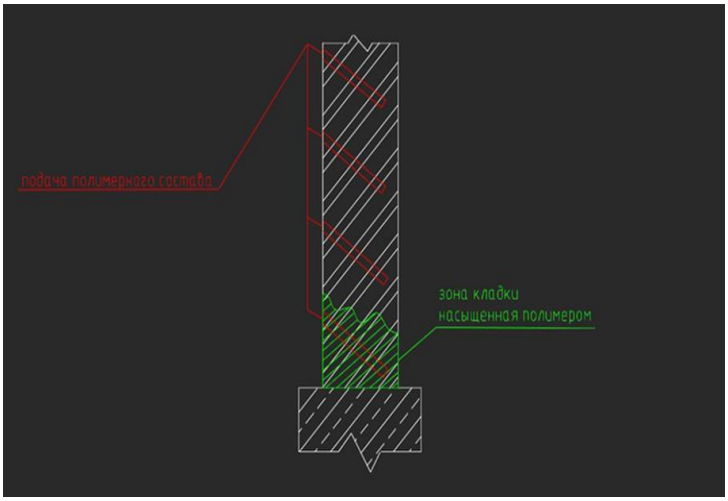


Рисунок 5 – Предлагаемое решение (Источник: составлено авторами)

Характеристики предлагаемого метода

На основании данных, полученных в [3], данная методика позволяет выполнять работы по усилению в труднодоступных местах. Использование данной методики исключает применение огневого способа, что не допускает риска возгорания при выполнении работ. Кроме того, данная методика не требует выполнения штукатурного слоя большой толщины для укрытия элементов классического усиления стен, позволяет создавать проемы в кирпичных стенах без использования стальных перемычек и при выполнении силового пояса в кирпичной стене не требуется выполнять демонтажные работы.

Обоснование и зависимость параметров предлагаемого метода

У предлагаемого метода есть несколько главных параметров, которые устанавливаются в зависимости от внешних факторов, а также в зависимости от параметров применяемого полимерного ремонтного состава. Диаметр шпура зависит от диаметра патрубка питательной системы, что, в свою очередь, влияет на скорость и равномерность распределения ремонтного состава. Глубина шпура зависит от вязкости полимерного ремонтного состава и толщины усиливаемой стены. Угол наклона шпура к линии горизонта зависит от химического состава полимера и его вязкости в жидком состоянии. Последний параметр шаг расположения шпуров определяется расчетным путем в зависимости от химического состава полимера, принятой глубины и угла наклона шпура. В среднем шаг шпуров составляет 40 – 80 см. Предлагаемая методика усиления кирпичной стены будет протестирована на строительном объекте – на стенах здания Федоровского городка в городе Санкт-Петербурге.

Список использованных источников

1. Данилов, С.В. Усиление железобетонных колонн стальными обоймами / С.В. Данилов, Л.М. Фомичева // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы международной научно-технической конференции, Могилев, 27–28 апреля 2017 года / ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет». – Могилев: Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», 2017. – С. 240-241. – EDN YPMYUJ.

2. Усиление сжатых железобетонных элементов при реконструкции зданий и сооружений / Р.А. Марков, В.Е. Пахомов, П.И. Фесенко, Д.С. Хрестинин // Технологии, машины и оборудование для проектирования, строительства объектов АПК: сборник научных статей Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 15 марта 2023 года. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2023. – С. 235-239. – EDN BTCWLC.

3. Русаков, И.В. Альтернативные методы усиления кирпичных стен / И.В. Русаков // Вестник науки. – 2025. – Т. 5, № 6-1(87). – С. 877-886. – EDN HISPIH.

4. Polymer Composites for External Reinforcement of Building Structures / E.E. Shmoilov, M. Yu. Fedotov, I.A. Sharutin [et al.] // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2024. – Vol. 20, No. 1. – P. 21-34. – DOI 10.22337/2587-9618-2024-20-1-21-34. – EDN IVBBPJ.

5. Грановский, А.В. Инъекционные составы для повышения прочности и монолитности кирпичной кладки / А.В. Грановский, Ю.С. Кунин, О.Е. Легецкий // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 4. – С. 16-20. – DOI 10.33622/0869-7019.2023.04.16-20. – EDN XJFSET.

6. Патент № 2675820 C2 Российская Федерация, МПК E02D 31/02. Способ гидравлического инъектирования гидроизоляционного состава при проведении работ по внутригрунтовой защите строительных объектов (Варианты): № 2016148534: заявл. 09.12.2016: опубл. 25.12.2018 / Е.Ю. Цыгельнюк, В.В. Свистун. – EDN TGFQFR.

УДК 72.03

Скрытая конструктивность: инженерная функция декоративных элементов в традиционной китайской архитектуре

*Селиванова Э.В. *, студент;*

*Ответственный за переписку: evelinaselivanova052@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается двойственная природа элементов фасада в традиционном китайском зодчестве. На примере входных групп (мэнь-дунь), фигурок на крышах (цзоу-шоу), противопожарных стен (матоуцян), доугун, экранных стен (инби) доказывается, что богатый декор выполнял в первую очередь инженерные и защитные функции. Показано, что мифологические образы скрывают прагматичные решения, направленные на сейсмоустойчивость, гидроизоляцию, пожарную безопасность и ветрозащиту. Результаты исследования позволяют переосмыслить традиционную архитектуру как единство эстетики и конструктивной логики.

Ключевые слова: традиционная китайская архитектура, доугун, мэнь-дунь, сейсмоустойчивость, деревянное зодчество, декор, инженерные конструкции, история архитектуры.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры теории сооружений и технической механики ННГАСУ, Облетов Евгений Николаевич

Введение

При взгляде на традиционные китайские постройки, будь то дворцовые ансамбли Запретного города или частные усадьбы (сыхэюань), зрителя поражает обилие декора. Каменные львы у входа, изогнутые крыши с вереницей керамических фигурок, сложные деревянные карнизы и высокие ступенчатые стены создают впечатление исключительной эстетической продуманности. В западной историографии долгое время преобладал взгляд на эти элементы как на сугубо мифологические или ритуальные, призванные отпугивать злых духов [1].

Однако древнекитайские зодчие руководствовались принципом прагматизма, сформированным многовековым опытом строительства в условиях высокой сейсмической активности, влажного климата и высокой плотности застройки. В отличие от западной традиции, где декор часто накладывался на уже готовую стену (лепнина, барельефы), в Китае «украшение» зачастую являлось неотъемлемой частью несущей конструкции или системы защиты здания. Цель данной работы – показать, как за мифическими образами «духов-хранителей» скрываются гениальные инженерные решения, обеспечивающие долговечность и надежность сооружений.

Материалы и методы

Объектом исследования выступают конструктивно-декоративные элементы традиционной китайской архитектуры, сохранившиеся в памятниках эпох Мин и Цин (Запретный город, усадьбы провинции Аньхой и др.). В работе использован метод структурно-функционального анализа, позволяющий рассматривать архитектурные детали в единстве их эстетической и инженерной роли. Источниковую базу составили натурные наблюдения, материалы полевых исследований, опубликованные в специализированных изданиях, инструменты искусственного интеллекта, а также данные, представленные в открытых архивах кафедр архитектурного профиля

Сравнительный анализ проводился по следующим группам элементов: входных групп (мэнь-дунь), фигурок на крышах (цзоу-шоу), противопожарных стен (матоуцян), доугун, экранных стен (инби). Для каждого элемента выделялись мифологическая (декоративная) функция и реальная конструктивная или защитная задача.

Результаты исследования

В результате анализа установлено, что большинство декоративных элементов традиционной китайской архитектуры неразрывно связаны с несущими конструкциями или системами защиты здания. В табл. 1 представлено обобщение выявленных функций.

Таблица 1 – Конструктивная роль декоративных элементов в традиционной китайской архитектуре

Элемент	Внешний вид (декоративная функция)	Конструктивная (инженерная) функция
Мэнь-дунь (каменные стражи у входа)	Статуи львов, барабаны с благопожелательными узорами	Противовес для тяжелых деревянных ворот; фиксация оси вращения; удержание дверной рамы от опрокидывания
Цзоу-шоу (фигурки на коньке крыши)	Вереница мифических зверей (драконы, львы, фениксы)	Декоративные колпачки на гвоздях, фиксирующих черепицу; герметизация отверстий от коррозии; дополнительный прижим угловых элементов кровли
Матоуцян (стены «голова лошади»)	Высокие ступенчатые белые стены, выступающие над крышей	Противопожарные брандмауэры; препятствие распространению огня при плотной застройке; рассечение воздушного потока с искрами
Доугун (деревянные кронштейны)	Сложная мозаика, напоминающая цветок	Распределение нагрузки от крыши на колонны; сейсмогашение за счет подвижности соединений; увеличение вылета карниза для защиты стен от осадков
Инби (экранная стена)	Отдельная стена с мозаикой или иероглифами сразу за воротами	Ветрозащита; обеспечение приватности; создание зоны спокойного воздуха во внутреннем дворе

Обсуждение результатов

Полученные данные позволяют утверждать, что традиционная китайская архитектура представляет собой образец функционального синтеза. Каждый из рассмотренных элементов демонстрирует приоритет инженерной логики над чисто декоративной.

Мэнь-дунь является классическим примером маскировки конструктивного узла. Подобные элементы часто ошибочно интерпретируются исключительно как скульптурный декор. Между тем их основная задача – служить противовесом для тяжелых деревянных ворот, вращающихся на осях. Камень включает две части: видимую декоративную и внутреннюю, скрытую за порогом, в которой выполнено углубление для оси. Массой камня удерживается дверная рама, предотвращая ее опрокидывание. Представлено на рис. 1.

Рисунок 1 – Мэнь-дунь (Источник: [2])

Фигурки Цзоу-шоу на углах крыши выполняют утилитарную функцию колпачков для гвоздей. Китайская черепица имеет округлую форму и значительный вес. На стыках скатов, где ветровая нагрузка максимальна, черепица фиксируется длинными гвоздями. Открытые гвозди ржавели бы и разрушали деревянную обрешетку. Керамические фигурки герметизируют отверстия, предотвращают коррозию и своей массой дополнительно прижимают угловые элементы. Можно рассмотреть на рис. 2.

Рисунок 2 – Фигурки Цзоу-шоу (Источник: [3])

Стены Матоуцян (стиль Хуэй), что представлены на рис. 3, решают проблему пожаров в плотной деревянной застройке. Их высота и ступенчатая форма препятствуют перебросу огня через крыши. Загибы на концах («головы лошади») направляют поток горячего воздуха с искрами вверх, предотвращая возгорание соседних строений.

Рисунок 3 – Стены Матоуцян (Источник: [4])

Система доугун представляет собой уникальное инженерное решение, работающее без единого гвоздя. Соединение элементов по принципу пазла обеспечивает подвижность, что критически важно при землетрясениях. Жесткое соединение разрушилось бы, в то время как доугун демпфирует сейсмические колебания, поглощая энергию толчков. Кроме того, эта система позволяет создавать значительные вылеты карнизов, защищающие деревянные и глинобитные стены от дождя. Систему доугун можно рассмотреть на рис. 4.

Рисунок 4 – Система доугун (Источник: [5])

Экранная стена инби выполняет ветрозащитную функцию и обеспечивает приватность. В условиях северного Китая, где характерны сильные ветры и пыльные бури, открытый двор приводил бы к выдуванию тепла и запылению жилых помещений. Стена разбивает воздушный поток, создавая внутри двора спокойную зону. На рис. 5 представлен пример инби в одном из королевских дворцов

Рисунок 5 – Экранная стена инби (Источник: [6])

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что традиционная китайская архитектура базируется на принципе неразрывного единства формы и функции [7, 8]. Декоративные элементы, которые на первый взгляд кажутся данью мифологии или эстетике, в действительности являются неотъемлемыми частями конструктивных систем, обеспечивающих сейсмостойкость, долговечность, гидроизоляцию, пожарную безопасность и ветрозащиту. Мифические образы (львы, драконы, фениксы) служат художественным оформлением рациональных инженерных решений, накопленных многовековым опытом.

Список использованных источников

1. Лян Сычэн. История архитектуры Китая / Лян Сычэн ; пер. с кит. М. Ю. Шевченко. – 2-е изд., эл. – Москва : Шанс, 2025. – 657 с. – ISBN 978-5-907854-41-3 – URL:. *https://stroki.mts.ru/book/istoriya-arkhitektury-kitaya-305354*

2. Китайский лев [Электронный ресурс] // Milana-tour : туристический портал [сайт]. – URL:. *https://milana-tour.ru/travel/kitajskij-lev*

3. [Фотография декора китайской крыши] // Wikimedia Commons [сайт]. – URL: *https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9f/HighStatusRoofDeco.jpg*

4. Huangshan Travel Guide [Electronic resource] // China Educational Tours [сайт]. – URL: *https://www.chinaeducationaltours.com/guide/huangshan-travel.htm*.

5. Почему в азиатских странах крыши зданий загнуты вверх [Электронный ресурс] // Рамблер [сайт]. – 27.07.2022. – URL: *https://woman.rambler.ru/home/49071008-pochemu-v-aziatskih-stranah-kryshi-zdaniy-zagnuty-vverh/*

6. Инби в ссср / bastrakof // LiveJourna [сайт]l. – URL: *https://bastrakof.livejournal.com/744913.html*

7. Цзян, Чжао. Китайское традиционное жилище / Чжао Цзян. – Москва : Китайский фонд гуманитарных и естественнонаучных исследований ; Московская государственная художественно-промышленная академия им. С. Г. Строганова. – 140 с. – ISBN 978-5-87627-111-2. – URL:*https://e.lanbook.com/book/73827?category_pk=11056*

8. Фан, Д. Архитектура сельских жилых комплексов в провинции Хэнань / Д. Фан // Вестник Брестского государственного технического университета. Строительство и архитектура. – 2010. – № 1(61). – С. 20-23. – EDN RVQARB.

УДК 624.138.26

Геотехническое обоснование и анализ эффективности применения песчаных свай для усиления торфяных оснований при вариантном проектировании

Серова А.А., студент; Сучкова Е.О., доцент*

* Ответственный за переписку: serova.alina006@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В работе рассмотрены проблемы строительства на торфяных грунтах, характеризующихся высокой сжимаемостью и низкой несущей способностью. Цель исследования – геотехническое обоснование применения песчаных свай для усиления торфяных оснований с выбором оптимальных параметров конструкции, обеспечивающих минимизацию осадок. Описан технологический процесс устройства песчаных свай уплотнения с использованием инвентарной трубы и вибратора. Показано, что размещение свай в шахматном порядке способствует максимальному уплотнению торфа, ускорению консолидации и повышению прочности основания. Проведен сравнительный анализ метода: отмечены преимущества (снижение осадки, рост несущей способности, экономия до 60% по сравнению с полной заменой грунта), недостатки и ограничения. Подчеркнута экологическая безопасность технологии. Обоснована необходимость вариативного проектирования с учетом конкретных инженерно-геологических условий для подбора оптимальных параметров усиления. Сделан вывод, что сочетание песчаных свай с вариативным анализом позволяет достичь баланса между надежностью, долговечностью и стоимостью строительства на слабых торфяных основаниях.

Ключевые слова: усиление оснований, торфяные грунты (слабые основания), песчаные сваи уплотнения, вариативное проектирование, консолидация и осадка.

Научный руководитель – доцент кафедры оснований, фундаментов и инженерной геологии ННГАСУ, Сучкова Елена Олеговна

Строительство на торфяных грунтах осложняется необходимостью возведения искусственного основания, которое должно сочетать в себе высокую надежность, длительный срок службы и доступную стоимость.

Торфяные грунты – сложный тип слабых грунтов для возведения зданий и сооружений. Они характеризуются высокой сжимаемостью, низкой прочностью, высокой водопроницаемостью, большой пористостью и значительным содержанием органических веществ. Строительство на таких грунтах без предварительной подготовки основания практически невозможно, так как это приводит к значительным и неравномерным осадкам, деформациям и, в конечном итоге, разрушению сооружений.

Целью работы является геотехническое обоснование применения песчаных свай для усиления торфяных оснований и анализ их эффективности в рамках вариативного проектирования, направленный на выбор оптимальных параметров конструкции, обеспечивающих минимизацию осадок и повышение несущей способности.

Задача исследования заключается в разработке научно обоснованных и практически применимых решений по устройству искусственных оснований на торфяных грунтах с использованием песчаных свай уплотнения.

Геотехническое обоснование применения песчаных свай для усиления таких оснований базируется на ускорении консолидации слабого грунта и повышении его несущей способности за счет создания дренирующего контура.

Уплотнение песчаными сваями производят на всю глубину слабого торфяного слоя. При устройстве грунтовых свай в грунт внедряется инвентарная труба диаметром 320-570 мм, снабженная раскрывающимся наконечником. При погружении трубы – грунт вокруг сваи уплотняется, затем в трубу засыпается крупный или средней крупности песок. При работающем вибраторе наконечник раскрывается, а труба постепенно извлекается из грунта. Песок высыпается в скважину, образуя песчаную сваю [1].

Сваи в плане размещают в шахматном порядке (рис. 1). На уплотненном основании фундаменты возводят как на естественном, с учетом изменившейся влажности и плотности сухого грунта.

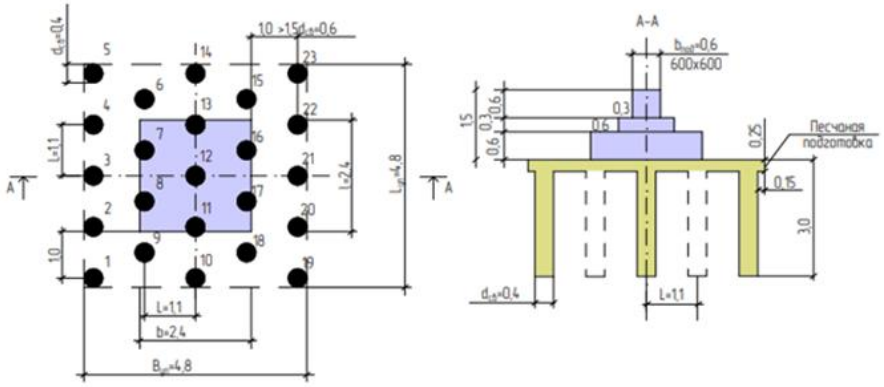


Рисунок 1 – Столбчатые фундаменты: а – на основании, уплотненным песчаными сваями (Источник: составлено авторами)

При устройстве такого основания происходит максимальное уплотнение торфа, что увеличивает его прочность и уменьшает сжимаемость, повышается несущая способность основания, вследствие чего снижается осадка и деформации (рис. 2), происходит консолидация торфа [2].

Анализ эффективности устройства песчаных свай как метода усиления торфяных оснований представлен в сводной таблице 1.

Таблица 1 – Анализ эффективности устройства песчаных свай

Метод	Преимущества	Недостатки	Ограничения	Экономическая эффективность	Экологические аспекты
Устройство песчаных свай	Снижение осадки; Увеличение несущей способности; Ускорение консолидации	Возможное увеличение нагрузки на нижележащие слои	Ограничение на участках с высоким уровнем грунтовых вод при слабом подстилающем слое	На 60% дешевле полной замены грунта	Экологически безопасные материалы; Снижение выбросов CO_2 в атмосферу

Такой метод для усиления торфяных оснований является технически и экономически эффективным.

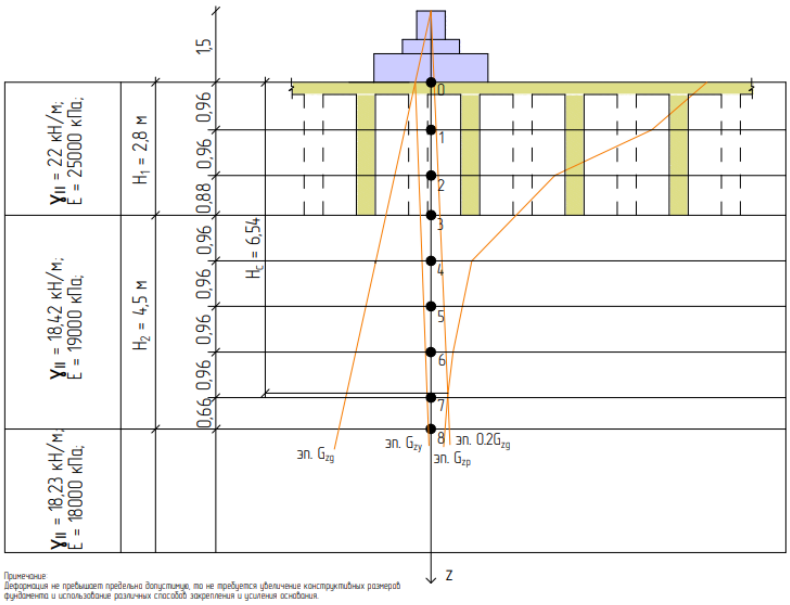


Рисунок 2 – Определение осадки методом послойного суммирования (Источник: составлено авторами)

Применение песчаных свай в рамках вариативного проектирования с расчетом оптимальных параметром должно происходить для конкретных инженерно-геологических условий (рис. 3). В работе [3] рассмотрено сравнение устройство песчаных свай с армированием геотекстильным полотном.

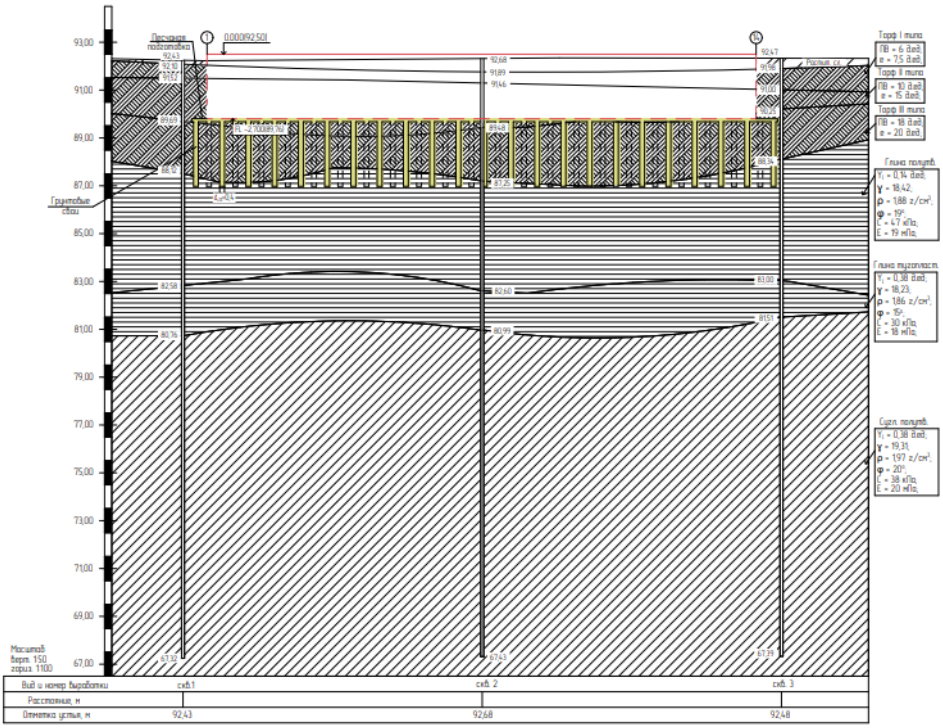


Рисунок 3 – Инженерно-геологический разрез с грунтовыми сваями (Источник: составлено авторами)

Вариативное проектирование позволяет подобрать оптимальные параметры усиления путем сравнения различных вариантов (рис. 4).

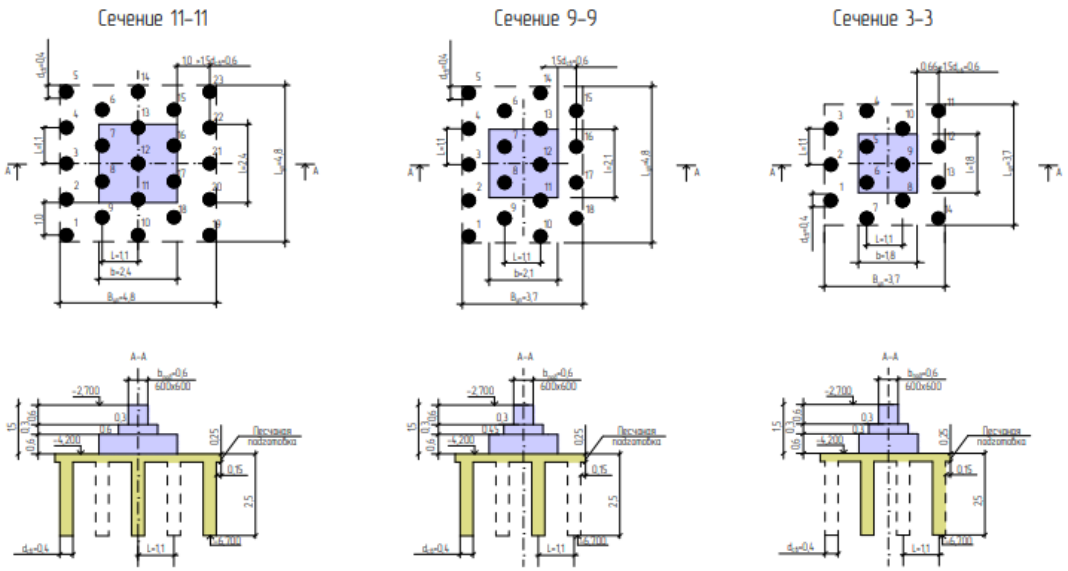


Рисунок 4 – Вариативность сечений (Источник: составлено авторами)

В современной геотехнике для работы со слабыми грунтами все чаще используют текстильно-песчаные сваи (ТПС). Технология такова: геотекстильную оболочку цилиндрической формы (диаметром от 0,4 до 1,5 м) вставляют в обсадную трубу, погружают в слабый слой с заглублением в прочный грунт (вибрацией или бурением), а затем заполняют крупнозернистым песком или гравием, уплотняя вибрацией. Шаг установки свай рассчитывается индивидуально и обычно составляет 0,8–4,5 м [4]. В результате грунт в зоне уплотнения становится прочнее и менее деформативным, что позволяет передавать на него повышенные нагрузки [5].

Таким образом, при проектировании искусственных оснований на торфяных грунтах целесообразно применять песчаные или текстильно-песчаные сваи уплотнения в сочетании с вариативным анализом параметров, что позволяет достичь оптимального баланса между надежностью, долговечностью и стоимостью строительства.

Список использованных источников

1. Методические рекомендации по проектированию и технологии сооружения вертикальных песчаных дрен и песчаных свай при возведении земляного полотна на слабых грунтах. – М.: 1975. – 66 с.

2. Попов, Е. В. Фундаменты на коротких песчаных сваях / Е. В. Попов // Вологдинские чтения. – 2004.– № 38-2. – С. 264. – EDN HZBOOX.

3. Серова, А. А. Анализ вариантов искусственного основания для строительства на торфяных грунтах / А. А. Серова, Е. О. Сучкова // II Всероссийская конференция Нижегородского фестиваля науки с международным участием : Сборник тезисов докладов, Нижний Новгород, 22–24 октября 2025 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 183-184. – URL: *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=87682316* (дата обращения: 15.03.2026). Текст : электронный.

4. ОДМ 218.2.054–2015. Рекомендации по применению текстильно-песчаных свай при строительстве автомобильных дорог на слабых грунтах основания. – Росавтодор. М., 2017. – 78 с.

5. Лачинов, М. Н. Применение текстильно-песчаных свай при возведении земляного полотна на слабых грунтах основания / М. Н. Лачинов, О. А. Михаль, С. И. Булдаков // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции, Екатеринбург, 07–17 апреля 2025 года. – Екатеринбург: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный лесотехнический университет», 2025. – С. 753-757. – EDN TJEZLR.

УДК 533.6:624.042.41:624.074.2

Исследование влияния ветровой нагрузки на покрытие купола зонтичной формы

*Солнцева В.М. *, студент; Федоров А.В., студент; Трянина Н.Ю., канд. техн. наук, проф. кафедры теории сооружений и технической механики*

* Ответственный за переписку: solnceva.varya@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье представлено численное исследование влияния ветровой нагрузки на поверхность зонтичного купола в зависимости от числа сегментов, радиуса кривизны и других геометрических характеристик. Описывается порядок создания модели оболочки в программе Revit 2025 с использованием параметрических семейств. Дается сравнение значений аэродинамических коэффициентов, полученных с помощью комплекса RWIND и по СП «Нагрузки и воздействия». Приводятся результаты аэродинамических исследований в зависимости от числа сегментов и радиуса кривизны купола при двух характерных видах воздействия ветра.

Ключевые слова: зонтичный купол, параметрическое исследование, численное моделирование, ветровая нагрузка, аэродинамические коэффициенты, сравнительный анализ.

Научный руководитель – профессор кафедры теории сооружений и технической механики ННГАСУ, канд. техн. наук, Трянина Надежда Юрьевна

Введение

В мировой и отечественной практике активно исследуется проблема распределения аэродинамического давления на разнообразные архитектурные формы, и существуют различные подходы к моделированию взаимодействия ветровых потоков с такими формами [1]. В данном исследовании рассматривается два варианта формы купола – традиционная в виде полусферы и нестандартная, представленная зонтичной поверхностью с различным количеством сегментов и радиусом кривизны [2].

Цель численного эксперимента: определение влияния «лепестковой» формы купола на его обтекаемость ветровым потоком; сравнение нескольких вариантов моделей куполов для определения рациональной обтекаемой формы.

В данной статье применяется анализ потоков с использованием вычислительной гидродинамики (CFD) для определения ветровых нагрузок на купольное покрытие со сложной пространственной геометрией.

Местом строительства проектируемого объекта выбран г. Ростов-на-Дону.

Разработка цифровой модели покрытия

3D-модель здания разработана в программе Autodesk Revit 2025 с использованием параметрических семейств. С помощью параметризации, была получена возможность быстро подготовить расчётные модели и экспортировать их в расчетный комплекс RWIND.

Первым этапом создания модели купола стало сочетание двух круглых тел – цилиндра высотой 28 м и радиусом основания 30 м, а также единичного параметризованного сегмента. Основой для последнего послужил круг, который описывает форму по траектории [3], представляющей собой четверть окружности радиусом 30 м. Сегмент представлен на рис. 1, а.

Второй этап заключается в отсечении части геометрии таким образом, чтобы оставшаяся форма образовала сегмент – «лепесток» купола (рис. 1, б). Для параметрического изменения угла сегмента в области редактора геометрии задаются соответствующие свойства (рис. 1, в).

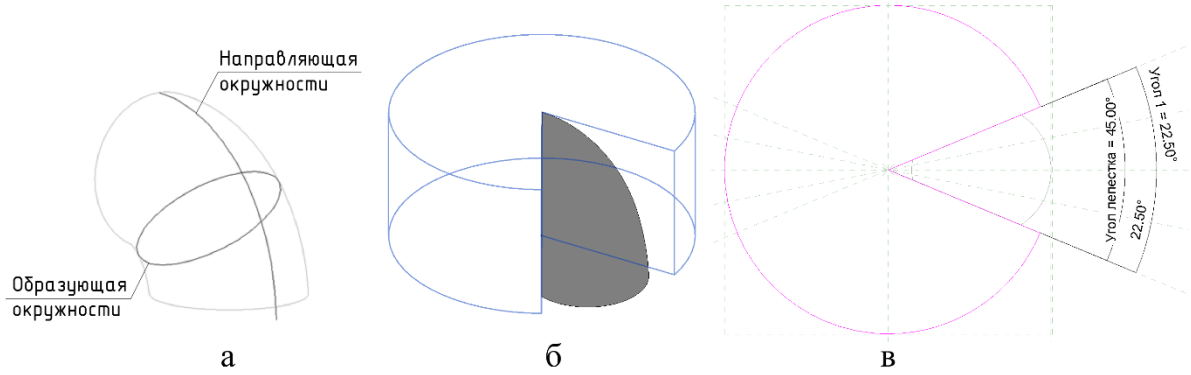


Рисунок 1 – Модель сегмента покрытия: а – схематичный вид, б – фрагмент в усеченном виде, в – задание параметров (Источник: составлено авторами)

На третьем этапе с помощью инструмента «массив по кругу» выполняется размножение сегмента с присвоением ему геометрических зависимостей, включая число сегментов, угол поворота и радиус кривизны, для получения купола в итоговом варианте (рис. 2, б). Пологость купола обеспечивается увеличением параметра закругления сегмента в вертикальной плоскости (рис. 2, в). В качестве наглядного сопоставления приведен пример гладкого купола, который является наиболее типичной и общепринятой формой покрытия (рис. 2, а).

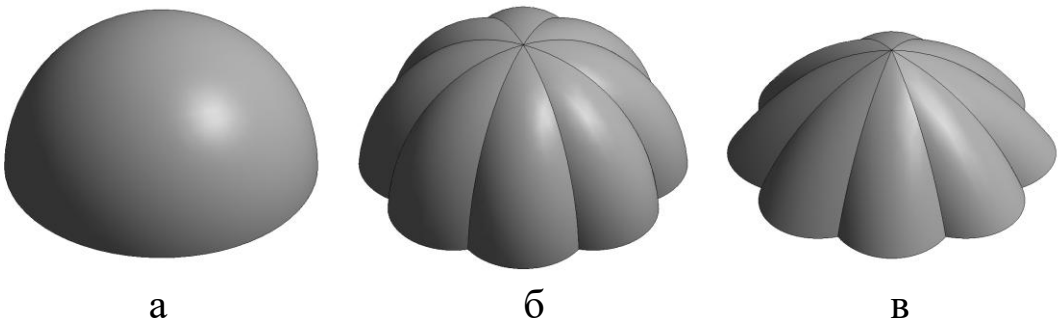
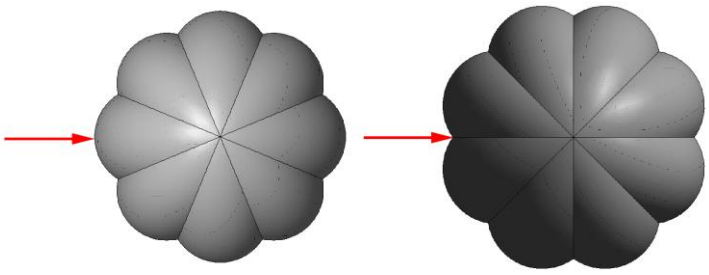


Рисунок 2 – 3D-модель купола: а – гладкий купол, R30, б,в – зонтичная форма с радиусом кривизны R30 и R80 (Источник: составлено авторами)

Заключительным этапом является процесс передачи модели в ПК RWIND в формате IFC и задание параметров ветровой нагрузки. Критерием оценки выступает сила сопротивления формы покрытия на силы воздушного потока. При моделировании потока рассматривается два положения модели (рис. 3): центром сегмента и стыком сегментов к направлению ветра.



а б

Рисунок 3 – Сравнение двух вариаций положения модели: а – центром сегмента, б – стыком сегментов (Источник: составлено авторами)

Профиль ветра на основании действующего нормативного документа ГОСТ Р 56728-2015 определяется по формуле:

$$U(z) = U_o \left(\frac{z}{z_o}\right)^{\alpha}, U_o = \left(\frac{2w_o}{\rho}\right)^{0.5}, \quad (1)$$

где $U(z)$ – средняя скорость ветра над уровнем земли, м/с; U_o – характерная скорость нормативного ветра, м/с; z – высота над поверхностью земли, м; z_o и α – параметры, определяемые типом шероховатости местности; w_o – нормативное значение ветрового давления, Па; ρ – плотность воздуха при нормальных атмосферных условиях, кг/м3.

Полученные функции профиля ветра задаются в ПК RWIND, как представлено на рис. 4.

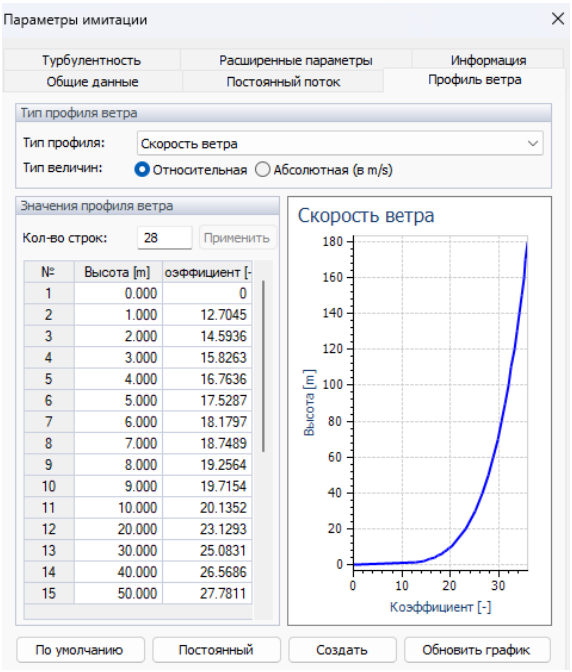
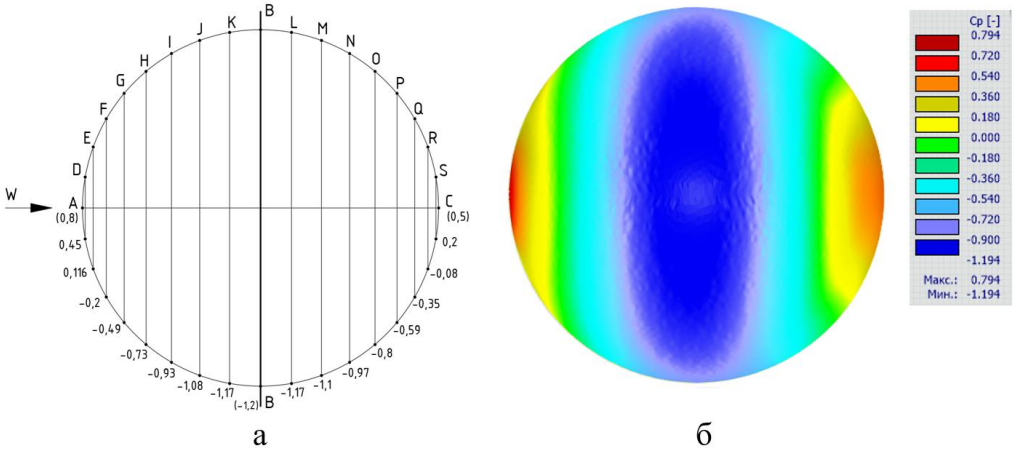


Рисунок 4 – Параметр набегающего потока (Источник: составлено авторами)

Сравнение аэродинамических характеристик купола гладкой формы

В ходе исследования проведен сравнительный анализ численных значений аэродинамического коэффициента давления (Ср) для традиционной гладкой формы купола [4], полученных в соответствии с требованиями СП 20.13330.2016, и результатов, вычисленных с использованием аэродинамического комплекса RWIND.

Аэродинамические коэффициенты, полученные первым способом [4], отмечены на схеме рис. 5, а. Данные численного эксперимента представлены в виде цветных изополей на рис. 5,б. Красным цветом выделены положительные ветровые давления (напор), синим цветом – отрицательные ветровые давления (отсос).



а б

Рисунок 5 – Значения аэродинамических коэффициентов: а – расчетный метод, б – численное моделирование (Источник: составлено авторами)

Сравнительный анализ подтверждает согласованность полученных данных с незначительной погрешностью. Численный эксперимент по определению аэродинамических коэффициентов, проведенный для полусферической гладкой формы купола, соответствует нормативным требованиям СП 20.13330.2016 и, следовательно, может быть продолжен для куполов зонтичной формы.

Аэродинамическое исследование зонтичного купола

Для некоторых нетиповых форм покрытий купола, как, например, выпуклой зонтичной [2], не всегда есть возможность использовать рекомендации нормативных документов. В таких случаях выполняют численные исследования с помощью расчетных аэродинамических комплексов [1]. В цифровой аэродинамической трубе ПК RWIND было проведено параметрическое исследование изменения аэродинамического сопротивления купола в зависимости от радиуса кривизны покрытия, количества сегментов и угла атаки. Результаты представлены на рис. 6.

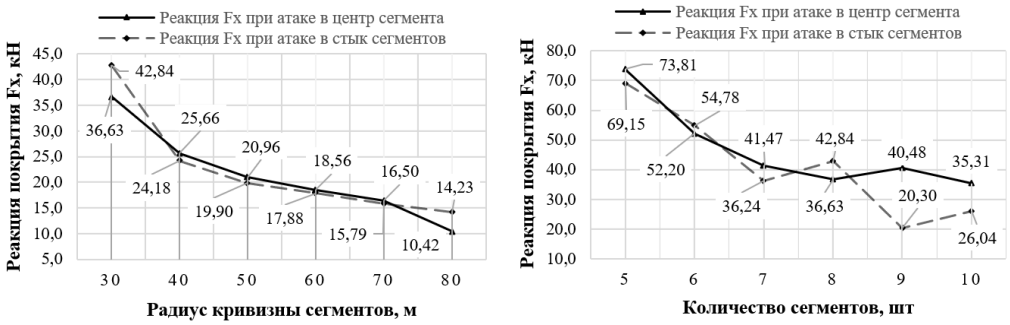
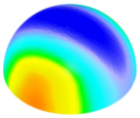
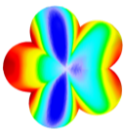
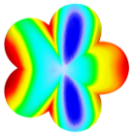
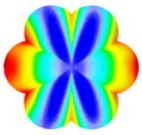
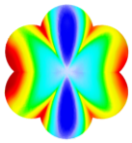
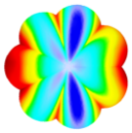
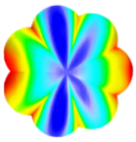
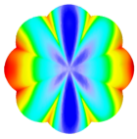
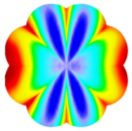
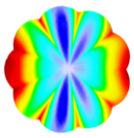
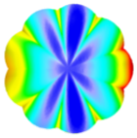
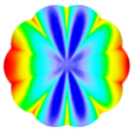
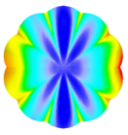


Рисунок 6 – Зависимость реакции покрытия на воздействие ветра от радиуса кривизны сегментов (слева) и количества сегментов (справа) при атаке в центр сегмента и в стык между сегментами (Источник: составлено авторами)

Также в таблице 1 приведены значения аэродинамических коэффициентов, полученные при расчете в ПК RWIND для куполов различных форм с фиксированным радиусом кривизны (R=30 м) и переменным числом сегментов. На рисунках изополей красным цветом помечены положительные зоны напора, синим цветом – отрицательные зоны отсоса [5].

Таблица 1 – Сравнение аэродинамических коэффициентов в зависимости от количества сегментов купола и направления действия ветра

Форма купола	Количество сегментов, N	Действие ветра в центр сегмента		Действие ветра в стык между сегментами	
		Коэффициент Cp (max, min)	Изополя распределения	Коэффициент Cp (max, min)	Изополя распределения
Гладкая, полусферическая	Сплошной купол	0,794 -1,194		В данном случае ветер действует в одном направлении (равномерное обтекание)	
Зонтичная форма	N=5	0,494 -1,554		0,492 -1,593	
	N=6	0,693 -1,361		0,491 -1,593	
	N=7	0,562 -1,460		0,713 -1,480	
	N=8	0,721 -1,467		0,514 -1,319	
	N=9	0,538 -1,368		1,035 -1,517	
	N=10	0,729 -1,295		0,980 -1,418	

Заключение

Численный эксперимент в ПК RWIND позволяет установить, как зонтичная форма купола с учетом всех параметров геометрии влияет на его обтекаемость ветровым потоком. Зоны минимального давления (отсоса) наблюдаются в районе вершины и по бокам купола, зоны наиболее интенсивного воздействия ветра (напора) – в нижней части (снижаются с увеличением его высоты) и в стыках сегментов. Компьютерное моделирование позволяет точно определить эти критические участки для оптимизации конструкции.

Увеличение радиуса кривизны сегментов приводит к нелинейному уменьшению реакции покрытия (Fx) на ветровую нагрузку. С ростом числа сегментов (с 5 до 10) реакция покрытия (Fx) снижается, причём атака в центр сегмента нагружает покрытие сильнее.

Список использованных источников

1. Облетов, Е. Н. Параметрическое моделирование сложной геометрии высотного здания: анализ влияния ветровой нагрузки и оптимизация / Е.Н. Облетов, Е.Д. Шаханов, М.А. Каргапольцева, С.С. Шилов // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2024. – № 1. – С. 278–285. *https://www.elibrary.ru/flclwz*

2. Кривошапко, С.Н. Возможности оболочек зонтичного типа / С.Н. Кривошапко // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2020. – №4. – С. 271-278. *https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-obolochek-zontichnogo-tipa*

3. Кривошапко, С. Н. Классификация циклических поверхностей / С. Н. Кривошапко, В. Н. Иванов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2006. – № 2. – С. 25-34. *https://www.elibrary.ru/jsisnx*

4. Ухолова, А. А. Особенности определения аэродинамических коэффициентов для купольного покрытия по нормам Российской Федерации и еврокоду / А. А. Ухолова // Шаг в науку. – 2016. – № 1. – С. 188-194. *https://www.elibrary.ru/ysrcjn*

5. Ветрянщиков, И. А. Анализ и систематизация данных об аэродинамике купольных зданий / И. А. Ветрянщиков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 11. – С. 86-88. *https://www.elibrary.ru/znwkvw*

УДК 69.07

Углесталеволоконный профиль для создания облегченных рам, эксплуатируемых в агрессивной среде

*Стоянченко А.В. *, студент; Чугунов А.С., старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: vip_ns05@mail.ru
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург

Аннотация. Углесталеволоконный профиль предназначен в качестве сечений элементов облегченных рамных конструкций, которые сохраняют заданные при проектировании геометрические и механические характеристики при эксплуатации в агрессивной среде. Такие сечения находят широкое применение в строительстве, где требуется сочетание требуемой прочности и минимального собственного веса, а также долговечность элементов при воздействии влаги, химически активных веществ. Углесталеволоконный профиль способен воспринимать значительные осевые и изгибающие нагрузки, что позволяет использовать его в качестве несущего элемента рамно-связевых систем, не испытывающих действие крановых нагрузок. Существующие традиционные легкие стальные профили, включая оцинкованные профили, имеют ряд ограничений, среди которых следует отметить подверженность коррозии и необходимость, в результате этого, частого обслуживания, а также снижение несущей способности при механическом повреждении защитного слоя. В данной работе предлагается комплекс технолого-конструктивных решений, направленных на оптимизацию структуры углесталеволоконного профиля, включая подбор толщины стального листа, нанесение эпоксидного связующего и оптимизацию геометрии профиля, что позволяет увеличить долговечность конструкции, снизить ее массу и повысить устойчивость к агрессивным условиям эксплуатации.

Ключевые слова: углеволокно, углесталеволоконный профиль, рамные системы, композитный материал, эпоксидное связующее, коррозионная стойкость, снижение массы, агрессивная среда, долговечность, несущая способность.

Сегодня к рамно-связевым конструкциям в строительстве возрастают серьезные ожидания [1]: они должны выдерживать большие нагрузки, но при этом быть как можно легче. Это критически важно, если объект находится в агрессивной среде – там обычные металлические профили, даже с защитой от коррозии, быстро выходят из строя и требуют постоянного внимания. При проектировании и монтаже важно добиться, что бы рама сохраняла свои изначальные характеристики, несмотря на влагу, химикаты и перепады температур. Этот аспект имеет первостепенное значение для промышленных сооружений, рассчитанных на продолжительный период эксплуатации.

Что бы сделать конструкцию легче и долговечнее, авторы предлагают применять композитные материалы – например, сочетание стального листа с углеродным волокном га основе эпоксидного состава. Согласно данным, полученным в [2], такое сочетание повышает механическую прочность, местную устойчивость элементов профиля, жесткость конструктивных элементов за счет повышения модуля упругости, а также повышает коррозионную стойкость конструкции, позволяя создать облегченные профили без снижения несущей способности. Применяемый профиль способен воспринимать осевые и изгибающие усилия, что делает его эффективным в качестве сечения элементов рамно-связевой системы.

Технологический процесс получения профиля, представленный в работе [3] и на рис. 1, начинается с раскроя стального листа с учетом припусков, необходимых для последующей холодной гибки, после чего поверхность подвергается тщательной механической зачистке и обработке растворителем для удаления остаточных загрязнений, включая маслосодержащие продукты, что обеспечивает высокий уровень адгезии стального листа и полимерного слоя. На подготовленную поверхность наносится праймер, предназначенный для улучшения сцепления металлической основы с углеродной лентой или полотном, после чего по всей площади укладывается углеволокно и приклеивается с использованием жидкого стекла или ударопрочной эпоксидной смолы, что зависит от требуемых характеристик и способа создания сечения, после этого происходит отверждение, которое формирует монолитный полимерный слой.

После выполнения предыдущих этапов осуществляется холодная гибка листа, для придания профилю требуемой формы сечения. Форма сечения может приниматься в виде гнутого швеллера, гнутого уголка, гнутого зетового профиля. При создании формы сечения особое внимание уделяется вопросу обеспечения местной устойчивости сжатых частей сечения. Чтобы обеспечить устойчивость сжатых частей сечения устраиваются рифы, укрепляющие данные части.

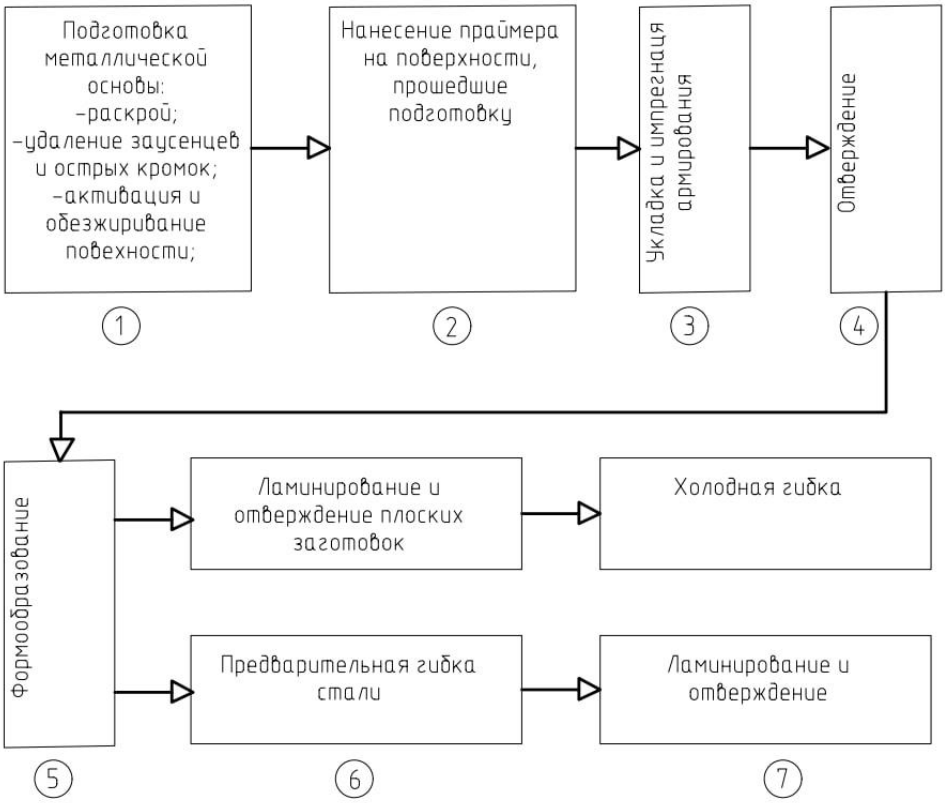


Рисунок 1 – Блок-схема производства углесталеволоконного профиля (Источник: составлено авторами)

Альтернативным методом создания углеволоконного профиля может служить ламинирование уже холодногнутого стального листа, что предотвращает разрушение полимерного слоя в областях, которые имеют малый радиус скругления и обеспечивает сохранение однородной структуры материала. В результате выполненных работ получаются профили, которые отличаются высокой прочностью на изгиб и растяжение, демонстрируют устойчивость к воздействию влаги и химически активных веществ, а также позволяют

значительно снизить общий вес конструкции, облегчая ее монтаж, транспортировку и последующую эксплуатацию.

Сравнительный анализ характеристик оцинкованного и углесталеволокнного профилей, представлен в табл. 1, выполненный в данной работе и в работах [3, 4 и 5], показывает, что использование рассматриваемого профиля позволяет снизить массу рамной на 39% по сравнению с традиционными оцинкованными металлическими элементами, при этом характеристики, такие как жесткость и несущая способность, остаются на уровне и превышают показатели стальных профилей, а долговечность профиля в условиях агрессивной среды превышает 50 лет, что почти вдвое превосходит срок службы аналогичных оцинкованных конструкций и позволяет эксплуатировать их без необходимости регулярного технического обслуживания или восстановления защитного слоя.

Таблица 1 – Сравнительный анализ характеристик оцинкованного и углесталеволокнного профилей

Параметр	Оцинкованный гнутый швеллер	Углесталеволоконный гнутый швеллер	Разница по отношению к углесталеволоконному гнутому швеллеру (%)
Масса, кг/м.п.	29.44	18	Уменьшен на 39%
Стоимость стальной основы, руб/м.п.	2535	1421	Дешевле на 42%
Стоимость цинкования, руб/м.п.	25	-	-
Стоимость углеволоконного полотна 400г/м2, руб/м.п.	-	2500	-
Стоимость жидкого стекла, руб/м.п.	-	200	-
Общая стоимость руб/м.п.	2560	4001	Дороже на 34%
Коррозионная стойкость	Средняя	Высокая	Углесталеволокно превалирует
Долговечность (лет)	До 20-30	Более 50	Долговечнее на 67 – 150 %
Потребность в обслуживании	Средняя	Низкая	Снижена на 70%
Чувствительность к повреждениям	Высокая	Низкая	Углесталеволокно превалирует
Максимальная нагрузка кг/м	2500	3500	Выше на 40%
Эксплуатационные расходы (годовые)	Умеренные	Минимальные	Снижены на 50 – 80%
Устойчивость на изгиб (Н)	5908	11817	Выше на 100%
Сила адгезии покрытия (Н)	4000	12000	Выше на 200%

Применение углесталеволокнного профиля дает возможность проектировать облегченные рамные системы, которые могут быть использованы в промышленных и гражданских зданиях, сооружениях, которые подвержены повышенной влажности, морской коррозии или воздействию химически активных веществ, при этом конструкция будет

сохранять требуемую прочность, стойкость к коррозии и сниженный вес, что способствует уменьшению транспортных и монтажных затрат, а также увеличивает срок службы конструкций и надежность в течении всего периода эксплуатации.

Список использованных источников

1. Захаров, К.М. Оценка технического состояния стального каркаса здания на основе данных мониторинга и анализа проектной документации / К.М. Захаров // Серия «Строительство»: Сборник статей магистрантов и аспирантов. В 2-х томах. Том 2. Выпуск 3. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – С. 73-90. – EDN CVMHKV.

2. Стоянченко, А.В. Материалы для углесталеволоконного профиля, их свойства и структура / А.В. Стоянченко // Современные аспекты комплексного устойчивого развития сельских территорий, малых городов и поселений : Материалы национальной конференции (34-я Международная агропромышленная выставка «Агрорусь-2025»), Санкт-Петербург, 17 октября 2025 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2026. – С. 16-19. – EDN XQRHJA.

3. Стоянченко, А.В. Совершенствование легких стальных конструкций с использованием композиционных материалов / А.В. Стоянченко // Студенческая наука – взгляд в будущее : Материалы XX Всероссийской студенческой научной конференции, Красноярск, 25–27 февраля 2025 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2025. – С. 39-43. – EDN JTZMRQ.

4. Акельев, Н.А. Сравнительный анализ технико– экономических показателей конструкций из легких стальных тонкостенных конструкций и пиломатериалов / Н.А. Акельев, А.Л. Балушкин // Семьдесят шестая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием : Сборник материалов конференции, Ярославль, 19 – 20 апреля 2023 года. – Ярославль: Ярославский государственный технический университет, 2023. – С. 499-504. – EDN SVLZYP.

5. Технология производства легких стальных тонкостенных конструкций и их применение в строительных конструкциях / А.Д. Бочкова, А.И. Гумерова, К. . Соколова, И.И. Загиров // Студент и аграрная наука : материалы XVIII Всероссийской студенческой научной конференции, Уфа, 05–06 марта 2024 года. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2024. – С. 14-18. – EDN IXZGKV.

УДК 627.52

Анализ эффективности применения композитного шпунта ШК-200УМ в берегоукрепительных сооружениях

*Филимонов Н.Д. *, студент*

* Ответственный за переписку: nfd01@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В работе представлены результаты сравнительного анализа композитного (стеклопластикового) шпунта ШК-200УМ и традиционного стального шпунта Ларсен Л5-УМ для берегоукрепления правого берега р. Оки в г. Нижний Новгород. Расчёты выполнены в программном комплексе Plaxis 2D для четырёх расчётных случаев, включающих ледовые и эксплуатационные нагрузки. Установлено, что общая устойчивость обеспечивается для обоих типов шпунта. Горизонтальные перемещения композитного шпунта (до 42,9 мм) превышают нормативные требования, в отличие от стального аналога. Прочность по изгибающему моменту для всех типов шпунта подтверждена. Сделан вывод о критической важности учёта повышенной деформативности композитного шпунта при проектировании.

Ключевые слова: композитный шпунт, ШК-200УМ, стальной шпунт, берегоукрепление, Plaxis 2D, напряженно-деформированное состояние, изгибающий момент, ледовая нагрузка.

Научный руководитель – зав. кафедрой гидротехнических сооружений ННГАСУ, доктор технических наук, профессор Соболь Илья Станиславович

Введение

В гидротехническом строительстве для берегоукрепления, ограждения котлованов и противофильтрационных завес широко применяются шпунтовые сваи. Традиционным решением является стальной шпунт (например, Ларсен Л5-УМ), обладающий высокой несущей способностью и жесткостью, но подвержен коррозии, имеющий значительную массу и требующий регулярного обслуживания.

Альтернативой выступают композитные шпунтовые сваи, которые в 5–7 раз легче стали, устойчивы к коррозии и обладают диэлектрическими свойствами. Однако их применение сдерживается из-за анизотропии свойств, меньшего модуля упругости и недостаточной изученности поведения в реальных конструкциях.

Цель работы – количественная оценка возможности замены стального шпунта Ларсен Л5-УМ на композитный шпунт ШК-200УМ в конкретных инженерно-геологических и гидрологических условиях правого берега р. Оки.

Материалы и методы

Объект исследования

Объект – берегоукрепительное сооружение полуоткосного типа на правом берегу реки Оки в районе ул. Черниговской (г. Нижний Новгород). Рассматривались два типа шпунтовых стенок:

– Стальной шпунт Ларсена Л5-УМ (сталь С345);

– Композитный шпунт ШК-200УМ (стеклопластик).

Расчетные случаи и нагрузки

Расчет выполнялся для четырех расчетных случаев:

– Основной (летняя межень): уровень воды УЛМ97% = 63,5 м БС.

– Основной: уровень воды УВ10% = 74,30 м БС.

– Поверочный (эксплуатационный): нагрузка на бермах 35 кН/м² + УЛМ97%.

– Поверочный (ледовый): горизонтальная ледовая нагрузка 118,9 кН/м, вертикальная 80,29 кН/м, от температурного расширения 140 кН/м.

Методика расчета

Расчёты выполнены в программном комплексе Plaxis 2D (метод конечных элементов) [1]. Моделирование грунтов – по модели Кулона-Мора. Оценка устойчивости – методом Phi-c-reduction. Проверка прочности – по изгибающему моменту и горизонтальным перемещениям (нормативное ограничение – 1/100 от высоты стенки).

Физико-механические свойства грунтов (расчётные, α = 0,95) приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Расчетные характеристики грунтов (α = 0,95)

№ ИГЭ	Наименование	ρ, г/см3	С, кПа	φ, град	Е, МПа
1	Насыпной грунт (tQIV)	1,84	12	19	3,1
2	Глинистые оползневые отложения: глина, с частыми прослоями суглинка, мергеля, песка (dlQIV)	1,93	24	19	13
3	Суглинок мягкопластичный, с единичными значениями тугопластичного	1,95	15	20	7
4	Песок пылеватый, плотный, насыщенный водой (aQIV)	2,05	3,5	29	24
5	Песок средней крупности, средней плотности, малой степени водонасыщения, насыщенный водой (aQIV)	1,86 – 2,01	0,8	33	32
6	Песок средней крупности, плотный, насыщенный водой (aQIV)	2,07	1,4	35	41
7	Глина твердая, полутвердая (P2t)	1,89	32	20	20

Результаты исследования

Общая устойчивость. Для всех расчетных случаев и типов шпунта коэффициент устойчивости $K_{уст}$, превысил нормативные значения γ_{lc}, γ_n (табл. 2). Это означает, что с точки зрения предотвращения сдвига и оползневых явлений композитный шпунт ШК-200УМ пригоден для применения в данных условиях и соответствует требованиям [2]

Таблица 2 – Результаты расчета общей устойчивости

Расчетная схема	Тип шпунта	Результат расчета	$K_{уст}$	γ_{lc}, γ_n	Условие устойчивости
1		2	3	4	5
Сечение 1-1. Первый основной расчетный случай					
Рис. 1	Ларсена Л5-УМ	Рис. 2	1,33	1,15	Выполняется
Рис. 1	ШК-200УМ	Рис. 3	1,29		Выполняется
Сечение 1-1. Второй поверочный расчетный случай					
Рис. 1	ШК-200УМ	Рис. 4	1,23	1,09	Выполняется

На основе табл.2 ниже представлена одна из схем к расчету в сечении 1-1 на рис. 1.

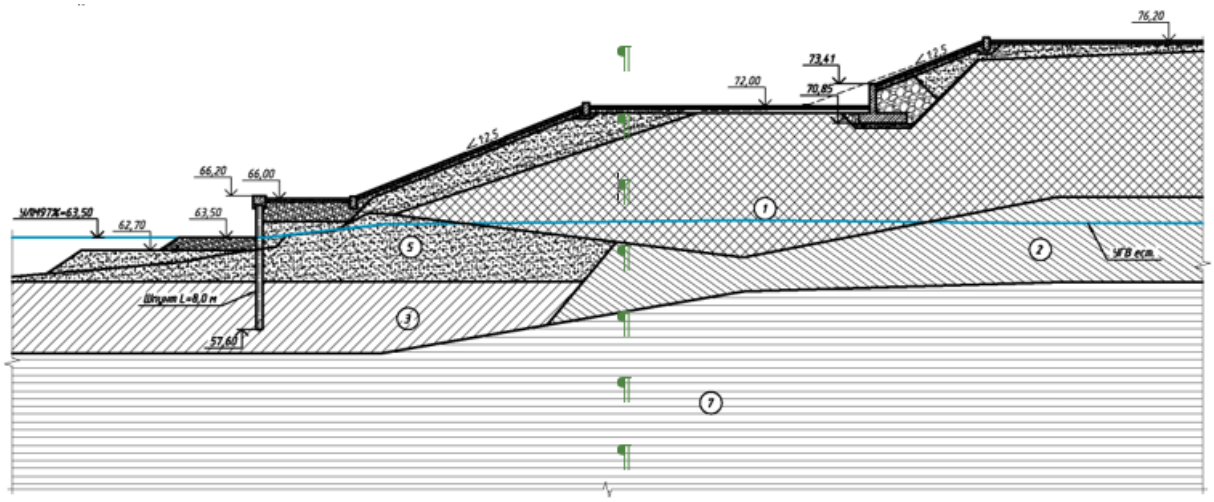


Рисунок 1 – Схема к расчету в сечении 1-1 (Источник: Составлено автором)

На основе схем к расчету представлены результаты расчета общей устойчивости берегоукрепления в сечении 1-1 на рис. 2–4.

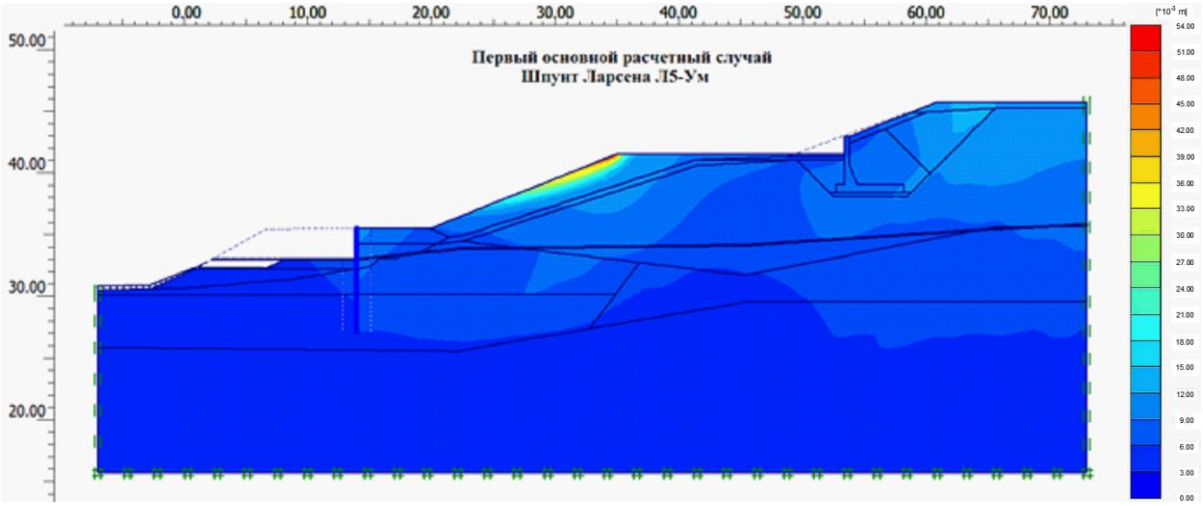


Рисунок 2 – Результаты расчета общей устойчивости берегоукрепления в сечении 1-1. Первый основной расчетный случай. Шпунт Ларсена Л5-УМ (Источник: Составлено автором)

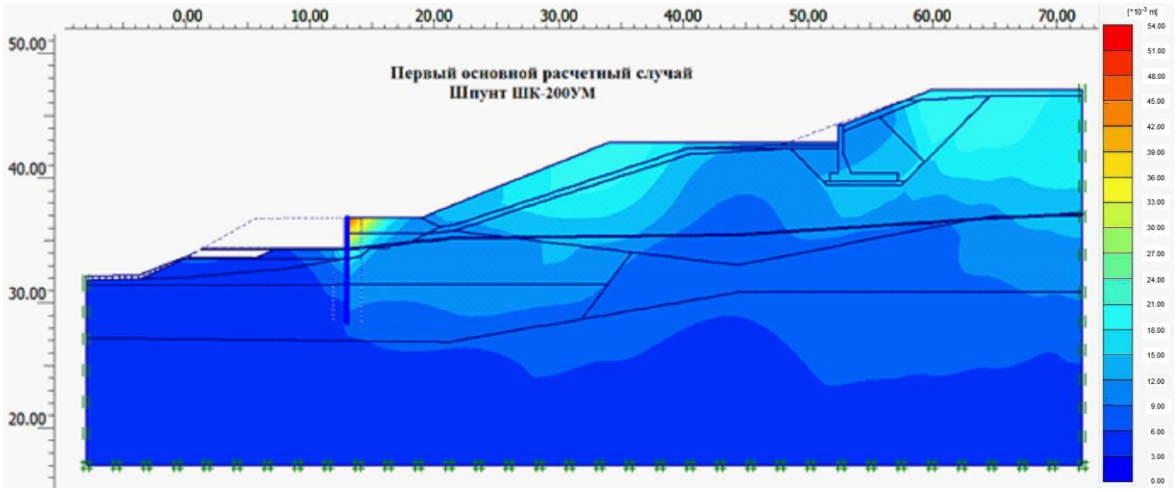


Рисунок 3 – Результаты расчета общей устойчивости берегоукрепления в сечении 1-1. Первый основной расчетный случай. Шпунт ШК-200УМ (Источник: Составлено автором)

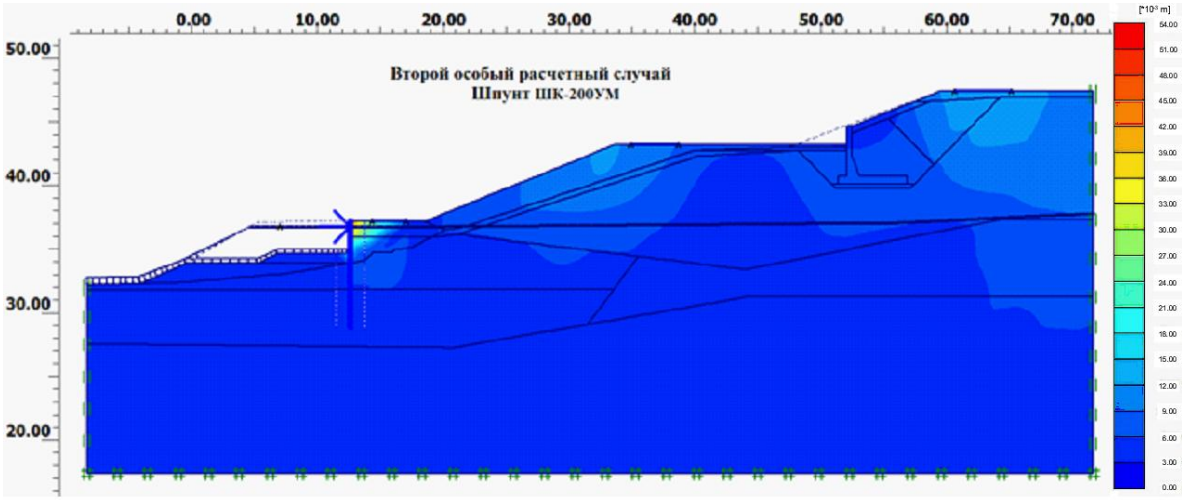


Рисунок 4 – Результаты расчета общей устойчивости берегоукрепления в сечении 1-1. Второй поверочный расчетный случай. Шпунт ШК-200УМ (Источник: Составлено автором)

Прочность и деформативность. Ключевые результаты представлены в табл. 3. Несущая способность по изгибающему моменту у композитного шпунта значительно ниже, чем у стального (225 кН·м против 1206 кН·м) но в рассмотренных случаях действующие моменты (максимум 130,7 кН·м) не превышают этот предел [3]. Допустимый изгибающий момент у композитного шпунта при постоянных нагрузках 68 кН·м, а при временных нагрузках 225 кН·м [4].

Несущая способность по изгибающему моменту для шпунта Ларсен Л5-УМ на 1 п.м. вычисляется по формуле:

$$M_x = W_n \cdot R_y \cdot Y_c, \quad (1)$$

$$M_x = 0{,}0036 \cdot 335 \cdot 1 = 1{,}206 \text{ МПа}$$

$W_n = 0{,}0036$ м3 – момент сопротивления при изгибе на 1 п.м.;

R_y =335 МПа– расчетное сопротивление для стали С345;

$Y_c = 1$ – коэффициент условия работ.

Таблица 3 – Результаты расчета прочности и деформативности

Тип шпунта	Деформации шпунта			Изгибающий момент в шпунте		
	Расчетные деформации, мм	Максимальные деформации (1/100), мм	Условие деформации	Изгибающий момент кН·м на 1 п.м.	Прочность кН·м на 1 п.м.	Условие прочности
Сечение 1-1. Первый основной расчетный случай						
Ларсена Л5-УМ	1,7	27	Выполняется	33,4	1206	Выполняется
ШК-200УМ	12,3		Выполняется	33,4	68	Выполняется
Сечение 1-1. Второй поверочный расчетный случай						
Ларсена Л5-УМ	2,25	27	Выполняется	160,37	1206	Выполняется
ШК-200УМ	42,9		Не выполняется	130,71	225	Выполняется

Основным ограничением являются горизонтальные перемещения. В наиболее опасном четвертом расчетном случае (ледовая нагрузка) перемещения композитного шпунта ШК-200УМ достигают 42,9 мм, что превышает допустимые 27 мм (1/100 от высоты стенки) [5,6]. Для стальных аналогов (Ларсен Л5-УМ) перемещения находятся в пределах нормы ($22{,}5 - 25$ мм).

Рекомендация: применение композитного шпунта ШК-200УМ в данных гидрологических условиях не допускается для ответственных участков с высокими нагрузками. Возможно его использование при меньшей свободной высоте стенки, дополнительном анкеровании или для менее нагруженных зон.

Перспективы

Перспективой является разработка гибридных решений (композит + сталь) и совершенствование профилей композитного шпунта для повышения жесткости (увеличение момента инерции, усиление замковых соединений).

Заключение

В результате выполнения комплексного сравнительного анализа эффективности применения композитного шпунта ШК-200УМ и традиционного стального шпунта Ларсен Л5-УМ в берегоукрепительном сооружении на правом берегу реки Оки установлено следующее:

1) Общая устойчивость сооружения обеспечена для обоих типов шпунта во всех рассмотренных расчётных случаях ($K_{\text{уст}} = 1{,}17 - 1{,}39$ при нормативных значениях $1{,}09 - 1{,}15$). С точки зрения предотвращения сдвига и оползневых явлений композитный шпунт пригоден для применения.

2) Прочность по изгибающему моменту для композитного шпунта не исчерпывается: максимальный действующий момент (130,7 кН·м) не превышает предельного значения для временных нагрузок (225 кН·м). Стальной шпунт также удовлетворяет требованиям прочности.

3) Критическим фактором, ограничивающим применение композитного шпунта ШК-200УМ в данных условиях, является превышение нормативных горизонтальных перемещений: во втором поверочном расчётном случае (ледовая нагрузка) деформации

составили 42,9 мм при допустимых 27 мм (1/100 от высоты стенки). Стальной шпунт Ларсен Л5-УМ удовлетворяет требованиям по деформациям.

4) На основании полученных результатов применение композитного шпунта ШК-200УМ на ответственных участках с высокими нагрузками (включая ледовые воздействия) не рекомендуется без дополнительных конструктивных решений: уменьшения пролёта, устройства анкеровки, увеличения момента инерции профиля. Возможно его использование при меньшей свободной высоте стенки или для менее нагруженных зон.

Таким образом, выполненный в работе количественный анализ впервые для условий правого берега реки Оки позволил выявить ключевые преимущества и ограничения композитного шпунта, а также сформулировать научно обоснованные подходы к повышению его эффективности.

Список использованных источников

1. Программный комплекс PLAXIS [Электронный ресурс]. – URL: https://www.plaxis.ru (дата обращения: 01.04.2026).
2. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. Основные положения. – Введ. 2020-06-17. – Москва : Стандартинформ, 2020.
3. СП 38.13330.2018. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения. – Введ. 2019-06-04. – Москва : Стандартинформ, 2018.
4. ГОСТ Р 57942-2017. Шпунт композитный полимерный. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 2018-05-01. – Москва : Стандартинформ, 2017.
5. СП 381.1325800.2018. Сооружения подпорные. Правила проектирования. – Введ. 2019-06-04. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 94 с.
6. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. – Введ. 2017-06-17. – Москва : Стандартинформ, 2016.

УДК 624.042.41

Цифровая оценка применимости нормативных методик при расчете аэродинамики криволинейных покрытий

Фурса О.В., студент; Хазов П.А., доктор техн. наук, профессор кафедры ТСиТМ*

* Ответственный за переписку: olga.fursa2014@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена особенностям сбора ветровой нагрузки на криволинейное покрытие здания конноспортивного комплекса. Автором выполнены два варианта расчета – путем численного (математического) моделирования и определение по методике нормативных документов. Выделены характерные особенности компьютерного моделирования в программно-вычислительном комплексе ANSYS CFX такие, как построение расчетной модели, определения граничных условий, задание изменяющегося по высоте профиля ветра. Выполнен сравнительный анализ полученных результатов, приведены адаптированные картины распределения ветрового давления по криволинейному покрытию здания, сопоставлены результаты расчета, сделаны выводы.

Ключевые слова: криволинейное покрытие, аэродинамика, ветровые воздействия, компьютерное моделирование, численное (математическое) моделирование.

Научный руководитель – профессор кафедры теории сооружений и технической механики ННГАСУ, доктор техн. наук, доцент Хазов Павел Алексеевич

Введение

В настоящее время архитектура большепролетных зданий отличается своей необычностью, а покрытие большепролетного комплекса зачастую имеет криволинейную форму. Определение аэродинамических коэффициентов по покрытию такого здания является достаточно трудоемкой задачей, с которой приходится сталкиваться инженеру.

Нормативные документы не устанавливают определенных правил и порядок расчета ветровой нагрузки на покрытие здания сложной конфигурации, поэтому для грамотной оценки аэродинамических коэффициентов необходимо выполнять компьютерное моделирование [1]. Благодаря численному (математическому) моделированию возможно одновременно учесть различные параметры, которые влияют на аэродинамику проектируемого здания такие, как форма и размер объекта, изменение скорости ветра по высоте, рельеф местности и другие факторы.

Целью настоящей работы является сравнение ветровых нагрузок, действующих на криволинейное покрытие, полученные путем численного моделирования и вычисленные по методике СП 20.13330.2016.

Объектом исследования является проектируемый в выпускной квалификационной работе конноспортивный комплекс (КСК) в г. Самара. Большепролетное покрытие КСК выполняется с применением металлических криволинейных ферм с параллельными поясам пролетами 90 м и 48 м.

Материалы и методы

При определении ветровой нагрузки рассматривались три расчетные ситуации (рис. 1):
1) направление ветра перпендикулярно фасаду в осях 24-1 (Ветер -Y);
2) направление ветра перпендикулярно фасаду в осях У-А (Ветер +X);
3) направление ветра перпендикулярно фасаду в осях А-У(Ветер -X).

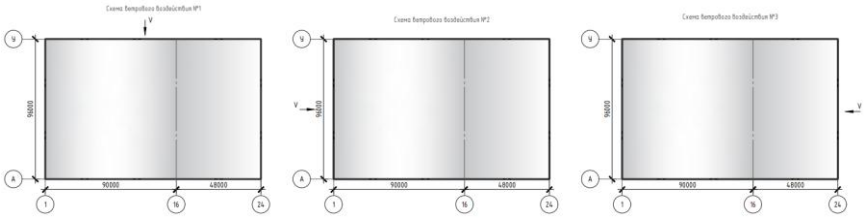


Рисунок 1 – Расчетные ситуации для изучения распределения ветровых потоков и давлений по поверхности большепролетного здания (Источник: Составлено авторами)

Математическое (численное) моделирование ветровой аэродинамики основано на решении трехмерных уравнений движения жидкости и газа с адекватными моделями турбулентности, реализованных в современных верифицированных лицензионных программных комплексах вычислительной гидрогазодинамики. [2]

В препроцессоре ANSYS CFX заданы граничные условия втекания (опция Normal Speed) и истечения воздуха (опция Relative Pressure) из расчетной области. Скорость потока задана функцией, зависящей от высоты рассматриваемой точки над уровнем земли. Функция определена по методике [3].

В результате итерационного расчета были получены данные о распределении ветрового давления по поверхности здания и визуализации его обтекания воздушными потоками.

В соответствии с требованиями [4] ветровые нагрузки были определены по схеме В.1.2 «Прямоугольные в плане здания с двускатными покрытиями» для пролета конноспортивного комплекса в осях 1-16, по схеме В.1.3 «Прямоугольные в плане здания со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями» для пролета в осях 16-24.

Результаты исследования

По результатам программно-вычислительного комплекса ANSYS CFX и по вычисленным значениям ветровой нагрузки по [4] были построены наглядные схемы распределения ветрового давления по покрытию здания, представленные на рис. 2.

При сравнении полученных результатов были сделаны следующие выводы:

1) Распределение аэродинамических коэффициентов по покрытию неравномерно в виду криволинейности покрытия;

2) При расчете ветровой нагрузки в программно-вычислительном комплексе ANSYS CFX получены более реалистичные картины распределения ветровых воздействий, чем по [4];

3) Аэродинамическое давление на поверхности покрытия преимущественно отрицательно, что говорит об «отсосе» воздушных масс с поверхности;

4) При расчете в ПВК ANSYS возникает не только «отсос» воздушных масс от поверхности, но еще и появляется активное давление, которое дополнительно «догружает» несущие конструкции покрытия, что характерно для криволинейного покрытия в осях 15-25 (в данных осях покрытие имеет вогнутую форму). При расчете ветровой нагрузки по [4] активное давление не возникает, так как расчет выполнен в упрощенном виде, как для односкатной кровли.

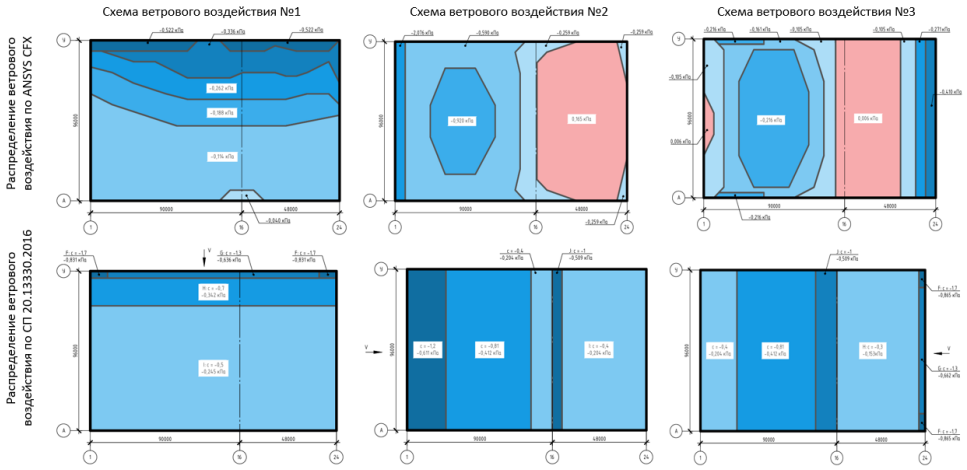


Рисунок 2 – Сравнение полученных результатов расчета в ПВК ANSYS CFX и по СП 20.13330.2016 (Источник: Составлено авторами)

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что несмотря на то, что сложную криволинейную форму покрытия можно разбить на несколько «простых» зон, расчет которых описан методикой нормативных документов, итоговый результат будет отличаться от реального распределения аэродинамических коэффициентов по покрытию здания. Это связано с тем, что при сборе ветровой нагрузки на каждую такую «простую» область, эта область рассматривается обособленно от других областей покрытия. В связи с этим не учитывается влияние различных зон друг на друга, что приводит к недостоверному результату. Компьютерное моделирование при определении ветровых нагрузок позволяет учесть сразу несколько факторов такие, как сложная криволинейная форма покрытия, рельеф местности, изменение скорости ветра по высоте, влияние турбулентности, вследствие чего могут быть получены картины распределения ветровых воздействий близкие к реалистичным [5].

Список использованных источников

1. 1. Лампси Б.Б., Шилов С.С., Хазов П.А. Численное и физическое моделирование ветровых потоков на большепролетное покрытие // Вестник МГСУ. 2022. – Т. 17. – Вып. – С. 21-31.

2. Методическое пособие. Математическое (численное) моделирование ветровых нагрузок и воздействий : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-комунального хозяйства Российской Федерации : М.: Минстрой РФ, 2020 – 65 с.

3. ГОСТ Р 56728-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Зданияи сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие конструкции: издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 19 ноября 2015 г. № 1895-ст : дата введения 01 мая 2016 г. : [редакция от 22.12.2020] – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 09.03.2025). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. Нижегородская область (ННГАСУ). – Текст : электронный.

4. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия: свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-комунального хозяйства Российской Федерации от 03 декабря 2016 г. № 891/пр : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : дата введения 04 июня 2017 г. : [редакция от 05.09.2024] – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 09.03.2025). – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. Нижегородская область (ННГАСУ). – Текст : электронный.

5. Реттер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика [Текст]: монография / Э.И.Реттер – М.: Стройиздат, 1984 – 294 с.

УДК 624.04

Коэффициент оценки оптимального распределения напряжений с учетом плотности структуры

Широков М.К., студент

* Ответственный за переписку: mikhail_shirokov_2015@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается проблема оценки геометрического совершенства ячеистых структур и деталей, полученных методом топологической оптимизации. Традиционные методы анализа, основанные на поиске локальных пиковых напряжений, не позволяют в полной мере оценить эффективность распределения материала во всем объеме конструкции. Классические аналитические модели пористых сред имеют ограничения при расчетах на сложные пространственные нагрузки. В связи с этим в работе предлагается новый интегральный коэффициент относительной геометрической эффективности. Данный критерий опирается на методы объемного интегрирования полей эквивалентных напряжений и учитывает относительную плотность структуры. Использование предложенного коэффициента позволяет нивелировать влияние математических сингулярностей конечно-элементной сетки и дает возможность объективно сравнивать несущую способность топологий произвольной сложности для конкретных единичных случаев сложного нагружения. Метод может служить целевой функцией для алгоритмов генеративного дизайна.

Ключевые слова: топологическая оптимизация, генеративный дизайн, ячеистые структуры, сложное нагружение, коэффициент эффективности, интегрирование напряжений.

Введение

Внедрение технологий аддитивного производства и алгоритмов генеративного дизайна обусловило переход от применения массивных сплошных деталей к проектированию пространственных ячеистых метаматериалов, включая структуры на основе трижды периодических минимальных поверхностей (ТПМП). Основной задачей топологической оптимизации в данном контексте является минимизация массы конструкции при сохранении требуемых физико-механических характеристик [1, 2].

Существующая методология валидации сложнопрофильных объектов в системах конечно-элементного анализа преимущественно базируется на выявлении пиковых локальных напряжений, в частности, максимальных эквивалентных напряжений по фон Мизесу [3]. Данный подход обеспечивает контроль условий статической прочности, однако является локальной характеристикой. Оценка по экстремальным значениям не позволяет количественно описать равномерность распределения силовых потоков в теле и определить долю неэффективно используемого объема материала. Кроме того, фиксация пиковых напряжений строго зависима от качества дискретизации и подвержена влиянию математических сингулярностей, возникающих в геометрических концентраторах.

Широко применяемые аналитические модели оценки ячеистых структур, такие как классический критерий Гибсона-Эшби, предназначены для макроскопического анализа гомогенных решеток при простых, однонаправленных воздействиях. Однако на практике детали подвергаются сложным пространственным нагрузкам в рамках конкретных расчетных

случаев. При анализе градиентных топологий в условиях многоосного напряженного состояния методы макроскопической гомогенизации оказываются математически некорректными.

Возникает необходимость формулирования универсального критерия оценки, независимого от артефактов сетки и способного характеризовать интенсивность работы материала при заданном сложном случае нагружения. В настоящей работе предлагается математическое обоснование коэффициента относительной геометрической эффективности. Критерий базируется на интегрировании полей эквивалентных напряжений по объему тела с учетом показателя относительной плотности конструкции.

Целью исследования является разработка алгоритма вычисления данного коэффициента и подтверждение его применимости для объективного сравнительного анализа топологий произвольной сложности при воздействии заданных случаев сложных пространственных нагрузок [1].

Материалы и методы

Традиционная оценка несущей способности конструкции по локальному максимуму эквивалентных напряжений не позволяет количественно охарактеризовать степень вовлеченности всего объема материала в восприятие внешней нагрузки при заданном случае нагружения [6.3]. Для решения этой задачи вводится понятие объемно-взвешенного напряжения.

В рамках механики сплошных сред для континуального изотропного тела объемом V средневзвешенное эквивалентное напряжение определяется интегрированием скалярного поля напряжений по всему расчетному объему:

$$\overline{\sigma} = \frac{1}{\mathrm{V}} \int_{\mathrm{V}} \sigma_{vM} \; dV, \tag{1}$$

где $\bar{\sigma}$ – средневзвешенное напряжение, МПа; V – расчетный объем тела, мм3; σ_{vM} – эквивалентное напряжение по фон Мизесу для анализируемого случая нагружения, МПа.

При дискретизации расчетной области методом конечных элементов континуальный интеграл заменяется дискретной суммой [1]. Если модель разбита на N конечных элементов, выражение (1) принимает вид:

$$\overline{\sigma} = \frac{\sum_{e=1}^{N}(\sigma_e \cdot V_e)}{\sum_{e=1}^{N} V_e} = \frac{I}{V}, \tag{2}$$

где σ_e – напряжение по фон Мизесу в конечном элементе, МПа; V_e – объем конечного элемента, мм3; I – интегральная сумма напряжений по объему тела (работа внутренних сил), Дж.

Прямое сравнение средневзвешенных напряжений сплошного эталонного тела и оптимизированной ячеистой структуры некорректно ввиду существенной разницы их масс. При удалении материала среднее напряжение в оставшемся объеме закономерно возрастает. Для объективной оценки геометрического совершенства формы необходимо привести полученные значения к относительной плотности конструкции [4]. Относительная плотность $\rho_{\text{отн}}$ определяется как отношение объема оптимизированной структуры $V_{\text{опт}}$ к объему сплошного расчетного пространства $V_{\text{спл}}$:

$$\rho_{\text{отн}} = \frac{V_{\text{опт}}}{V_{\text{спл}}}, \tag{3}$$

Коэффициент относительной геометрической эффективности $K_{\text{эф}}$ вычисляется как отношение средневзвешенного напряжения эталонного сплошного тела к средневзвешенному напряжению оптимизированного тела, скорректированному на показатель относительной плотности:

$$K_{эф} = \frac{\overline{\sigma_{спл}}}{\overline{\sigma_{опт}} \cdot \rho_{отн}}, \quad (4)$$

Разворачивая компоненты выражения (4) через отношение объемных интегралов напряжений к соответствующим объемам на основании формулы (2), математическая запись принимает следующий вид:

$$K_{эф} = \frac{\frac{I_{спл}}{V_{спл}}}{\frac{I_{опт}}{V_{опт}} \cdot \frac{V_{опт}}{V_{спл}}} = \frac{\frac{I_{спл}}{V_{спл}}}{\frac{I_{опт}}{V_{спл}}}, \quad (5)$$

Поскольку параметр $V_{спл}$ присутствует в знаменателях обеих дробей, геометрический фактор расчетного пространства сокращается. Финальное математическое выражение для расчета коэффициента геометрической эффективности приобретает вид:

$$K_{эф} = \frac{I_{спл}}{I_{опт}}, \quad (6)$$

Значение $K_{эф} > 1$ свидетельствует о том, что синтезированная топология распределяет заданную пространственную нагрузку более оптимально, чем сплошной блок, снижая общую интенсивность напряжений в системе на единицу затраченной массы [2].

Использование коэффициента на базе эквивалентных напряжений по фон Мизесу имеет следующие строгие ограничения, при которых применение метода нецелесообразно:

– асимметрия пределов прочности: критерий математически некорректен для хрупких материалов (бетон, чугун), предел прочности которых на растяжение существенно ниже предела прочности на сжатие;

– контроль статической прочности: максимизация интегрального коэффициента не отменяет классических проверок по первой группе предельных состояний, локальные пиковые напряжения в концентраторах не должны превышать предел текучести используемого материала;

– потеря устойчивости формы: при достижении низких значений относительной плотности тонкостенные элементы ячеистой структуры могут подвергаться локальной потере устойчивости (продольному изгибу), что предложенный критерий, базирующийся исключительно на линейно-упругом статическом расчете напряжений, не способен спрогнозировать.

Результаты исследования

Для валидации предложенного аналитического аппарата и подтверждения эффективности интегрального критерия был проведен вычислительный эксперимент в программной среде неявного геометрического моделирования. Объектом исследования выступила базовая расчетная область, подвергнутая статическому однонаправленному нагружению. В качестве конструкционного материала был выбран титановый сплав Ti–6Al–4V [3].

В рамках эксперимента были проанализированы три расчетные модели:

– эталонная сплошная среда со стопроцентным заполнением расчетного объема;

– регулярная балочная ячеистая структура с простой кубической элементарной ячейкой;

– изотропная структура на базе трижды периодической минимальной поверхности (ТПМП) типа гироид.

Обе ячеистые структуры были сгенерированы с идентичным показателем относительной плотности [4]. На основе полученных скалярных полей эквивалентных напряжений были вычислены средневзвешенное напряжение и объемный интеграл работы внутренних сил I для каждой модели. Итоговый расчет интегрального коэффициента относительной

геометрической эффективности производился в соответствии с формулой (6). Количественные данные эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты интегральной оценки геометрической эффективности исследуемых структур из сплава Ti–6Al–4V

Тип исследуемой топологии	Относительная плотность, доли	Средневзвешенное напряжение, МПа	Объемный интеграл напряжений I, Дж	Коэффициент эффективности
Сплошная среда	1,00	38,870	9328,728	1,000
Балочная решетка	0,25	142,112	8529,784	1,094
ТПМП гироид	0,25	150,789	9054,858	1,030

Анализ данных, представленных в табл. 1, показывает, что обе синтезированные ячеистые структуры обеспечивают снижение общей интенсивности напряжений на единицу массы по сравнению со сплошным эталоном ($K_{эф}$> 1). Однако регулярная кубическая решетка демонстрирует более высокий показатель эффективности (1,094) по сравнению с топологией типа гироид (1,030).

Визуализация распределения силовых потоков в исследуемых объектах представлена на рис. 1. Для повышения наглядности из визуализации исключены малонагруженные участки путем применения фильтра с пороговым значением напряжений от 200 МПа. Данный подход позволяет отсечь «фоновый шум» и продемонстрировать интенсивно работающий объем материала и четко отследить главные траектории передачи внутренних усилий.

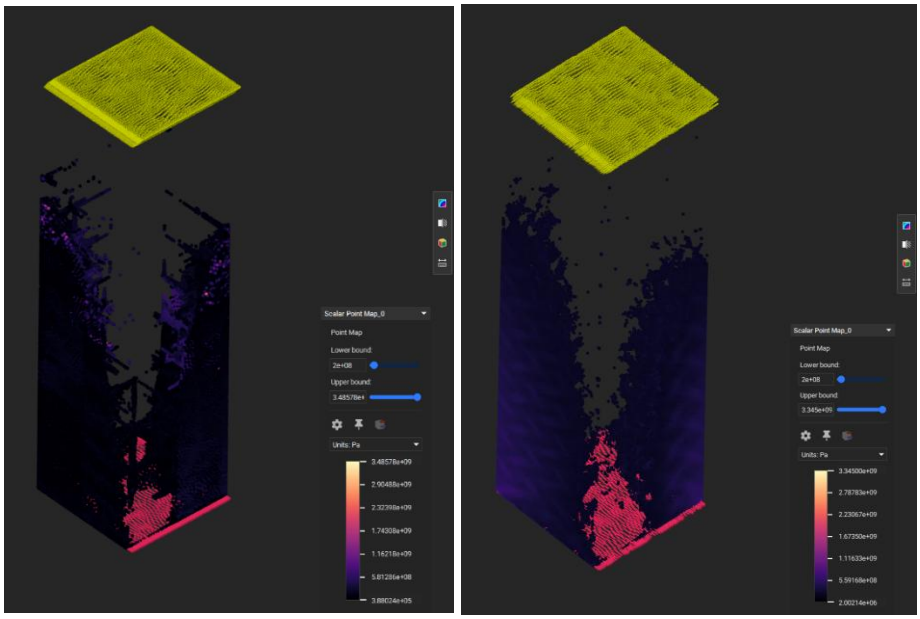


Рисунок 1 – Распределение полей эквивалентных напряжений в ячеистых структурах при однонаправленном нагружении: а) балочная структура; б) структура гироид

Полученные результаты подтверждают высокую чувствительность коэффициента к архитектуре метаматериала. Положительный эффект для обеих структур объясняется удалением избыточного материала из центральных недонапряженных зон сплошного блока, что заставляет оставшийся объем работать более интенсивно [5,6].

При этом превосходство кубической балочной структуры в данном конкретном сценарии физически обосновано: геометрические оси вертикальных стержней решетки полностью совпадают с вектором приложенной однонаправленной нагрузки [1]. Это позволяет материалу работать преимущественно на чистое растяжение-сжатие, минимизируя изгибные деформации. В структуре ТПМП, напротив, отсутствие прямых сквозных опорных элементов приводит к возникновению локальных зон изгиба в криволинейных стенках. Данный фактор математически фиксируется увеличением значений средневзвешенного напряжения и интеграла I, что приводит к закономерному снижению итогового коэффициента эффективности гироида относительно направленной балочной решетки.

Заключение

В ходе проведенного исследования было разработано и математически обосновано применение нового критерия оценки структурного совершенства – коэффициента относительной геометрической эффективности. Предложенный метод позволяет перейти от анализа локальных пиковых напряжений к комплексной оценке интенсивности работы всего объема материала конструкции.

Научная новизна работы заключается в формализации интегрального подхода к оценке эффективности распределения массы в пространстве. Практическая значимость исследования состоит в возможности использования коэффициента в качестве целевой функции алгоритмов генеративного дизайна, что позволит автоматизировано синтезировать формы с максимальной интенсивностью использования материала.

Дальнейшее развитие исследования может быть направлено на расширение области применения коэффициента для условий многоосного циклического нагружения и учета нелинейного поведения материала при достижении предельных состояний.

Список использованных источников

1. Комаров В. А. Проектирование силовых аддитивных конструкций: теоретические основы // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 8, № 1. – С. 36–51. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-silovyh-additivnyh-konstruktsiy-teoreticheskie-osnovy*

2. Ткаченко И. С., Куркин Е. И., Лукьянов О. Е. [и др.]. Проектирование силовых конструкций с использованием топологической оптимизации и технологии аддитивного производства // Онтология проектирования. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 532–546. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-4-532-546

3. Kharin N., Bolshakov P., Kuchumov A. G. Numerical and Experimental Study of a Lattice Structure for Orthopedic Applications // Bioengineering. – 2023. – Vol. 10, no. 3. – Art. 306. – DOI: 10.3390/bioengineering10030306

4. Ковалева И. Л., Кункевич Д. П., Напрасников В. В. [и др.]. Топологическая оптимизация конструктивной геометрии легковесных деталей // Системный анализ и прикладная информатика. – 2022. – № 3. – С. 50–55. DOI: 10.21122/2309-4923-2022-3-50-55

5. Юргенсон С. А., Ломакин Е. В., Федулов Б. Н. [и др.]. Элементы конструкций на основе метаматериалов // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2020. – № 3. – С. 132–143. DOI: 10.15593/perm.mech/2020.3.13

6. Сафави С. М. М. Метод определения оптимальных геометрических параметров элементарной ячейки ферменных заполнителей // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2019. – Т. 18, № 4. – С. 159–174. DOI: 10.18287/2541-7533-2019-18-4-159-174

УДК 624.042.7

Прогрессирующее обрушение высотных зданий: анализ защитных решений башен «Москва-Сити»

Шубенкина П.Д., студент; Сорокина Д.О., студент*

* Ответственный за переписку: paulinashubenkina@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы защиты высотных зданий от прогрессирующего обрушения на примере архитектурного комплекса «Москва-Сити». Проанализированы основные конструктивные решения, применяемые в башнях для предотвращения цепной реакции разрушения при локальных повреждениях. Проведён обзор нормативных документов Российской Федерации и зарубежных стран в области расчёта на прогрессирующее обрушение, выполнено их сравнение. Особое внимание уделено событиям 2023 года – атакам беспилотных летательных аппаратов на «Москва-Сити», в ходе которых конструктивная защита показала свою эффективность.

Ключевые слова: прогрессирующее обрушение, высотные здания, живучесть конструкции, локальное повреждение, башни «Москва-Сити», альтернативные пути передачи нагрузок.

Научный руководитель – ассистент кафедры железобетонных, каменных и деревянных конструкций ННГАСУ, Помазов Артем Павлович.

Вопрос обеспечения живучести высотных зданий при локальных повреждениях несущих конструкций в настоящее время стоит особенно остро. Вследствие роста террористических угроз, техногенных аварий и природных катастроф вероятность возникновения аварийных ситуаций, способных инициировать прогрессирующее обрушение, неуклонно возрастает [1]. В Российской Федерации одними из наиболее уязвимых объектов с точки зрения данного феномена являются высотные здания и комплексы [2].

Переломным моментом, заставившим мировое инженерное сообщество кардинально пересмотреть подходы к проектированию небоскрёбов, стали события 11 сентября 2001 года в Нью-Йорке. В результате террористических атак на башни Всемирного торгового центра (WTC) произошло не просто локальное разрушение нескольких этажей, а классическая цепная реакция – прогрессирующее обрушение. Анализ катастрофы, проведённый специалистами Национального института стандартов и технологий (NIST), показал следующую последовательность разрушения [3].

На первом этапе при ударе пассажирских самолётов были повреждены наружные фасадные колонны и выбита огнезащита с несущих стальных колонн ядра жёсткости. На втором этапе последовавшие за этим пожары, температура в которых достигала 1000–1100°C, привели к размягчению и потере несущей способности стальных конструкций. Сталь, теряющая прочность при нагреве выше 500°C, уже не могла выдерживать проектную нагрузку. На третьем этапе произошло обрушение этажей выше зоны повреждения – они рухнули вниз, создав динамическую ударную нагрузку, которую уцелевшие этажи ниже уже не могли выдержать из-за отсутствия резервных путей передачи усилий. Разрушение стало лавинообразным и завершилось полным обрушением обеих башен [4].

Этот трагический опыт наглядно продемонстрировал, что локальный отказ отдельных элементов (в данном случае – потеря прочности колонн из-за нагрева) при отсутствии конструктивной защиты способен привести к полному разрушению всего здания. Именно после 2001 года в США были разработаны и введены в действие руководства GSA (General Services Administration) и UFC 4-023-03, регламентирующие обязательный расчёт зданий на прогрессирующее обрушение с применением нелинейного динамического анализа.

В 2023 году деловой центр «Москва-Сити» подвергся атакам беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В отличие от WTC, где применялась стальная конструктивная схема (наружная несущая оболочка и внутреннее ядро), в башнях «Москва-Сити» доминирует железобетонный каркас с использованием высокопрочных материалов классов В60–В90. Эксперты подтвердили, что локальные повреждения фасадов, полученные в результате атак, не привели к обрушению зданий – несущий каркас сохранил устойчивость. Данный факт демонстрирует эволюцию инженерной мысли и эффективность современных мер защиты, спроектированных с учётом уроков катастрофы 2001 года.

В Российской Федерации основополагающими документами в сфере расчёта зданий на прогрессирующее обрушение являются [5, 6]. В [5] приведены основные требования к расчёту зданий и сооружений на особые воздействия, включая прогрессирующее обрушение. Данный документ оказывает большое влияние на проектирование несущих систем высотных зданий, поскольку в нём установлены сценарии локальных повреждений и методы расчёта устойчивости конструкций. Следует отметить, что [5] при расчётах допускает применение статического анализа при удалении элемента, тогда как зарубежные нормы (GSA, UFC) требуют обязательного нелинейного динамического анализа, учитывающего инерционные эффекты при обрушении [7]. Опыт разрушения WTC показал критическую важность учёта динамики и высокотемпературного воздействия, что нашло отражение в зарубежных нормах в большей степени, чем в российских.

Нормируемые параметры расчёта на прогрессирующее обрушение для зданий различного класса ответственности, а также требования к конструктивным мерам защиты отображены в [6].

Прогрессирующее обрушение представляет собой процесс, при котором локальное разрушение одного или нескольких несущих элементов (колонн, стен, узлов) влечёт за собой несоразмерно большое разрушение всего здания или его значительной части. Цепная реакция возникает, когда после удаления элемента нагрузка, ранее воспринимавшаяся им, перераспределяется на соседние конструкции. Если эти конструкции не рассчитаны на дополнительное усилие, происходит их последовательное разрушение, которое в итоге может привести к обрушению всего здания или его значительной части. На рис. 1 представлена типовая схема развития такого процесса при удалении угловой колонны.

Основными сценариями локального повреждения для высотных зданий являются:

– удаление угловой колонны (создаёт наибольшие изгибающие моменты в перекрытиях);

– удаление колонны в среднем пролёте (требует перераспределения нагрузки на соседние элементы по принципу консоли);

– удаление фрагмента несущей стены или ядра жёсткости.

Для оценки устойчивости здания к прогрессирующему обрушению применяют метод «альтернативных путей», который реализуется в программных комплексах (LS-DYNA, ABAQUS, ANSYS) с использованием нелинейного динамического анализа.

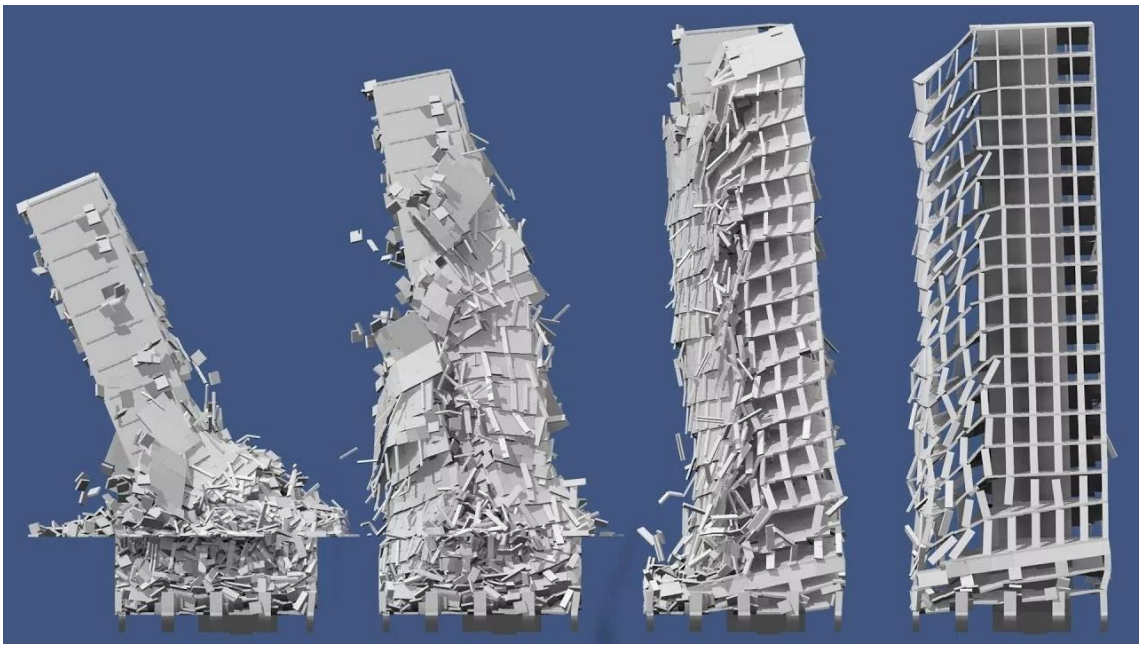


Рисунок 1 – Схема прогрессирующего разрушения (Источник: [4])

Комплекс «Москва-Сити» включает несколько высотных зданий: башня «Федерация» (96 этажей, высота 374 м), «ОКО» (85 этажей, 354 м), «Меркурий Тауэр» (75 этажей, 339 м). На основе анализа проектных решений и материалов технического аудита можно выделить следующие основные меры защиты от прогрессирующего обрушения.

В несущем каркасе всех башен использован высокопрочный бетон класса не ниже В60, а для нижних колонн – В80…В90. Бетон класса В60 имеет расчётное сопротивление сжатию R_b =43 МПа, а В90 – до 65 МПа. В отличие от стальных конструкций WTC, потерявших прочность при пожаре, железобетонные колонны обладают значительно более высокой огнестойкостью (предел огнестойкости железобетонных колонн достигает 3–4 часов при толщине защитного слоя 50–70 мм). Такое сочетание обеспечивает высокую несущую способность колонн (до 15–20 тыс. кН на одну колонну) и позволяет перераспределять нагрузку при локальном выходе из строя соседней колонны. Характеристики колонн в зависимости от высотной зоны приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Параметры колонн башен «Москва-Сити»

Зона здания	Сечение колонн, см	Класс бетона	Коэф. армирования, %
Нижние этажи (1-30)	60×60	В80-В90	4,5-6,0
Средние этажи (31-60)	50×50	В70	3,5-4,5
Верхние этажи (61-96)	50×50	В60	2,5-3,5

Помимо колонн, в каждой башне имеется центральное ядро жёсткости (из монолитного железобетона) и наружные пояса из стальных ферм. Совместная работа ядра и периферийных колонн создаёт так называемый «трубчатый каркас». При удалении одной колонны нагрузка передаётся через диафрагмы перекрытий на ядро и соседние колонны.

К дополнительным мерам защиты относятся: противопожарные отсеки – каждые 20 этажей отделены противопожарными перегородками с пределом огнестойкости EI 180; резервные связи – в уровне технических этажей установлены стальные диагональные фермы, дублирующие горизонтальные диски; системы мониторинга состояния несущих конструкций,

позволяющие в реальном времени отслеживать деформации и своевременно выявлять критические отклонения.

В 2023 году башни «Москва-Сити» неоднократно подвергались атакам БПЛА. Согласно экспертным заключениям, локальные повреждения фасадов и отдельных конструкций не привели к обрушению зданий. Анализ последствий позволяет сделать следующие выводы:

– разрушение фасадного остекления не вызвало потери устойчивости несущего каркаса;

– системы противопожарной защиты и дымоудаления отработали в штатном режиме;

– перераспределение нагрузок произошло в соответствии с расчётными сценариями.

Важно отметить принципиальное отличие от ситуации 2001 года. В WTC удар самолёта привёл к выбитию огнезащиты и последующему пожару, ослабившему сталь. В случае с «Москва-Сити» атаки БПЛА носили менее масштабный характер, однако они затронули фасадные системы. Железобетонный каркас, в отличие от стального, не подвержен критической потере прочности при локальном нагреве, что и стало одним из ключевых факторов сохранения устойчивости зданий. Данный случай является уникальным примером реальной проверки конструктивной защиты высотного здания на практике.

Зарубежный подход к нормативным документам в области расчёта на прогрессирующее обрушение построен на иной концепции, сформировавшейся во многом под влиянием трагедии 11 сентября 2001 года. В Российской Федерации базовым документом является СП 296.1325800.2017 «Здания и сооружения. Особые воздействия». В США применяются руководства GSA (для федеральных зданий) и UFC 4-023-03 (для военных объектов), разработанные непосредственно после атак на WTC. Основными отличиями зарубежного подхода являются:

– обязательное применение нелинейного динамического анализа, учитывающего инерционные эффекты при обрушении;

– более широкий перечень сценариев локального повреждения (удаление не только колонны, но и фрагмента стены, плиты перекрытия);

– более высокие коэффициенты запаса (1,5–2,0 против 1,2–1,5 в РФ);

– требование учёта взрывных и ударных нагрузок для зданий выше 10 этажей;

– обязательный учёт высокотемпературного воздействия (пожара) как фактора, инициирующего потерю несущей способности.

Сравнение российской и зарубежной практики регулирования расчёта на прогрессирующее обрушение отражено в табл. 2.

Таблица 2 – Сравнение подходов к расчёту на прогрессирующее обрушение

Критерий	Россия (СП 296)	Зарубежный опыт (GSA/UFC)
Основной подход	Статистический анализ удаления элемента	Нелинейный динамический анализ
Нормативная база	СП, ГОСТ	Директивы ЕС, стандарты
Сценарий повреждения	Удаление одной колонны	Удаление колонны, стены, плиты
Коэффициент запаса	1,2-1,5	1,5-2,0
Учет взрывных/ударных нагрузок	По отдельному заданию	Обязателен для зданий > 10 этажей
Учет высокотемпературного воздействия	Не регламентирован явно	Обязателен
Цель	Предотвращение обрушения	Обеспечение живучести

Подходы к обеспечению защиты высотных зданий от прогрессирующего обрушения, применяемые в башнях «Москва-Сити», доказали свою эффективность в реальных условиях (атаки БПЛА 2023 года). Проведённый анализ позволяет сделать следующие выводы:

– События 11 сентября 2001 года стали переломным моментом в развитии подходов к проектированию высотных зданий. Катастрофа WTC наглядно продемонстрировала опасность прогрессирующего обрушения и привела к разработке в США нормативных документов GSA и UFC, регламентирующих обязательный расчёт зданий на данный вид разрушения;

– Основными конструктивными решениями, обеспечивающими живучесть башен «Москва-Сити», являются: высокопрочный бетон классов В60–В90 (обладающий высокой огнестойкостью в отличие от стали WTC), колонны сечением 50×50 и 60×60 см с развитым армированием, пространственные ядра жёсткости и резервные горизонтальные связи;

– Перспективы развития российской нормативной базы заключаются не в копировании, а в адаптации зарубежного опыта с учётом уроков катастрофы 2001 года, отечественной практики проектирования и специфики высотного строительства;

Методы расчёта на прогрессирующее обрушение, применяемые в США и ЕС (GSA, UFC), применимы на территории РФ при условии их адаптации к российской нормативной базе и климатическим условиям.

Список использованных источников

1. Дураченко, А. В. Мероприятия по снижению рисков прогрессирующего обрушения зданий / А. В. Дураченко // Молодежь и научно-технический прогресс : Сборник докладов XVIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Губкин, 10 апреля 2025 года. – Губкин-Старый Оскол: ООО «Издательство «Ассистент плюс», 2025. – С. 174-175. *https://www.elibrary.ru/pdatiu*

2. Тамразян, А. Г. Ресурс живучести – основной критерий проектных решений высотных зданий / А. Г. Тамразян // Жилищное строительство. – 2010. – № 1. – С. 15-18. *https://www.elibrary.ru/msutyv*

3. UFC 4-023-03. Design of Buildings to Resist Progressive Collapse. – Department of Defense, USA, 2013. – 110 p. URL: *https://www.wbdg.org* (дата обращения: 06.04.2026).

4. Collapse of Residential Highrise (FP7, INACHUS, VITRUV) // YouTube. – 2017. – 9 апреля. – URL: *https://www.youtube.com/watch?v=cN8n7dnFnMU* (дата обращения: 10.04.2026).

5. СП 296.1325800.2017. Здания и сооружения. Особые воздействия: введ. 05.06.2017 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. URL: *https://docs.cntd.ru/document/556791925* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

6. СП 267.1325800.2016. Здания и комплексы высотные. Правила проектирования: введ. 02.06.2016 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/1200135581* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

7. GSA. Progressive Collapse Analysis and Design Guidelines for New Federal Office Buildings. – Washington, D.C., 2016. – 94 p. – URL: *https://www.gsa.gov* (дата обращения: 06.04.2026).

УДК 624.012.45

Оценка прогибов монолитного безбалочного бескапительного перекрытия на основе численного моделирования в ПК SCAD

Шульгин С.С., студент; Савина Н.В., старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: shss04@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Данное исследование посвящено выявлению зависимостей прогибов в монолитном безбалочном бескапительном перекрытии от действующей нагрузки и толщины плиты перекрытия по результатам линейного расчета в программном комплексе SCAD.

Ключевые слова: перекрытие, прогиб, SCAD, монолитный железобетон.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры железобетонных, каменных и деревянных конструкций ННГАСУ Савина Наталья Валерьевна.

В практике современного строительства все большее распространение получают монолитные железобетонные конструкции, среди которых особое значение приобретают безбалочные бескапительные перекрытия. Такие плиты увеличивают полезную площадь здания, сокращают сроки строительства и уменьшают расход материалов. Однако отсутствие балок и капителей в перекрытии приводит к увеличению напряжений в зоне опирания на колонны, в связи с чем требуется тщательный контроль учета деформативности плиты. Одним из ключевых показателей надежности и безопасности таких конструкций является величина прогиба. Современные расчетные комплексы прикладных программ, такие как SCAD OFFICE, позволяют с высокой точностью моделировать работу плиты перекрытия и изучать зависимость прогиба от различных параметров без дорогостоящих лабораторных испытаний. В данной статье с помощью численного моделирования исследуется влияние толщины плиты и распределенных нагрузок на максимальный прогиб монолитных безбалочных бескапительных плит перекрытия.

Актуальность данного исследования обусловлена растущим использованием безбалочных бескапительных перекрытий в жилых и общественных зданиях. Этот тип перекрытий имеет меньшую жесткость по сравнению с балочными и капительными системами, что делает расчет подобных перекрытий по деформациям критически важным [1]. Несоблюдение требований к максимально допустимому прогибу по СП 63.13330.2018 может привести к образованию трещин, повреждению отделки и снижению эксплуатационных характеристик здания. Кроме того, в процессе обучения студентов архитектурно-строительных специальностей важно развивать практические навыки расчета прогибов с использованием САПР-систем, что объясняет актуальность данной работы также и для образовательного процесса [2-4].

Целью исследования является определение и анализ зависимости между максимальным прогибом монолитного безбалочного бескапительного перекрытия и толщиной плиты, а также величиной равномерно распределенной нагрузки на основе результатов линейных расчетов в программном комплексе SCAD.

Исследование проводилось с использованием численного моделирования и сравнительного анализа. В ходе курса «САПР железобетонных конструкций» студенты создали 44 проектные модели (рис. 1) в программном пакете SCAD. Моделирование проводилось по линейной деформационной схеме. Переменные параметры:

– Толщина плиты (h): от 160 мм до 260 мм с шагом 10 мм.

– Равномерно распределенная нагрузка (q): от 1,0 до 2,5 т/м² с шагом 0,5 т/м².

Для каждой комбинации параметров определялся максимальный прогиб (f). Полученные данные сведены в таблицу 1 и представлены графически на рис. 2. Полученные числовые значения были сопоставлены с теоретическими положениями СП 63.13330.2018.

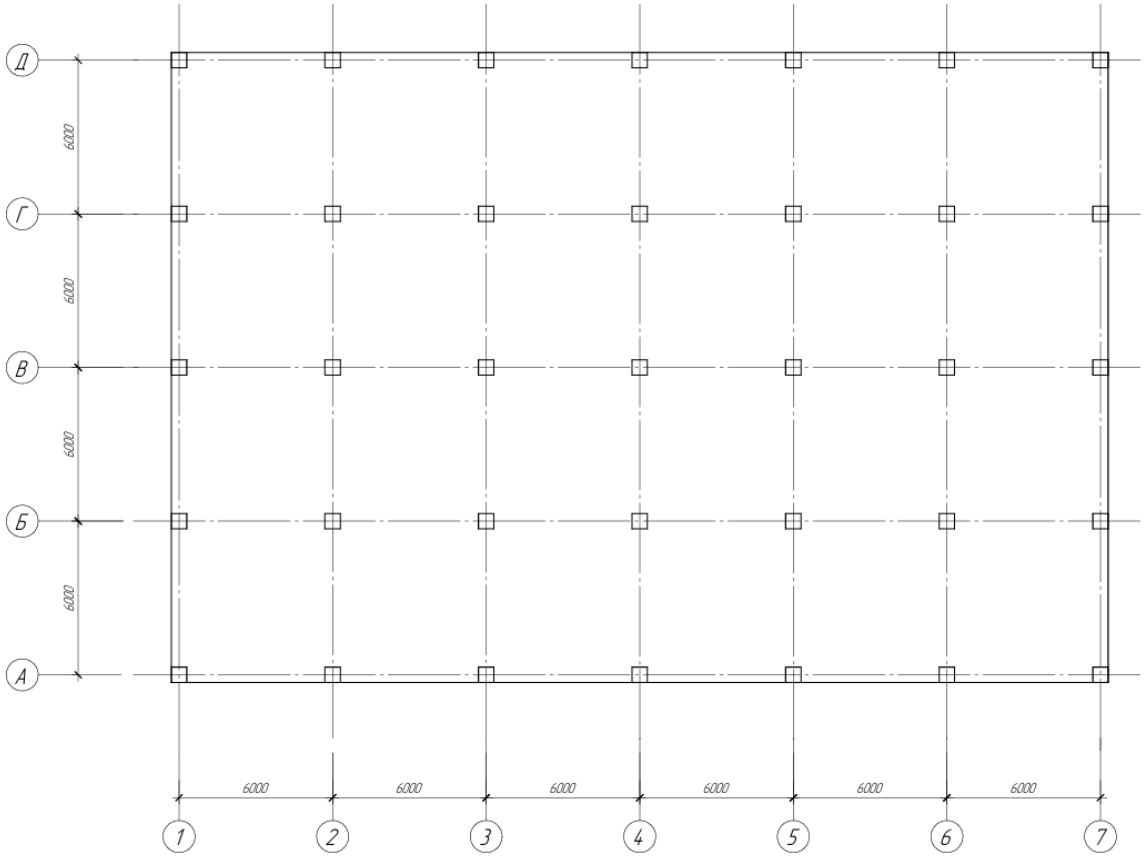


Рисунок 1 – Расчетная схема перекрытия

Таблица 1 – Результаты вычислительного эксперимента определения максимальных прогибов в перекрытии разной толщины от распределенной нагрузки

Толщина перекрытия h, мм	Максимальный прогиб f, мм			
	q=1,0 т/м2	q=1,5 т/м2	q=2,0 т/м2	q=2,5 т/м2
160	7,68	11,52	15,36	19,19
170	6,40	9,60	12,80	16,00
180	5,39	8,09	10,78	13,48
190	4,58	6,88	9,17	11,46
200	3,93	5,90	7,86	9,83

210	3,40	5,09	6,79	8,49
220	2,95	4,43	5,91	7,38
230	2,58	3,88	5,17	6,46
240	2,27	3,41	4,55	5,69
250	2,01	3,02	4,03	5,03
260	1,79	2,68	3,58	4,47

По результатам вычислительных экспериментов построены графики зависимости прогиба в плите перекрытия разной толщины от заданной нагрузки (рис. 2) и определены основные факторы зависимости прогибов.

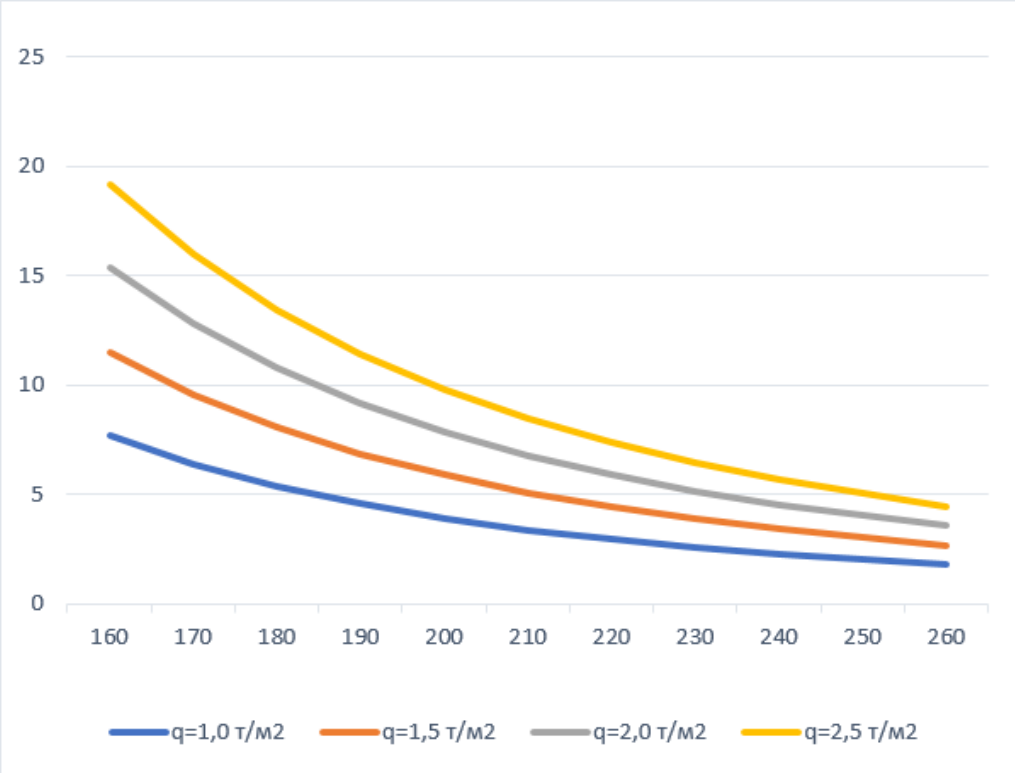


Рисунок 2 – Графики зависимости прогиба в плите перекрытия от толщины при заданной нагрузке

Проведенные вычислительные эксперименты не только подтвердили известную теоретическую зависимость [5], но и количественно оценили чувствительность параметров прогиба к изменениям. Таблица 1 и анализ графика показывают, что при увеличении толщины плиты от минимальной (160 мм) до максимальной (260 мм) прогиб при постоянной нагрузке уменьшается в 4,3 раза (с 7,68 мм до 1,79 мм при нагрузке 1,0 т/м²).

В то же время, при увеличении нагрузки в 2,5 раза (с 1,0 до 2,5 т/м²), прогиб увеличивается линейно в 2,5 раза (например, для плиты толщиной 200 мм: с 3,93 мм до 9,83 мм).

Однако в практике проектирования необходимо принимать во внимание длительные процессы развития прогибов в перекрытии, связанные с ползучестью бетона. В монолитных

перекрытиях прогиб увеличивается во времени из-за ползучести бетона под длительной нагрузкой, что может увеличить первоначальный прогиб в 2-3 раза [2].

Главный практический вывод заключается в том, что для соблюдения нормативных требований (L/150 – L/200) [6] увеличение толщины плиты является более эффективным средством, чем увеличение арматуры. Так, при переходе от 160 мм к 260 мм прогиб уменьшается в 4 раза, в то время как арматура может уменьшить его лишь на несколько процентов или десятки процентов (в зависимости от класса арматуры).

В результате данного исследования были получены численные значения прогиба для 44 моделей безбалочного бескапительного перекрытия с различными параметрами нагрузки и толщины. Выявленные закономерности подтверждают теоретические положения: прогиб прямо пропорционален нагрузке и обратно пропорционален кубу толщины плиты. Было установлено, что увеличение толщины плиты является более эффективным способом уменьшения деформации, чем увеличение процента армирования.

Полученные данные могут быть использованы для прогнозирования толщины плиты на этапе предварительного проектирования, а также для демонстрации влияния различных факторов на напряженно-деформированное поведение конструкций в учебном процессе. Авторы рекомендуют дальнейшие исследования, направленные на оптимизацию параметров плиты (расход бетона и арматуры) с использованием многокритериальных методов принятия решений [7], что впоследствии позволит принимать более экономически эффективные конструктивные решения.

Список использованных источников

1. Истомин А.Д., Курнавина С.О., Домарова Е.В., Бобров В.В. Примеры расчета железобетонных конструкций зданий. – Москва: МИСИ – МГСУ, 2024. – 78 с.

2. Федорова Н.В., Тонких Г.П., Аветисян Л.А. Проектирование элементов железобетонных конструкций. – Москва: МИСИ – МГСУ, 2019. – 73 с.

3. Кабанцев О.В., Манаенков И.К. Проектирование железобетонных несущих систем многоэтажных и высотных зданий. – Москва: МИСИ – МГСУ, 2020. – 54 с.

4. Малахова А.Н., Уткин Д.Г. Проектирование и усиление железобетонных конструкций. – Москва: МИСИ – МГСУ, 2024. – 73 с.

5. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01–2003 (с Изменениями № 1, 2) : свод правил : дата введения 2019-06-20 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Изд. офици альное. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 182 с.

6. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. СНиП 2.01.07–85* (с Изменениями № 1, 2, 3, 4) : свод правил : дата введения 2017-06-04 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 118 с.

7. Кузьменко А.А. Многокритериальные методы принятия решений: алгоритмы и реализация на Python : учебное пособие для вузов / А.А. Кузьменко. – Санкт-Петербург : Лань, 2026. – 140 с.

УДК 69.059.32

Усиление бетонных и железобетонных конструкций полимерными композиционными материалами

Шульгин С.С., студент; Савина Н.В., старший преподаватель*

* Ответственный за переписку: shss04@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрен метод усиления бетонных и железобетонных конструкций полимерными композиционными материалами. Выявлены достоинства и недостатки данного метода, а также приведены возможные материалы для усиления.

Ключевые слова: усиление железобетонных конструкций, композитные материалы, внешнее армирование, реконструкция, капремонт, железобетон.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры железобетонных, каменных и деревянных конструкций ННГАСУ, Савина Наталья Валерьевна

Надежность и долговечность несущих конструкций всегда являлись важными аспектами строительства. Наиболее часто при реконструкции зданий и сооружений возникает необходимость в усилении основных элементов каркаса, имеющих дефекты, которые возникли в результате физического износа. Цель данного исследования заключается в рассмотрении вариантов усиления бетонных и железобетонных строительных конструкций как комплекса конструктивных мероприятий и технологических работ, направленных на восстановление несущей способности и эксплуатационных свойств строительных конструкций зданий и сооружений, и их последующего сравнительного анализа.

Потребность в усилении чаще всего возникает в процессе реставрации или капитального ремонта зданий. Проектирование усиления железобетонных конструкций проводится на основе поверочного расчета и качественного обследования строительных конструкций, при котором определяются реальные геометрические параметры, причины разрушения, техническое состояние несущих элементов, а также формулируются рекомендации по их восстановлению. При выполнении этих работ используют современные неразрушающие методы контроля прочности.

Наряду с традиционными методами усиления, основанными на использовании металлоконструкций, широкое применение в настоящее время обретает система внешнего армирования на основе эпоксидных полимерных композиционных материалов (ПКМ), что является эффективным методом усиления бетонных и железобетонных конструкций [1]. Система внешнего армирования строительных конструкций основывается на установке на поверхности растянутых участков конструкций усиливающих элементов, произведенных из высокопрочных ПКМ и предназначенных для восприятия дополнительных усилий (рис. 1).

При использовании традиционных методов усиления в сжатых зонах конструкции возникает проблема включения в работу металлических обойм. Для обеспечения совместной работы пытаются создать в конструкции начальные усилия путем нагрева хомутов. Полимерные композиционные материалы являются лучшей альтернативной данному усилению, так как включение в работу происходит во время монтажа через эпоксидное связующее [2].

Рисунок 1 – Пример усиления колонны ПКМ

Главным преимуществом ПКМ является их пренебрежительно малая масса, поэтому усиление данным материалом в ряде случаев наиболее эффективно. Железобетон имеет большой собственный вес, в связи с чем применение металла в усилении конструкции может привести к необходимости дополнительного усиления нижележащих конструкций, в том числе и фундамента. К тому же основными достоинствами композитов являются:

– способность повторять практически любые геометрические формы поверхности усиливаемой конструкции;

– высокая коррозионная стойкость;

– для проведения работ не требуется привлечение крупногабаритной техники.

Однако за достаточным количеством положительных качеств ПКМ стоят существенный недостатки:

– горючесть, обусловленная в первую очередь горючестью эпоксидных связующих, применяемых в системах внешнего армирования;

– высокие требования, предъявляемые к усиливаемой конструкции;

– потребность в высококвалифицированной рабочей силе.

Усиление ПКМ производят следующим образом. Пропитанные ламели, ленты, ткани или сетки наклеивают на подготовленную поверхность конструкции, используя эпоксидные связующие, которые надежно пропитывают армирующий наполнитель и обеспечивают адгезию к поверхности усиливаемого элемента. Данный метод способствует совместной работе композитов с конструкцией. Восстановление несущей способности конструкции или ее увеличение зависит от количества слоев усиливающего материала.

В строительстве наибольшее распространение приобрели стеклянные волокна и стеклопластики, являющиеся самым дешевым композиционным материалом. Однако стекловолокно обладает сравнительно большой плотностью и низким модулем упругости при растяжении, что считается существенным недостатком. Также существуют базальтовые волокна, которые имеют теплоизоляционные свойства и превосходят значения прочности для стеклянного волокна.

Усиление конструкций материалами из углеродных волокон является более эффективным способом усиления (рис. 2). Прочность усиления углеродным волокном сопоставима с прочностью стекловолокна, а модуль упругости при растяжении в 3 раза больше [3]. Ограничивающим фактором применения углеродного волокна является проводимость

электрического тока. При усиление бетонных и железобетонных конструкций чаще всего используют сетки, ткани, холсты и ламели.

Рисунок 2 – Усиление с использованием углеродного волокна

Углеродные ленты и ткани отличаются простотой раскроя и монтажа, быстротой набора расчетной прочности и возможностью усиления конструкций любой геометрической формы [4].

Недостатками являются повышенный расход, горючесть эпоксидного связующего и низкий предел огнестойкости конструкции. Также качество усиления существенно зависит от квалифицированности рабочих.

При повышенных нагрузках для усиления используют углеродные ламинаты (рис. 3). Они имеют более высокую прочность и модуль упругости при растяжении за счет особенности их производства, при котором пропитка и отверждение связующего происходит в заводских условиях.

Несмотря на существенные достоинства ламинатов, они не лишены недостатков. К недостаткам усиления углеродными ламинатами можно отнести, в первую очередь, неудобство монтажа, а также высокую чувствительность к дефектам и высокие требования, предъявляемые к поверхности усиливаемой железобетонной конструкции. Помимо этого, необходимо учитывать, что раскрой материала осуществляется только с помощью алмазного инструмента.

Рисунок 3 – Усиление с использованием углеродных ламинатов

Для обеспечения расчетной прочности и надежности конструкции необходимо качественное соблюдение технологии. Также необходим строгий учет конструктивных особенностей усиления из ПКМ.

При усилении железобетонных конструкций необходимо обратить внимание на состояние стальной арматуры [5]. Если появились следы коррозии, их либо устраняют, либо используют мигрирующие в бетон ингибиторы коррозии арматуры или грунты-преобразователи ржавчины обнаженных стальных элементов. Для ремонта трещин применяют инъектирование низковязких эпоксидных составов [3]. Эти мероприятия способствуют предотвращению дальнейшего развития дефектов конструкции, а также обеспечивают совместную работу конструкции с системой внешнего армирования.

При использовании ламелей и холстов особое внимание уделяют подготовке поверхности. Основание должно быть очищено от масляных пятен, цементного молочка и пыли. На подготовленную сухую поверхность наносят низковязкую двухкомпонентную эпоксидную грунтовку.

Углеродную ленту, пропитанную эпоксидным составом, наносят на подготовленное основание. После отверждения связующего изначально мягкая на ощупь углеродная ткань становится жестким пластиком. В процессе производства работ по усилению железобетонных конструкций следует максимально разгрузить усиливаемый элемент, так как ПКМ включается в работу при увеличении деформации [3].

Таким образом, соблюдение всех технологических требований и условий безопасности позволяет увеличить несущую способность конструкций, тем самым повысить срок службы многих реконструируемых зданий и сооружений, что подтверждается широким применением ПКМ в России и за границей [6].

Также хочется отдельно отметить, что для получения объективной оценки (альтернативы/решения) необходимо учитывать не только разные точки зрения на выбор альтернативных вариантов усиления конструкций, но и подходить к оцениванию комплексно, т.е. оценивать объект по множеству показателей, характеристик: возможность использования того или иного вида материала для усиления, необходимая проектная прочность, технологические затраты, квалификация персонала, итоговая стоимость работ и т.д. В контексте данного исследования это означает многокритериальное оценивание.

Многокритериальная задача принятия решений – это задача принятия решения, в которой общий исход (результат) оценивается по нескольким частным или локальным критериям, каждый из которых измеряет полезность со своей точки зрения в соответствующей качественной или количественной шкале и с учетом его направления.

Для выбора метода усиления железобетонных конструкций предлагается метод экспертных оценок (метод простого ранжирования) для анализа наилучшего варианта усиления конструкции из возможных. На основе индивидуального ранжирования критериев экспертов определяются веса важности методом попарного сравнения по абсолютной важности при групповом оценивании [7]. В данном исследовании реализация примера многокритериального выбора из нескольких возможных альтернативных вариантов усиления конструкции предполагается на языке программирования Python.

Список использованных источников

1. Вагнер Е.С. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами // Достижения вузовской науки. – 2015. – №15. – С. 119-123.

2. Курлапов Д.В., Куваев А.С., Родионов А.В., Валеев Р.М. Усиление железобетонных конструкций с применением полимерных композитов // Magazine of Civil Engineering. – 2009. – №3. – С. 22-24.

3. Ушков В.А., Пустовгар А.П., Самченко С.В., Бруяко М.Г. Современные материалы для восстановления, гидроизоляции, ремонта и усиления бетонных и железобетонных конструкций. – Москва: МИСИ – МГСУ, 2023. – 129 с.

4. Клюев А.В. Усиление изгибаемых конструкций композитами на основе углеволокна // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2011. – №3. – С. 38-41.

5. Кудрявцев В.С. Усиление строительных конструкций композитными материалами. Особенности и тенденции развития композитных материалов в производстве ремонтных работ // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – №4. – С. 283-286.

6. Есипов С.М. Анализ и перспективы усиления ЖБК композитными материалами // Национальная ассоциация ученых. – 2015. – №7-2 (12). – С. 61-65.

7. Кузьменко А.А. Многокритериальные методы принятия решений: алгоритмы и реализация на Python : учебное пособие для вузов / А.А. Кузьменко. – Санкт-Петербург : Лань, 2026. – 140 с.

УДК 69.057

Технология несъёмной опалубки для ускоренного возведения монолитных конструкций

*Щербакова Д. Е. *, студент; Савина Н. В., старший преподаватель кафедры ЖБКиДК*

* Ответственный за переписку: Scherbakova.mama15@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье представлена технология применения гибкой опалубки из текстильных материалов в качестве перспективной альтернативы традиционным жестким системам из фанеры и стали. Приведен сравнительный анализ технико-экономических показателей, выявлены преимущества метода в области снижения материалоемкости и улучшения физико-механических свойств поверхностного слоя бетона за счет эффекта фильтрации избыточной влаги. В работе предложены пути модернизации технологии посредством внедрения интеллектуальных сенсоров в структуру ткани для отслеживания натяжения в реальном времени.

Ключевые слова: Гибкая опалубка, тканевая опалубка, железобетонные конструкции, оптимизация сечений, несъемная опалубка, аэродинамика зданий, интеллектуальные сенсоры, строительные технологии.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры железобетонных, каменных и деревянных конструкций ННГАСУ, Савина Наталья Валерьевна.

В современном строительстве на большинстве строящихся объектов применяются стандартные щитовые опалубочные системы, состоящие из металлических креплений и фанеры. Их использование для создания сложных архитектурных форм или переменных сечений балок требует сложного индивидуального проектирования и монтажа, что ведет к существенному удорожанию и увеличению сроков строительства. Также при использовании традиционной опалубки образуется большой объем строительных отходов. Эффективным решением данных проблем является внедрение технологии гибкой (тканевой) опалубки.

Гибкая опалубка представляет собой систему формования бетонных конструкций, в которой вместо жестких щитов применяется эластичный материал, способный принимать сложные геометрические формы. В качестве основы используются высокопрочные синтетические ткани, армированные мембраны или геотекстиль. Под действием гидростатического давления бетонной смеси ткань деформируется, принимая оптимальную с точки зрения распределения нагрузок форму. Благодаря пористой структуре текстильный материал выполняет функцию фильтра: он выводит излишки воды и воздуха из бетонной смеси наружу. Это способствует уплотнению бетона, снижению количества поверхностных дефектов и повышению прочностных характеристик конструкции.

Подробные обзоры истории формованного бетона представлены в работах Veenendaal (2011) и Abdelgader (2008) [1]. Одним из основоположников применения тканевой опалубки в строительстве считается ирландский инженер Джеймс Уоллер (анализ его работ приведен в исследовании Конлона, 2012). Уоллер разработал ряд инновационных решений, наиболее значимым из которых стала кровельная система Ctesiphon, впервые реализованная в 1941 году.

В настоящее время технология активно применяется в гидротехническом строительстве (сооружение волнорезов, укрепление свай), где монтаж жестких конструкций затруднен.

Примеры реализации данного вида опалубочной системы в мировой практике строительства представлены ниже.

1. HiLo (NEST), Швейцария (2021) (рис. 1). Один из самых технологичных примеров в мире. Данный проект является результатом исследований института Empa и ETH Zurich [2].

Рисунок 1 – HiLo (NEST), Швейцария (Источник: [2])

2. KnitCandela, Мексика (2018) (рис. 2). Павильон, созданный с использованием технологии KnitCrete («вязаная опалубка») [3].

Рисунок 2 – KnitCandela, Мексика (Источник: [3])

3. Центр архитектурных структур и технологий (CAST), Канада [4]. Под руководством Марка Уэста, основателя CAST, реализовано множество объектов с органическими формами несущих элементов (рис. 3).

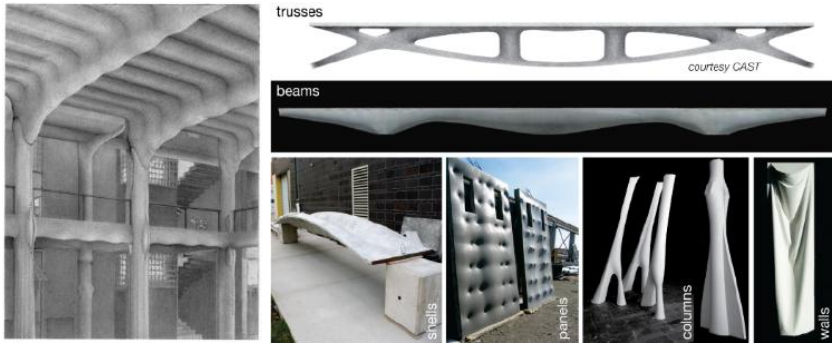


Рисунок 3 – Примеры работ компании CAST (Источник: [4])

Использование гибкой проницаемой опалубки имеет значительные преимущества по сравнению с традиционными жесткими системами. Тканевая опалубка легче и проще в

изготовлении. Ткань выдерживает только осевое растягивающее усилие, и при укладке бетона она деформируется до оптимальной геометрии под действием гидростатического давления влажного бетона. Благодаря тщательному формованию ткани можно получить оптимизированные конструктивные формы, которые при использовании обычных систем были бы очень дорогостоящими. Проницаемость материала также позволяет отводить избыток воды, необходимый для укладки бетона, снижая водоцементное соотношение у поверхности, тем самым повышая прочность бетона на сжатие в поверхностных слоях. Для установки такой опалубки требуется меньше человеко-часов. К тому же имеются очевидные преимущества и в перевозке: поскольку вес тканевой опалубки меньше по сравнению с обычными опалубочными системами, то нет необходимости в грузовых автомобилях.

Внедрение данной технологии ограничено рядом факторов [5].

1) Сложность контроля геометрии (Допуски). Это главный минус. В отличие от жесткой формы, где отклонение в 2 мм уже является ошибкой, в тканевой опалубке бетон всегда немного «гуляет». Отсюда может возникнуть эффект «пузатости» (Bulging) (под действием гидростатического давления ткань выгибается. Если расчет натяжения был неточным, колонна или балка могут оказаться толще в нижней части, чем планировалось)

2) Проблема защитного слоя арматуры. В железобетоне критически важно, чтобы арматура была покрыта слоем бетона (обычно 20–40 мм) для защиты от коррозии. В гибкой опалубке ткань прижимается к арматурному каркасу под весом смеси. Стандартные фиксаторы («звездочки») могут прорвать ткань или оставить некрасивые отпечатки. Требуется сложная система внутреннего подвеса арматуры.

3) Требования к квалификации рабочих. Технология требует совершенно иных навыков. Вместо плотников нужны специалисты по такелажным работам и натяжным системам. Любая ошибка при шнуровке или креплении ткани может привести к разрыву оболочки прямо во время заливки.

4) Хрупкость материала. Ткань, какой бы прочной она ни была, боится острых предметов. Случайный зацеп арматурным стержнем при монтаже или удар лопатой при уплотнении может создать прокол. Через маленькое отверстие под давлением начинает активно вытекать цементное молоко, что ослабляет конструкцию.

5) Сложность вибрирования. Традиционные глубинные вибраторы могут повредить мембрану при соприкосновении. Чрезмерная вибрация увеличивает давление на ткань, что усиливает деформацию формы.

6) Нормативная база (Стандарты). В большинстве стран (включая РФ) отсутствуют ГОСТы или СП, регламентирующие расчеты для гибких опалубочных систем. Инженерам сложно проходить государственную экспертизу проектов, так как методики расчета «мягких» форм не стандартизированы.

В исследовании проведен сравнительный анализ особенностей монтажа тканевой опалубки и опалубки из фанеры или стали. И надо отметить, что основные технологические различия проявляются уже на этапе подготовительных работ. Для традиционной опалубки требуются предварительно подготовленные щиты из фанеры или стали, либо их подгонка и нарезка непосредственно на строительной площадке. В случае с гибкой опалубкой на объект поставляется рулон полотна. Его раскрой может производиться как заранее в цеху (с помощью лазерной резки на основе BIM-моделей), так и на месте вручную.

Ключевое же отличие заключается в типе несущего каркаса. Фанерной опалубке необходима жесткая конструкция из щитов и ригелей, способная выдержать давление бетонной смеси. Тканевая же опалубка работает на растяжение, поэтому для неё используется натяжная рама, на которой полотно фиксируется методом подвеса. В процессе заливки гибкая опалубка требует повышенного внимания. Необходимо непрерывно следить за формообразованием, так как из-за изменения скорости подачи бетона возможны отклонения от проектной геометрии.

Важным преимуществом гибкой опалубки является отсутствие необходимости в принудительном вибрировании. Если при обычном методе вибрация обязательна для удаления пустот, то в текстильной системе воздух выходит самостоятельно благодаря пористости материала. Демонтаж ткани осуществляется либо простым надрезом и стягиванием с набравшего прочность бетона, либо опалубка оставляется в качестве несъемной. В последнем случае она служит дополнительным армированием, защитным слоем и декоративным элементом. Сравнительный анализ особенностей технологии монтажа опалубочных систем приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ особенностей технологии монтажа опалубочных систем

Показатель	Традиционная опалубка	Гибкая опалубка
Трудозатраты на монтаж	Высокие (сборка/разборка)	Средние (требуется натяжение)
Вес системы	40–60 кг/м² Тяжёлая	0,5–2 кг/м² Сверхлёгкая (один человек может донести опалубку на всю колонну)
Отходы	Высокий процент (лом дерева)	Минимальные (вторичная переработка ткани
Геометрическая точность	Высокая (±2 мм)	Переменная (зависит от натяжения)
Крепление	Саморезы, гвозди, зажимы, стяжные винты	Хомуты, шнуровка, заклёпки или промышленный степлер
Герметичность	Требует работы со стыками	Полотно бесшовное (протечки в случае разрыва ткани)

Большим преимуществом систем с тканевой опалубкой является то, что для работы подходит широкий спектр материалов, – от бытового текстиля до специализированного инженерного полотна. Тип ткани напрямую влияет на отделку: текстура и узоры переносятся на поверхность бетона. Например, в исследованиях Эдинбургского университета была продемонстрирована стена с разнообразными вариантами отделки, полученными благодаря запатентованной системе защиты от дождя (рис. 4) [6].

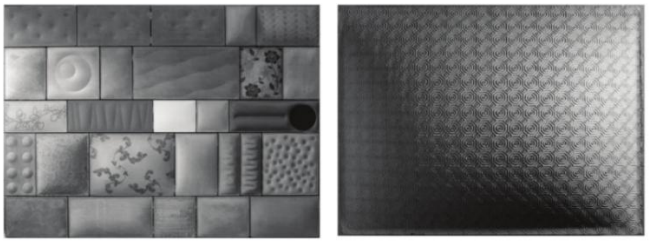


Рисунок 4 – Стены из тканевой опалубки (Источник: [6])

Наиболее распространенным материалом является тканый полипропилен, изначально разработанный для геотекстиля. Он отличается прочностью, износостойкостью, контролируемой проницаемостью и легко отделяется от бетона. Также применяются полиэстер. Критерии выбора ткани следующие. Во-первых, проницаемость: материал должен удерживать цементное молоко, но обеспечивать отвод лишней воды и воздуха. Во-вторых, ткани с низким модулем упругости позволяют создавать «пышные» архитектурные формы, тогда как высокомодульные материалы обеспечивают строгую геометрию. В-третьих, химическая устойчивость: полотно не должно вступать в реакцию с агрессивной щелочной средой бетона.

Перспективы развития гибкой опалубки связаны с переходом от пассивного ожидания растяжения ткани к динамическому управлению. В структуру текстильной опалубки на этапе ткачества вплетаются оптоволоконные или пьезорезистивные датчики, в результате чего опалубка в режиме реального времени сможет передавать данные о температуре бетона, давлении смеси и деформациях конструкции. Это позволяет точно определить момент, когда конструкция готова к восприятию полной проектной нагрузки, что критично для темпов строительства. Вместо пассивного растяжения ткани предлагается использовать системы регулируемых зажимов, которые меняют натяжение в зависимости от высоты столба бетона. Это приводит к достижению точности до 5 мм, что раньше было невозможно для гибких систем опалубки.

В заключении хочется отметить, что переход к технологиям гибкой опалубки представляет собой сильный скачок в монолитном строительстве, позволяющий достичь уникального баланса между эффективностью и архитектурной свободой. Несмотря на вызовы, связанные со сложностью строгого контроля геометрии и требованиями к высокой квалификации персонала, введение интегрированных в текстиль сенсоров трансформирует «мягкую» форму в интеллектуальную систему мониторинга, обеспечивая точность процесса в режиме реального времени. В контексте высотного строительства такая технология становится незаменимым инструментом: естественная криволинейность поверхностей, создаваемая тканью, не только экономит материал, но и радикально улучшает аэродинамику здания, снижая негативное воздействие ветровых нагрузок за счет оптимизированного макрорельефа фасада

Также при принятии решений по выбору типа опалубочных систем необходимо учитывать различные факторы, влияющие на рациональный выбор конструкции. Например, компьютерный многокритериальный анализ позволяет найти оптимальное решение, которое соответствует индивидуальным условиям района строительства и нормам, отвечает требованиям надёжности, экономичности и прогрессивности [7].

Список использованных источников

1. Veenendaal, D. History and overview of fabric formwork: Using fabrics for concrete casting / D. Veenendaal, M. West, P. Block // Structural Concrete. – 2011. – Vol. 12, № 3. – P. 164–177. – URL: *https://block.arch.ethz.ch/brg/files/suco_201100014.pdf* (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.

2. ETH Zürich – финальный модуль для экспериментальной площадки NEST в швейцарском Дюбендорфе // Архи.ру : [сайт]. – 2021. – URL: *https://archi.ru/news/94615/eth-zrich-predstavila-finalnyi-modul-dlya-eksperimentalnoi-ploschadki-nest-v-shveicarskom-dyubendorfe* (дата обращения: 23.03.2026). – Текст : электронный.

3. Homage to Spanish-Mexican architect Félix Candela: KnitCandela by Zaha Hadid Architects // Metalocus : [digital magazine]. – 2018. – URL: *https://www.metalocus.es/en/news/homage-spanish-mexican-architect-felix-candela-knitcandela-zaha-hadid-architects* (дата обращения: 23.03.2026). – Текст : электронный.

4. Mark West, CAST // Unit 03 : Metamorphosis : [academic blog]. – 2013. – URL: *https://unit03-metamorphosis.blogspot.com/2013/01/mark-west-cast.html* (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.

5. Orr, J. J. Flexible formwork for concrete structures / J. J. Orr, A. P. Darby, T. J. Ibell, M. C. Evernden // Engineering Structures. – 2011. – Vol. 33, № 11. – P. 3174–3183. – DOI: 10.1016/j.engstruct.2011.08.005.

6. West, M. Fabric formed concrete structures and architectural elements / M. West // ResearchGate : [scientific portal]. – 2004. – URL: *https://www.researchgate.net/publication/282976400_Fabric_formed_concrete_structures_and_architectural_elements* (дата обращения: 23.03.2026). – Текст : электронный.

7. Кузьменко А.А. Многокритериальные методы принятия решений: алгоритмы и реализация на Python : учебное пособие для вузов / А.А. Кузьменко. – Санкт-Петербург : Лань, 2026. – 140 с.

УДК 624.07

Прогрессирующее обрушение зданий и сооружений: эволюция нормативного регулирования и анализ ключевых аварий

*Щербань А.В. *, студент*

* Ответственный за переписку: dhgfot@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Несмотря на полувековую историю исследований, прогрессирующее обрушение (ПО) остаётся одной из наименее регламентированных проблем в проектировании зданий и сооружений. В статье ПО рассматривается не как статичный набор норм, а как эволюционирующая концепция, движимая уроками конкретных катастроф. Систематизированы основные понятия, причины и механизмы ПО. Проанализировано становление нормативной базы в России и за рубежом, установлен её прецедентный и догоняющий характер. На примере четырёх аварий – Серебряного моста, башен ВТЦ, Трансвааль-парка и Басманного рынка – показано, как конкретные катастрофы инициировали пересмотр норм.

Ключевые слова: прогрессирующее обрушение, аварии зданий и сооружений, нормативная база, особые нагрузки, механизмы разрушения.

Научный руководитель – ассистент кафедры теории сооружений и технической механики ННГАСУ, Ситникова Анна Константиновна

Введение

Прогрессирующее обрушение (ПО) – процесс, при котором выход из строя одного несущего элемента может стать причиной полного или частичного разрушения сооружения. В условиях непрерывного развития и усложнения конструктивных систем проблема обеспечения их прочности и жесткости при аварийных воздействиях приобретает особую значимость.

Мировая практика знает множество примеров, когда такие обрушения приводили к многочисленным жертвам и значительному материальному ущербу. Как отмечается в работах [1-3], именно крупные аварии продемонстрировали актуальность этой проблемы и привели к включению требований по расчёту на ПО в нормативные документы. Однако даже после десятилетий исследований устойчивый рост числа публикаций указывает на то, что полученные результаты не дают исчерпывающих ответов на все вопросы [4].

В связи с этим, данное исследование, ориентированное на историю становления вопроса расчёта на прогрессирующее обрушение через призму конкретных аварий, актуально для развития теоретических представлений о живучести конструкций.

Задачами исследования являются: изучение и систематизация ключевых понятий и общих принципов прогрессирующего обрушения, рассмотрение истории становления нормативной базы в контексте крупных аварий и проведение анализа наиболее показательных катастроф.

Теоретические основы прогрессирующего обрушения и анализ его нормативного регулирования

Понятие прогрессирующего обрушения длительное время отсутствовало в инженерной практике, поскольку проектирование традиционно базировалось на прочности отдельных элементов без учёта связности системы. Внедрение расчётов на ПО стало прямым следствием обрушения жилого дома Ronan Point в Лондоне (1968 г.), которое продемонстрировало опасность лавинообразного разрушения при локальном отказе несущих конструкций.

Главный признак ПО – несоразмерность. Локальный отказ вызывает последствия, масштаб которых значительно превышает зону начального повреждения.

Анализ аварий, представленный в работах [1-3], а также в обзорах по транспортным сооружениям [5], позволяет выделить четыре основные категории причин, приводящих к локальному повреждению и последующему прогрессирующему обрушению (табл. 1).

Таблица 1 – Причины прогрессирующего разрушения

Причина	Характер воздействия
Взрывные воздействия	Взрыв бытового газа, взрывчатых веществ (теракт)
Механические удары и столкновения	Удар транспортного средства, падение самолёта, навал судна
Старение материалов и длительные процессы	Коррозия, усталость, водонасыщение, ползучесть
Ошибки проектирования, строительства, эксплуатации	Неправильный расчёт, некачественный монтаж, изменение назначения сооружения

В зависимости от того, как именно происходит перераспределение усилий и передача нагрузки на соседние элементы, различают несколько типов прогрессирующего обрушения. Наиболее признанная в мировом научном сообществе классификация предложена Ульрихом Староссеком и дополнена в обзорных работах [1-3] (табл. 2, рис.1).

Таблица 2 – Механизмы прогрессирующего разрушения

Механизм	Категория	Характер распространения	Описание
Zipper type collapse	Redistribution-type (Обрушение в результате перераспределения усилий)	Последовательное разрушение элементов вдоль линии	Отказ одного несущего элемента вызывает перегрузку соседних, которые также разрушаются; процесс распространяется по цепочке, подобно расстёгивающейся молнии
Pancake type collapse	Impact-type (Обрушение по типу удара)	Вертикальное падение перекрытий одного этажа на нижележащие с нарастающей динамической нагрузкой	Потеря несущей способности колонн или стен на одном этаже → обрушение перекрытия → удар по нижележащему этажу → прогрессирующее обрушение сверху вниз
Domino-type collapse	Impact-type (Обрушение по типу удара)	Последовательное опрокидывание или смещение элементов	Элементы падают друг на друга, как костяшки домино; характерно для мостов, узких высотных зданий при потере устойчивости основания

Mixed-type	Комбинация перераспределительного и ударного	Сочетание признаков нескольких механизмов	Например, сначала перегрузка по фасаду (zipper), затем вертикальное схлопывание (pancake) или domino с последующим ударом

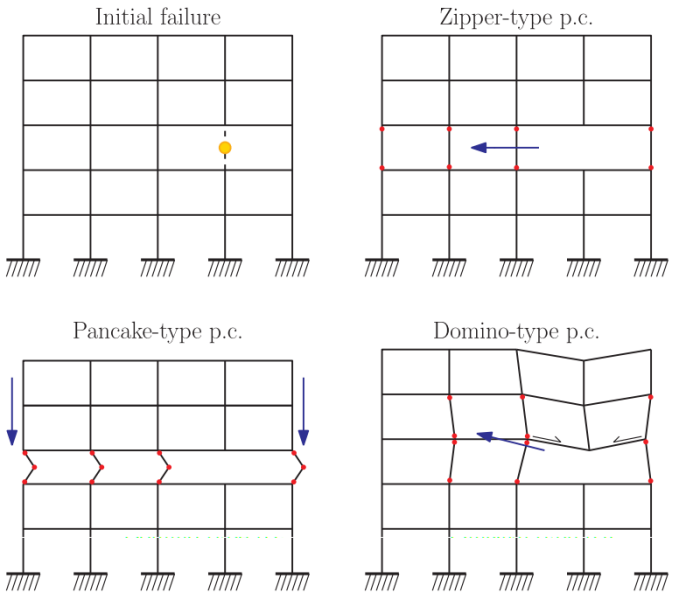


Рисунок 1 – Схемы механизмов прогрессирующего обрушения (Источник: [3])

Расчёт на ПО осуществляется исходя из возможности возникновения аварийной ситуации, которая характеризуется внезапностью и динамическим характером приложения дополнительных нагрузок. Корректное моделирование аварийной расчётной ситуации является необходимым условием для достоверной оценки стойкости зданий к ПО.

Развитие нормативных требований в зарубежной практике к расчёту зданий и сооружений на ПО происходило под влиянием крупных аварий, анализ их исторического формирования приведен в [3].

Формирование российской нормативной базы по защите зданий и сооружений от ПО происходило на протяжении более 50 лет и носило догоняющий характер по отношению к зарубежной, поскольку системные требования начали внедряться лишь в 2000-х годах, тогда как в США и Европе соответствующие нормы активно развивались уже с конца 1960-х годов. На первом этапе, начиная с 1978 г. была обоснована необходимость учёта аварийных воздействий при проектировании зданий простейших конструктивных схем – крупнопанельных. Сам термин «прогрессирующее обрушение» был введён в отечественную практику только в 1986 году. С развитием высотного строительства появились специализированные нормы [6]. Каждый документ отражал не только эволюцию научных представлений, но и непосредственную реакцию на конкретные катастрофы, что подтверждает прецедентный характер формирования нормативных требований в области ПО.

Анализ прецедентов и фактических сценариев прогрессирующего обрушения зданий

Обратимся к наиболее крупным авариям, имеющим природу ПО, с целью анализа конкретных механизмов разрушения и выявления их влияния на эволюцию нормативных требований.

Серебряный мост –это мост через р. Огайо, введённый в эксплуатацию в 1929 г. Его уникальной конструктивной особенностью являлось применение в качестве основных элементов цепей «глазастых стержней» (eyebars) – стальных звеньев, соединённых между собой массивными штырями. Такое техническое решение создавало зоны высокой концентрации напряжений в местах контакта звеньев со штырями.

15 декабря 1967 г. произошло внезапное лавинообразное обрушение моста. Причиной обрушения послужил разрыв одного из стержней вследствие коррозионного растрескивания под напряжением, усугублённого усталостными явлениями от транспортной нагрузки. Дефектный стержень имел аномально высокий уровень остаточных напряжений после изготовления, а в месте соединения скапливалась влага. В результате сформировалась микротрещина, которая росла в течение всего срока эксплуатации.

Механизм ПО соответствует типу domino. Последовательный отказ звеньев конструкции моста из-за перераспределения нагрузки привёл к тому, что фактические значения нагрузок на смежные элементы оказались больше допускаемых. После разрыва дефектного стержня вся нагрузка мгновенно перешла на соседние элементы, что вызвало их лавинообразное разрушение. Отсутствие альтернативных путей передачи нагрузки сделало невозможным остановку разрушения после выхода из строя одного звена.

Катастрофа привела к принятию в США Закона о федеральной автомобильной дороге 1968 г., которым была учреждена Национальная программа инспекций мостов (National Bridge Inspection Standards, NBIS).

Далее рассмотрим один из самых известных примеров ПО – Комплекс Башен-близнецов Всемирного торгового центра. Реализованная конструктивная система здания «оболочка-ствол», позволила увеличить полезные площади при проектировании. По каждой стороне располагалось 59 пустотелых колонн с шагом 1,02 м. Ядро жесткости представляло собой прямоугольную область из 47 стальных колонн. Междуэтажные перекрытия были спроектированы из легкого бетона по профлисту, уложенному на стальные фермы высотой 900 мм. Междуэтажные перекрытия не имели дополнительных опор между наружными колоннами и 44 колоннами ядра жесткости.

11 сентября 2001 г. два самолёта врезались в башни. Удары и взрывы топлива разрушили часть наружных колонн и ядра, повредили огнезащиту. Здания не обрушились сразу: ВТЦ-2 простояла 56 минут, ВТЦ-1 – 102 минуты. Причиной обрушения стало комбинированное воздействие «удар-взрыв-пожар» (CHE IEF). Последовавший пожар (температура до 1000 °C) привёл к критическому нагреву стальных ферм, потере жёсткости и провисанию перекрытий, что создало горизонтальные усилия, втягивающие наружные колонны внутрь [2, 7].

Механизм обрушения – смешанный (mixed-type). На первой стадии (удар + взрыв) реализовался перераспределительный механизм zipper-type: локальные разрушения и исчерпание огнезащиты. На второй стадии (пожар) длительное температурное воздействие снизило предел текучести стали. На третьей стадии (динамическое догружение) – pancake-type: потеря несущей способности ключевых элементов привела к внезапному обрушению верхней части и ударной нагрузке на нижележащие этажи.

Катастрофа стимулировала пересмотр норм огнестойкости высотных зданий, разработку методов расчёта на комбинированные воздействия (CHE IEF), усиление концепции «живучести». В США приняты обновлённые рекомендации GSA (2003, 2013) и критерии UFC 4-023-03 (2005, 2009) с акцентом на альтернативные пути передачи нагрузки и учёт динамических эффектов. В России ускорена разработка МГСН 4.19-2005 для высотных зданий и, впоследствии, СП 385.1325800.2018 [6, 7].

Трансвааль-парк – развлекательный комплекс с аквапарком на юго-западе Москвы, построен в 2002 г. Основное покрытие – большепролётная железобетонная оболочка, опиравшаяся на колонны по контуру.

14 февраля 2004 г. произошло внезапное обрушение центральной части покрытия. Причинами стали ошибки проектирования и эксплуатационные воздействия. Численное моделирование показало, что авария вызвана неправильным учётом условий сопряжения колонны с покрытием и локальной потерей устойчивости колонны, применение тонкостенных конструкций без учёта перераспределения усилий, игнорирование возможности потери устойчивости. В период эксплуатации насосы создавали вибрационные нагрузки, приводящие к резонансному эффекту и способствовавшие накоплению усталостных повреждений.

Разрушение развивалось по типу pancake-type. Разрушение одной колонны привело к перераспределению нагрузки на соседние опоры и оболочку. Из-за недостаточной степени статической неопределимости и отсутствия альтернативных путей передачи нагрузки перегруженные элементы разрушились, что вызвало мгновенное обрушение всего покрытия.

Авария стала поворотным моментом для отечественного нормирования большепролётных сооружений. В 2008 г. выпущены МДС 20-2.2008 «Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролётных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения». Впервые предложены: методика выявления «ключевых» элементов, использование нелинейных методов расчёта (статических и динамических), требование экспертизы проектной документации для уникальных объектов [6, 8]. Также ужесточены требования к мониторингу технического состояния и учёту вибрационных нагрузок.

Другой яркий пример ПО в российском опыте – Басманный рынок, который располагался в центре Москвы и представлял собой крытое сооружение с большепролётным вантово-стержневым покрытием: железобетонная оболочка (свод) поддерживалась системой стальных тросов (вант), передававших нагрузку на внешний опорный контур. Здание построено в конце 1970-х годов, на момент аварии эксплуатировалось более 25 лет.

23 февраля 2006 г. произошло внезапное обрушение покрытия. Длительная деградация материалов из-за неудовлетворительной эксплуатации: водонасыщение железобетонной оболочки, коррозионный износ стальных несущих тросов, отсутствие своевременных обследований и ремонта. Кроме того, стальные конструкции каркаса были изготовлены из так называемой «кипящей стали», отличающейся повышенной пластичностью, что могло способствовать более активному развитию усталостных и коррозионных процессов. Разрыв одного из тросов стал начальным локальным разрушением.

Наблюдался смешанный тип ПО, близкий к zipper-type с последующим pancake-tipe. После разрыва одного троса нагрузка перераспределилась на соседние, также ослабленные коррозией; они последовательно разрушились. Потеря несущей способности нескольких тросов привела к обрушению оболочки под собственным весом.

Авария усилила требования к мониторингу технического состояния уникальных и большепролётных объектов, учёту коррозионного износа и водонасыщения при расчёте на ПО. Эти положения вошли в МДС 20-2.2008, СТО 008-02495342-2009 и впоследствии в СП 385.1325800.2018 [6, 8].

Заключение

В исследовании рассмотрены существующие подходы к классификации механизмов прогрессирующего обрушения, проанализированы причины возникновения ПО, а также проведён анализ становления нормативных требований на основе прецедентного опыта – реакции на конкретные аварии. Однако, несмотря на значительный объём накопленных знаний, многие вопросы остаются открытыми: отсутствует единая методика проверки зданий и сооружений на устойчивость к ПО. Существующие расчётные подходы, как правило, сводятся к удалению одного несущего элемента и оценке поведения оставшейся конструкции,

что не в полной мере учитывает реальные аварии. Это подтверждает необходимость дальнейших исследований, направленных на разработку более совершенных методов расчёта.

Список использованных источников

1. Starossek, U. Typology of progressive collapse / U. Starossek // Engineering Structures. – 2007. – Vol. 29. – № 9. – P. 2302-2307. *https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2006.11.025*

2. Fedorova, N. V. Progressive collapse resistance of facilities experienced to localized structural damage – an analytical review / N. V. Fedorova, S. Yu. Savin // Building and Reconstruction. – 2021. – No. 3(95). – P. 76-108. *https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-95-3-76-108*

3. Kiakojouri, F. Progressive collapse of framed building structures: current knowledge and future prospects / F. Kiakojouri, V. De Biagi, B. Chiaia, M. R. Sheidaii // Engineering Structures. – 2020. – Vol. 206. – P. 110202. *https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110202*

4. Москалев, М. Б. Прогрессирующее обрушение: термины, проблематика и факты / М. Б. Москалев, Д. М. Силантьев // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 34. – С. 1214-1218. *https://elibrary.ru/hcuevw*

5. Овчинников, И.Г. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 2 / И. Г. Овчинников, И. И. Овчинников, И. Ю. Майстренко, А. В. Кокодеев // Транспортные сооружения. – 2017. – Т. 4, № 4. – С. 12. *https://doi.org/10.15862/14TS417*

6. Ковалев, В. В. Анализ отечественных и зарубежных норм проектирования по предотвращению прогрессирующего обрушения / В. В. Ковалев // Будущее науки-2017 : Сборник научных статей 5-й Международной молодежной научной конференции: в 4-х томах, Курск, 26–27 апреля 2017 года / Ответственный редактор Горохов А.А.. Том 3. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2017. – С. 228-233. *https://elibrary.ru/yqlgjd*

7. Ройтман, В. М. О механизме прогрессирующего обрушения высотного здания ВТЦ-7 во время событий 11 сентября 2001 года в Нью-Йорке / В. М. Ройтман // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т. 24, № 10. – С. 37-44. *https://doi.org/10.18322/PVB.2015.24.10.37-44*

8. Еремеев, П. Г. Обеспечение безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях / П. Г. Еремеев // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2008. – Т. 4, № 3. – С. 129-134. *https://elibrary.ru/lalbvf*

Технологии, организация и управление проектами в строительстве

УДК 693.98

Инновационные технологии и перспективы переносных домов в устойчивом мобильном жилье.

*Александрова А.А. *, студент*

* Ответственный за переписку: stussy02@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена анализу современных инновационных технологий строительства переносных (мобильных) домов и их вклада в формирование устойчивого городского и мобильного жилищного фонда. Рассматриваются ключевые направления развития: модульное строительство, технологии 3D-печати, контейнерные решения и интеграция «умных» систем управления. Приведены данные о динамике рынка в России и мире за 2024–2025 годы, включая рост спроса на 15–20 % ежегодно и увеличение производства модульных конструкций. Описаны пять основных этапов жизненного цикла таких объектов: от планирования и BIM-моделирования до эксплуатации с мониторингом энергопотребления. Выполнен сравнительный анализ четырех методов строительства по основным технико-экономическим и экологическим показателям. Оценены прогнозные сценарии развития отрасли к 2030 году, в том числе потенциальное снижение энергозатрат на 50 % и рост доли инновационных решений в России до 20–25 %. Сформулированы конкретные рекомендации для органов власти, застройщиков и системы высшего образования. Подчеркнуто, что внедрение данных технологий способствует решению проблемы дефицита жилья (около 29 млн единиц), сокращению углеродного следа и повышению качества жизни населения в условиях ускоренной урбанизации.

Ключевые слова: переносные дома, модульное строительство, 3D-печать в строительстве, устойчивое развитие, мобильное жилье, энергосбережение, смарт-дом, BIM-моделирование, экологичность, дефицит жилья.

Научный руководитель – доцент, к.т.н. Молодцов Максим Вилленинович

Введение

Современные социально-экономические и экологические вызовы – стремительная урбанизация, изменение климата, дефицит квалифицированной рабочей силы в строительной отрасли и острая нехватка доступного жилья – требуют радикального пересмотра традиционных подходов к возведению жилых объектов. В России, по экспертным оценкам, сохраняется дефицит порядка 29 млн единиц жилья, при этом обеспеченность квадратными метрами остается существенно ниже целевых показателей национальных проектов.

Переносные (мобильные, быстровозводимые) дома на основе модульных, сборных и аддитивных технологий представляют собой одно из наиболее перспективных решений указанных проблем. Такие конструкции сочетают высокую скорость возведения, возможность многократного перемещения, минимизацию отходов производства и существенное снижение энергопотребления в процессе эксплуатации [1,2].

Цель настоящей работы – провести комплексный анализ инновационных технологий переносных домов, оценить их текущую роль и среднесрочные перспективы (до 2030 года) в

контексте устойчивого городского и мобильного жилья, а также разработать практические рекомендации по ускоренному внедрению.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: систематизированы данные о реальных проектах и тенденциях рынка 2024–2025 годов; детально описаны этапы организации строительства переносных домов; выполнен сравнительный анализ основных методов возведения; сформированы прогнозные оценки развития отрасли; предложены меры государственной, корпоративной и образовательной поддержки.

Технологии и состояние рынка

В 2025 году рынок переносных домов в России демонстрирует устойчивый рост на уровне 15–20 % в год. По оценкам отраслевых ассоциаций и аналитических агентств, наибольший спрос наблюдается в сегменте загородного туризма, глэмпингов и баз отдыха – здесь прирост составил до 38 % только за 2024 год [3].

Ведущие российские производители активно развивают экологичные и технологичные решения. Компания «MODOM» успешно применяет систему X-build, позволяющую создавать модули из возобновляемых материалов с высокой степенью заводской готовности. Проекты в Ленинградской области, реализованные в августе 2024 года, подтвердили возможность полной сборки и сдачи объекта за несколько недель.

Производитель «Mos.Haus» специализируется на круглогодичных мобильных домах с установкой за 24 часа и обязательной интеграцией интеллектуальных систем вентиляции и отопления «Солано». Компания «SCADTECH» предлагает решения для удаленных территорий со сроком изготовления 3–6 месяцев.

На глобальном уровне лидерами остаются Германия (доля prefab-домов достигла 26 % рынка нового жилья в 2024 году, преимущественно гибридные стально-деревянные модули от «Sekisui House») и США (6,9 млн эксплуатируемых manufactured homes с широким внедрением IoT и 3D-печатных элементов, снижение энергозатрат до 30 %). В развивающихся странах, например в Бангладеш, модульные конструкции решают проблему острого дефицита жилья через вертикальное масштабирование [2,4].

Технология 3D-печати в России пока занимает скромную долю рынка (около 5 %), однако демонстрирует взрывной интерес. В 2025 году реализованы проекты жилых домов площадью 60–100 м² со стоимостью коробки 50–75 тыс. руб./м², что существенно ниже традиционных методов. Примеры включают дома, напечатанные в Ярославской области, Подмосковье и других регионах с использованием портальных и мобильных принтеров.

Этапы организации строительства

Жизненный цикл переносного дома включает пять последовательных этапов, каждый из которых оптимизирован для минимизации времени и экологического воздействия [5]:

Планирование (1–2 месяца). Выполняется анализ участка, оценка логистических ограничений, создание цифровой BIM-модели и расчет жизненного цикла (LCA). На этом этапе закладывается адаптивность объекта к климатическим условиям и требованиям устойчивого развития [5].

Проектирование (1–3 месяца). Разрабатывается детальная информационная модель с интеграцией IoT-датчиков, солнечных панелей, систем рекуперации тепла и элементов пассивного энергосбережения. Широко применяются параметрическое моделирование и генеративный дизайн.

Производство (2–4 месяца для модульных решений, 1–3 месяца при 3D-печати). Заводская сборка модулей или аддитивное изготовление стен и перекрытий. Проводится 100 % контроль качества и испытания на прочность, тепло– и звукоизоляцию.

Транспортировка и монтаж (1 неделя). Доставка на низкорамных платформах или шасси, установка кранами или автоподъемниками. Рекордсмены рынка («Mos.Haus») укладываются в 24 часа от прибытия до ввода в эксплуатацию.

Эксплуатация и мониторинг. Смарт-системы в реальном времени отслеживают энергопотребление, микроклимат, состояние конструкций. Предусмотрена разборка и повторное использование модулей (до 90–95 % материалов).

Методы и сравнительный анализ

Сравнительная характеристика основных методов строительства переносных домов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ методов строительства переносных домов

Метод	Сроки возведения, мес.	Стоимость, руб./м²	Снижение выбросов CO_2, %	Доля на рынке РФ, % (2025)	Основные преимущества	Главные ограничения
Традиционное монолитное/каркасное	12–24	80000–100000	0	~85	Высокая доступность материалов и подрядчиков	Значительные отходы (до 35 %), длительность
Модульное prefab	3–6	50000–70000	40–60	~15	Высокая скорость, мобильность, заводской контроль качества	Зависимость от логистики и габаритов модулей
3D-печать	1–3	40000–60000	70–90	~5	Минимальные отходы, сложная геометрия, низкая трудоемкость	Ограничения по этажности и масштабированию
Контейнерные	2–4	45000–65000	30–50	~10	Максимальная переработка, низкая цена базового модуля	Проблемы шумо– и теплоизоляции, эстетика

Анализ подтверждает, что переход на инновационные методы позволяет сократить сроки в 3–10 раз, уменьшить отходы на 40–90 % и существенно снизить углеродный след [1; 4].

Согласно отраслевым прогнозам, к 2030 году доля модульных и аддитивных технологий в российском жилищном строительстве может вырасти до 20–25 %. Глобальный рынок prefab-конструкций демонстрирует среднегодовой прирост 7–8 %. Ожидается снижение энергопотребления эксплуатируемых объектов на 50 % за счет массового внедрения солнечных панелей, систем рекуперации и «умного» управления [6].

Рекомендации

Органам государственной власти следует разработать программу субсидирования (до 30 % стоимости) для проектов с использованием модульных и 3D-технологий; актуализировать СП и ГОСТы (в т.ч. СП 345.1325800.2023) с учетом аддитивного производства; ввести льготные налоговые режимы для заводов prefab и 3D-печати.

Девелоперам и производителям имеет смысл активно инвестировать в BIM и IoT (экономия 20–30 % на этапе эксплуатации); формировать партнерства государственно-частного типа для комплексного освоения территорий; развивать сеть мобильных производственных баз в удаленных регионах.

Что касается системы образования, в учебные планы СПбГАСУ, МГСУ и других профильных вузов следует включить дисциплины по устойчивому мобильному жилью, сертификации LEED/BREEAM и работе с 3D-принтерами; организовать студенческие проектные мастерские и хакатоны.

Реализация указанных мер позволит достичь объема ввода инновационного жилья порядка 1 млн м² в год к 2030 году, преимущественно в удаленных и туристических зонах.

Заключение

Инновационные технологии переносных домов – модульное prefab-строительство, 3D-печать, интеграция смарт-систем – обеспечивают принципиально новый уровень мобильности, экологичности и экономической эффективности жилищного строительства. В России отрасль находится на стадии ускоренного роста и имеет все предпосылки для достижения 20 %-ной доли рынка к 2030 году. Это позволит существенно смягчить жилищный дефицит, сократить углеродный след отрасли и повысить качество жизни населения. Дальнейшее развитие требует скоординированных усилий государства, бизнеса и науки.

Список использованных источников

1. Бовтеев, С. В. Использование современных строительных материалов и технологий при организации строительства / С. В. Бовтеев, А. П. Барбарян // Сборник научных трудов, посвященный 60-летию кафедры «Технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью» Кубанского государственного технологического университета : Сборник научных статей. – Краснодар : ИП Кабанов В.Б. (издательство «Новация»), 2024. – С. 90-95. – EDN TNJJAL.

2. Аширова, М. В. Классификационные особенности архитектуры мобильного временного жилья / М. В. Аширова, Г. Н. Айдарова // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 3(33). – С. 7-12. – EDN UMIRWF.

3. Забелина, В. С.Портативный дом: симбиоз актуальных трендов и альтернативного образа жизни / В. С. Забелина, М. В. Корелина // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Стерлитамак, 24 ноября 2021 года. – Стерлитамак: Общество с ограниченной ответственностью «Агентство международных исследований», 2021. – С. 270-274. – EDN RPURVM.

4. Нурмырадова, Т. Строительство модульных и контейнерных домов / Т. Нурмырадова, Д. Гарадурдыева, М. Ораздурдыев // Вестник науки. – 2024. – Т. 2, № 10(79). – С. 660-663. – EDN SEIJGJ.

5. Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры : Материалы VII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15–17 мая 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – 381 с. – ISBN 978-5-9227-1367-2. – DOI 10.23968/BIMAC.2024. – EDN EQODYY.

6. Векшина, В. А. Анализ требований, предъявляемых к конструкциям для устройства солнечных панелей / В. А. Векшина // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : Сборник докладов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 20–21 мая 2024 года. Часть 2. Архитектурно-строительное проектирование: проблемы, перспективы, инновации. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 81-84. – EDN SKZNPG.

УДК 698.12

Формирование мероприятий строительного контроля огнезащиты металлоконструкций в приобъектном заготовительном цехе

Дивнова И.А., студент*

* Ответственный за переписку: ira_divnova@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В работе рассматривается проблема организации строительного контроля при выполнении огнезащиты металлических конструкций в условиях приобъектного заготовительного цеха. Предложены схемы операционного контроля, алгоритм выполнения контрольных операций, требования к организации рабочей зоны цеха. Выполнена оценка факторов снижения трудоёмкости при цеховом методе.

Ключевые слова: огнезащита металлических конструкций, строительный контроль, приобъектный заготовительный цех, организационно-технологические мероприятия, операционный контроль качества, трудоёмкость.

Научный руководитель – доцент, канд. техн. наук Мартос Виталий Валерьевич.

Введение

Традиционная технология возведения металлических каркасов зданий предполагает нанесение огнезащитных составов после монтажа конструкций в проектное положение. Такой подход сопряжён с рядом существенных недостатков: зависимостью от погодных условий, необходимостью устройства лесов и подмостей, выполнением высотных работ, а также низкой эффективностью инструментального контроля качества покрытия в стеснённых условиях стройплощадки.

При больших объёмах огнезащитной обработки металлических конструкций экономически обоснованным становится выполнение данных работ на заготовительном этапе – в приобъектном заготовительном цехе. Однако, несмотря на наличие действующих нормативных документов, вопросы организации работ и строительного контроля в таких условиях слабо регламентированы и, как правило, решаются на основе опыта исполнителей.

Цель настоящего исследования – разработать систему организационно-технологических мероприятий по эффективному строительному контролю огнезащитных работ по металлическим конструкциям в условиях приобъектного заготовительного цеха [1-5].

Организация рабочей зоны приобъектного заготовительного цеха

Приобъектный заготовительный цех представляет собой управляемую производственную среду, позволяющую вынести огнезащитные работы из условий строительной площадки. Основная цель зонирования цеха – создание стабильных условий для нанесения, сушки и контроля покрытий, минимизация загрязнения и обеспечение безопасного доступа проверяющих.

Размещение конструкций осуществляется на инвентарных подставках (козлах), обеспечивающих доступ ко всем поверхностям, возможность визуального и инструментального контроля, снижение риска механических повреждений.

Для качественного нанесения огнезащитного покрытия в цехе необходимо выполнять обязательные требования (представлено в табл. 1).

Таблица 1 – Преимущества и условия огнезащиты в приобъектном заготовительном цехе

Преимущества цеха	Требования
Возможность обеспечения нормативных температурно-влажностных условий	Климатический контроль: температура воздуха не ниже +5°С, влажность не более 85%, отсутствие конденсата, вентиляция
Снижение влияния атмосферных факторов	Защита от осадков и ветра, стабильные условия для сушки
Удобство размещения конструкций и обеспечения доступа к обрабатываемым поверхностям	Высота и габариты должны быть достаточными для размещения элементов в рабочем положении; свободный подход и обзор ко всем конструкциям
Повышение эффективности визуального и инструментального контроля	Равномерное освещение; возможность проведения измерений толщины покрытия; свободный обзор
Снижение вероятности механических повреждений покрытия на ранних стадиях эксплуатации	Размещение металлоконструкций на подставках; организация зон

Такая организация позволяет минимизировать влияние внешних факторов и повысить стабильность качества работ.

Схема операционного контроля

Строительный контроль в условиях промежуточного цеха должен быть пооперационным, с фиксацией результатов до перехода к следующему этапу. Разработанная схема (представлено в табл. 2) учитывает специфику цеха: приёмку конструкций после изготовления, их размещение на подставках, возможную кантовку, контроль межслойной сушки и подготовку к отгрузке.

Таблица 2 – Схема операционного контроля качества

Этап	Контролируемые параметры	Метод контроля	Частота
Приёмка конструкций	Проверка геометрии, состояния поверхности	Визуальный осмотр, измерительный	Перед началом работ
Контроль условий в цехе	Температура воздуха (не ниже +5°С), влажность (≤85%), освещённость	Измерительный	Ежедневно перед началом работ, затем каждые 4 часа
Подготовка поверхности	Очистка от ржавчины, жира, старого покрытия; шероховатость	Визуально	После каждой операции
Нанесение грунта	Контроль толщины слоя, адгезия	Толщиномер	После нанесения
Нанесение огнезащиты	Толщина слоя, отсутствие потёков, трещин,	Толщиномер, визуальный контроль	После каждого слоя
Сушка	Температура, влажность	Термогигрометр	Ежечасно в процессе сушки

Окончание таблицы 2

Этап	Контролируемые параметры	Метод контроля	Частота
Контроль после кантовки/перемещения	Повреждения покрытия, сколы, отслоения	Визуальный, толщиномер (выборочно)	Зоны контакта с подставками и стропами
Приёмка	Соответствие проекту, адгезия, толщина, дефекты	Метод отрыва, толщиномер, визуально	Перед отправкой
Подготовка к отгрузке	Маркировка, упаковка	Визуальный	Перед отгрузкой

На основе схемы операционного контроля разработан алгоритм выполнения контрольных операций (представлено на рис. 1), включающий последовательные этапы от входного контроля до подготовки к транспортировке, с возвратными циклами на исправление несоответствий.

Рисунок 1 – Алгоритм выполнения контрольных операций (Источник: Составлено автором)

Сравнение трудозатрат

Трудозатраты приведены для двух случаев: нанесение огнезащиты на стройплощадке (представлено в табл.3) и в условиях приобъектного заготовительного цеха (представлено в табл.4)

Таблица 3 – Трудозатраты в условиях строительной площадки

№	Наименование работ	Ссылка на НТД	ед. изм	Н.вр	Объем работ	Продолжи-тельность
1	Устройство лесов/подмостей	§Е6-1, табл.2, п.1а	1 м²	0,25	892,32	6,97
2	Входной контроль	-	партия	-	6	0,5
3	Перемещение и подача материалов	§Е9-1-41, табл.1., п. 1-2	1т	5,37	0,96	0,21
4	Очистка конструкций	§Е27-61, табл. 1, п. 1б	1 м²	0,46	460	4,41

5	Нанесение огнезащиты	ГЭСН 26-02-001-02	100 м²	127,37	4,6	12,21
6	Контроль толщины грунта	-	100 м²	0,2	4,6	0,12
7	Маскировка неокрашиваемых участков	-	100 м²	0,42	0,06	4,000
8	Межслойная сушка	-	100 м²	0,1	4,6	90 минут
9	Контроль толщины и адгезии	-	100 м²	0,2	4,6	0,12
10	Устранение дефектов	-	100 м²	5	1,15	0,12
11	Демонтаж лесов	§Е6-1, табл.2, п. 2а	1 м²	0,15	892,32	4,18
12	Погодные простои	-	20%	-		6,62
					Итого,дн	39,70

Таблица 4– Трудозатраты в условиях приобъектного заготовительного цеха

№	Наименование работ	Ссылка на НТД	ед. изм	Н.вр	Объем работ	Продолжи-тельность
1	Входной контроль	-	партия	-	6	0,50
2	Перемещение и подача материалов	-	т	-	0,96	0,50
3	Раскладка металлоконструкций	-	т	-	0,96	0,50
4	Очистка поверхности	-	100 м²	-	4,6	10,00
5	Зачистка кромок и дефектов	-	100 м²	-	1,2	12,21
6	Обеспыливание	-	100 м²	-	4,6	0,12
7	Маскировка неокрашиваемых участков	-	100 м²	-	0,06	1,000
8	Нанесение грунта	-	100 м²	-	4,6	3,00
9	Контроль толщины грунта	-	100 м²	-	4,6	0,12
10	Приготовление огнезащитного состава	-	т	-	0,7	0,20
11	Нанесение огнезащиты (2 слоя)	-	100 м²	-	4,6	12
12	Межслойная сушка	-	100 м²	-	4,6	20 минут
15	Контроль толщины и адгезии	-	100 м²	-	4,6	1,00
16	Устранение дефектов	-	100 м²	-	0,23	1,00
18	Транспортировка	-	т	-		0,60
19	Разгрузка	-	т	-		0,50
20	Доводка стыков (зачистка, окраска)	-	100 м²	-		0,40

					Итого, дн	31,20

Трудоёмкость огнезащиты металлических конструкций в условиях промежуточного цеха существенно (на 20%) ниже, чем при выполнении аналогичного объёма работ на строительной площадке после монтажа. Основными факторами экономии являются отсутствие лесов, погодных простоев и возможность организации стационарных рабочих мест с механизированным нанесением.

Заключение

В рамках исследования последовательно решены поставленные задачи. Установлено, что выполнение огнезащитных работ в промежуточном цехе является эффективным решением, позволяющим повысить качество покрытия за счет стабильных условий производства работ. Полученные результаты могут быть использованы при разработке проектов производства работ, регламентов строительного контроля, а также в учебном процессе.

Список использованных источников

1. Голованов, В. И. Оценка качества нанесения средств огнезащиты на стальные конструкции зданий и сооружений различного функционального назначения / В. И. Голованов, В. В. Павлов, А. В. Пехотиков // Пожарная безопасность. – 2015. – № 3. – С. 74-82. – EDN ULHHNV.

2. Трушкевич, А. И. Организация проектирования и строительства : учебник / А. И. Трушкевич. – Минск : Вышэйшая школа, 2011. – 479 с.

3. Ерохов, К. Л. Современная огнезащита для строительных конструкций и текстиля / К. Л. Ерохов // Строительные материалы. – 2002. – № 6. – С. 14-15. – EDN IBEEYD.

4. Горборуков, А. А. Виды огнезащитных материалов в строительстве и повышение огнезащитных свойств строительных конструкций / А. А. Горборуков // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении : Сборник трудов XIII Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи, Юрга, 07–09 апреля 2022 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2022. – С. 76-78. – EDN UYBIBN.

5. Кривцов, Ю. В. Материалы для конструктивной огнезащиты стальных строительных конструкций / Ю. В. Кривцов, И. Р. Ладыгина // Вестник НИЦ Строительство. – 2019. – № 2(21). – С. 74-79. – EDN VBLOJK.

УДК 699.812

Организационно-технологические мероприятия по монтажу огнезащитных сеток на металлические конструкции

*Ельнов П.А. *, студент*

* Ответственный за переписку: elnov.pasha@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Устройство огнезащитного покрытия является одной из наиболее важных технологических операций при возведении металлических конструкций. Стремление людей уменьшать трудозатраты на выполняемые работы, сохраняя при этом качество приводит к появлению всё новых огнезащитных материалов. Огнезащитные сетки являются новым материалом на рынке огнезащитных покрытий, ввиду этого технология их устройства находится на начальном этапе. В статье описана технология устройства огнезащитных сеток на металлические конструкции, проиллюстрированы процессы монтажа со схемами операционного контроля для монтажа на стропильные фермы.

Ключевые слова: огнезащита металлических конструкций, огнезащитные сетки, технология монтажа огнезащитных сеток, контроль качества при монтаже огнезащитных сеток.

Научный руководитель – доцент, канд. техн. наук Мартос Виталий Валерьевич.

Огнезащита металлических конструкций является критически важным направлением в современном строительстве, поскольку металл, несмотря на высокую механическую прочность, быстро теряет несущую способность при воздействии высоких температур.

В современном мире существуют различные средства и способы огнезащиты металлических конструкций, каждый из которых обладает своими индивидуальными организационно-технологическими особенностями, влияющими на качество получаемой продукции. Однако, стремление людей к поиску наиболее легких и практичных решений способов устройства огнезащитных покрытий с целью уменьшения трудоемкости процессов, но при этом сохранения качества, приводит к появлению всё новых огнезащитных материалов.

В сфере огнезащиты и современных путей решений особую роль играют легкие, малогабаритные и готовые к монтажу решений, которые сочетают высокую огнестойкость с организационно-технологической простотой. Огнезащитные сетки Стабитерм-301 отражают современные требования к качеству, трудоемкости, а также простоте устройства огнезащитного покрытия металлоконструкций.

Являясь перспективным огнезащитным материалом, сетки уже на стадии проектирования зданий и сооружений имеют ряд серьезных преимуществ:

– не требуется разработка сложной рабочей документации на монтаж;

– малый вес и объём материала, следовательно меньшая нагрузка на конструкции;

– широкий диапазон погодных условий для монтажа и эксплуатации;.

– отсутствие подготовительных и промежуточных этапов при монтаже.

В связи с новизной материала в настоящее время структурированная технология монтажа с соблюдением требований материала отсутствует. Так, был разработан ряд технологических

операций, а также карты трудовых процессов для монтажа огнезащитных сеток на металлические конструкции.

Огнезащитные сетки сохраняет эксплуатационные свойства в макроклиматических районах У, ХЛ, УХЛ, Т, ТС, категория 1 по ГОСТ 15150 (открытие площадки в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом, сухим и влажным тропическим климатом, внутри неотапливаемых помещений) не менее 30 лет. Предел огнестойкости огнезащитных сеток варьируется от R15 до R45 [1-8].

Перед началом производства работ огнезащитная сетка должна быть выдержана при температуре не ниже +20 в отапливаемом помещении не менее 24 часов.

Процесс монтажа начинается с раскроя огнезащитной сетки на сегменты в зависимости от типа изолируемой поверхности. Раскрой возможно осуществлять при помощи канцелярского ножа или ножниц, специальные инструменты не требуются.

Для крепления, а также соединения полотен огнезащитной сетки используются монтажные клипсы или оцинкованная проволока, выпускаемая по ГОСТ 3282. Соединение огнезащитной сетки монтажными клипсами осуществляется через каждые 200 мм. Обмотка огнезащитной сетки оцинкованной вязальной проволокой осуществляется непрерывными витками с шагом 200 мм. Клипса или вязальная проволока должны надежно фиксировать концы сетки, укладываемые внахлест.

В зависимости от конструктивных особенностей металлической конструкции устройство огнезащитного покрытия осуществляется:

При огнезащите отдельных элементов (основные части колонн, без узлов примыкания других конструкций; участки ферм, связей и т.п.) полотна огнезащитной сетки соединяются внахлест как по долевой, так и по перечной стороне, ширина напуска – 40-100 мм. При монтаже сетки следить за отсутствием складок, морщин, просветов и зазоров. В случае образования зазоров, закрыть их оцинкованной вязальной проволокой. Нахлесты между краями сетки необходимо выполнять как при стыковке отдельного участка, так и при соединении двух смежных раскроенных участков.

В случае расположения изолируемого элемента, примыкающего своей гранью к стене или перекрытию монтаж огнезащитной сетки должен быть выполнен непосредственно к стене или перекрытию при помощи перфорированной ленты. Ширина напуска огнезащитной сетки должна обеспечивать возможность крепления перфорированной лентой или монтажными клипсами.

Далее представлена технология монтажа огнезащитной сетки на стропильную ферму.

Этап 1 – раскрой огнезащитной сетки.

Первый монтажник на основе замеров конструкции и ПД выполняет раскройку сетки на сегменты, удобные для монтажа при помощи ножниц. Раскрой сетки представлен на рис. 1.

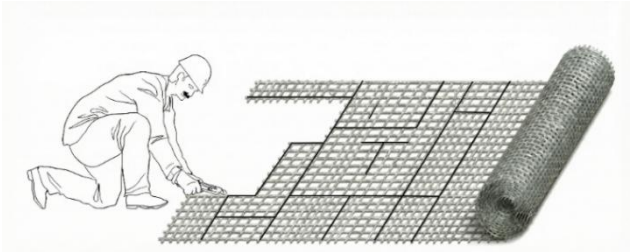


Рисунок 1 – Раскрой огнезащитной сетки (Источник: Составлено автором)

Этап 2 – монтаж огнезащитной сетки на прямолинейных участках конструкции.

Второй и третий монтажники выполняют монтаж раскроенных участков на прямолинейные места конструкции, обходя места примыкания раскосов фермы, а также узлов примыкания других конструкций. Второй монтажник оборачивает сеткой профиль фермы,

контролируя отсутствие провисаний и необходимый нахлест, фиксирует концы сетки клипсами. Третий монтажник подготавливает следующее полотно сетки к монтажу и следит за корректностью монтажа. Монтаж огнезащитной сетки на прямолинейный участок представлен на рис. 2.

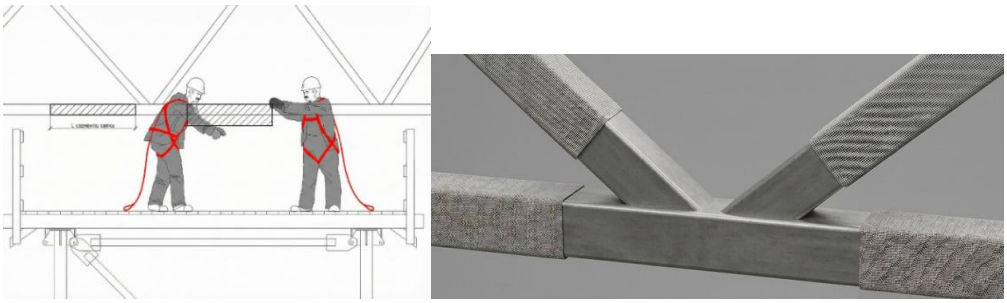


Рисунок 2 – Монтаж огнезащитной сетки на прямолинейных участках конструкции (Источник: Составлено автором)

Этап 3 – Монтаж огнезащитной сетки в местах примыкания раскосов.

После завершения монтажа прямолинейных участков, второй и третий монтажники приступают к монтажу сетки в узлах ферм. Второй монтажник оборачивает сеткой профиль и выполняет надрез ножницами для устройства примыкания соседней конструкции. Второй и третий монтажники контролируют нахлест монтируемых сеток в узле на смонтированную ранее сетку на прямолинейный участок. Монтаж огнезащитной сетки в местах примыкания раскосов представлен на рис. 3.

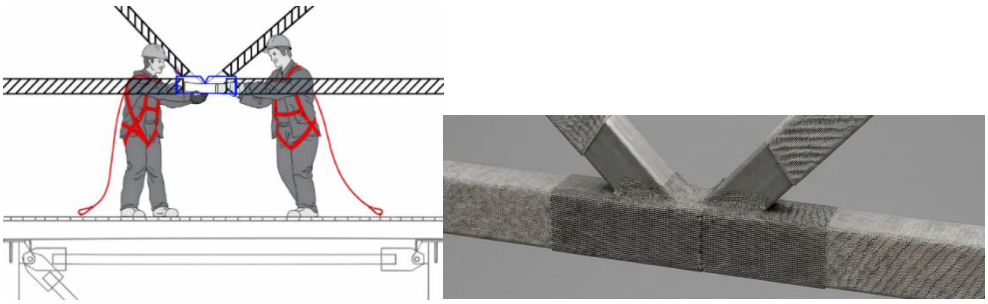


Рисунок 3 – Монтаж огнезащитной сетки в местах примыкания раскосов (Источник: Составлено автором)

Этап 4 – Монтаж огнезащитной сетки на раскосах в местах примыкания к поясам.

Монтаж огнезащитной сетки выполняется в соответствии с этапом 2, монтаж представлен на рис. 4.

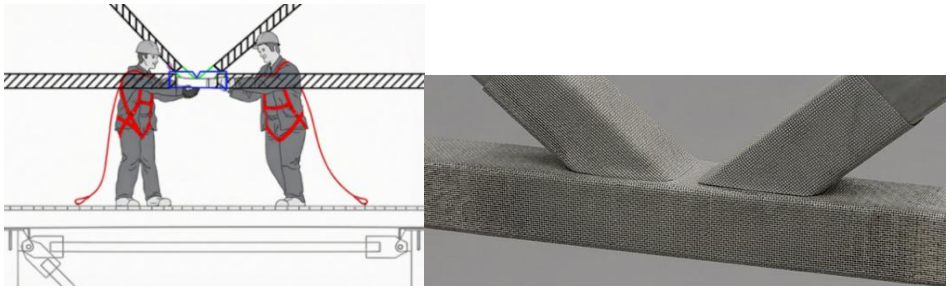
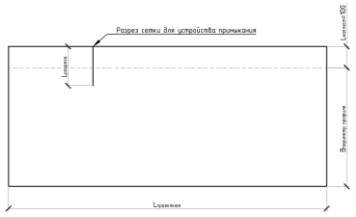
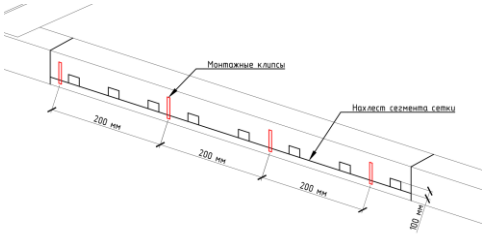
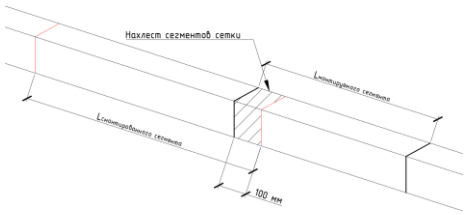
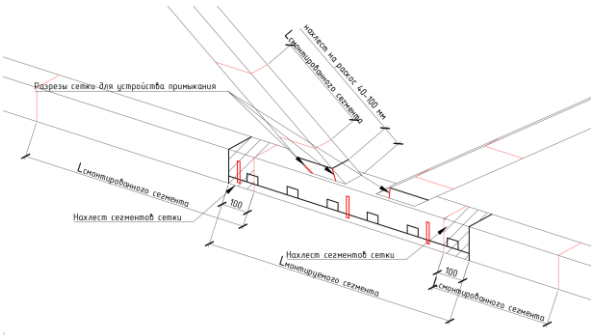
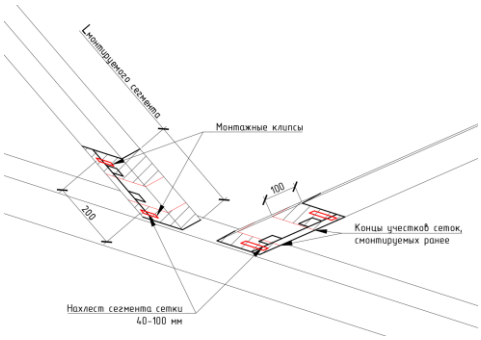


Рисунок 6 – Монтаж огнезащитной сетки на раскосах в местах примыкания к поясам (Источник: Составлено автором)

Схема операционного контроля качества монтажа представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Схема операционного контроля качества монтажа огнезащитной сетки на стропильную ферму

Наименование	Схема операционного контроля качества
1. Раскрой огнезащитной сетки на сегменты для монтажа	
Сегменты монтируемых сеток должны иметь размеры, соответствующие полному закрытию профиля металлоконструкции. Длина сегмента определяется по проекту. Ширина сегмента должна быть больше периметра сечения защищаемого профиля плюс 40-100 мм для устройства нахлеста.	
2. Монтаж огнезащитной сетки на прямолинейных участках конструкции	
При монтаже сегмента сетки выполнять нахлест концов сетки друг на друга 40-100 мм. Монтажные клипсы, устанавливаемые для крепления полотен огнезащитной сетки устанавливать с шагом 200 мм.	
При монтаже огнезащитной сетки по длине устраивать нахлест 40-100 мм двух концов разных сегментов.	
3. Монтаж огнезащитной сетки на поясах в местах примыкания раскосов	
При выполнении монтажа сегмента огнезащитной сетки в месте примыкания раскосов устраивать нахлесты 40-100 мм на ранее смонтированные прямолинейные участки сетки, а также нахлест концов монтируемого сегмента. При монтаже сегмента сетки выполнять локальные надрезы для устройства примыкания к раскосам, величина нахлеста на раскосы 40-100 мм.	
4. Монтаж огнезащитной сетки на раскосах в местах примыкания к поясам	

При монтаже огнезащитной стеки на концах раскосов, сетку монтировать вплотную к нижнему поясу фермы (к смонтированной сетке). Выполнять нахлест 40-100 мм на смонтированную огнезащитную сетку раскосов. Концы сетки крепить монтажными клипсами с нахлестом друг на друга.	

Подводя заключение по исследуемой теме, необходимо отметить, что современные требования к огнезащите металлоконструкций ориентированы на комплексный подход, сочетающий нормативную базу, технологичность и инновационные материалы, а главное возможность устройства огнезащитного покрытия с минимальными трудозатратами.

Разработанные организационно-технологические мероприятия по устройству монтажа огнезащитных сеток являются необходимыми, а также наглядными на каждом из этапов производства работ по устройству огнезащитного покрытия .

Список использованных источников

1. Конструктивная огнезащита стальных каркасов зданий : технические рекомендации для проектирования / Л. Н. Вахитова, К. В. Калафат. – [Б. м.] : Украинский Центр Стального Строительства (УЦСС), 2016. – 67 с.

2. Горборуков, А. А. Виды огнезащитных материалов в строительстве и повышение огнезащитных свойств строительных конструкций / А. А. Горборуков // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении : Сборник трудов XIII Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи, Юрга, 07–09 апреля 2022 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2022. – С. 76-78. – EDN UYBIBN.

3. Голованов В. И., Ружинский А.В. Методы огнезащиты несущих металлических конструкций. М.: Материалы Всероссийской XIII научно-практической конференции, ВНИИПО. – 1995.– С.366-367.

4. Кривцов, Ю. В. Материалы для конструктивной огнезащиты стальных строительных конструкций / Ю. В. Кривцов, И. Р. Ладыгина // Вестник НИЦ Строительство. – 2019. – № 2(21). – С. 74-79. – EDN VBLOJK.

5. Проектирование огнезащиты стальных конструкций: учебное пособие / сост.: Пронин Д.Г., В.Н. Иванов, М.В. Гравит – М: Академия ГПС МЧС России, 2024. – 142 с.

6. Хасанов И. Р., Голованов В. И. Развитие методов исследования огнестойкости и пожарной опасности строительных конструкций и инженерного оборудования //Юбилейный сборник трудов ФГУ ВНИИПО МЧС России. – 2007. – С. 121-158.

7. Корольченко, А. Я. Противопожарные шторы (обзор) / А. Я. Корольченко, Д. П. Гетало // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т. 24, № 4. – С. 56-65. – EDN TVFFSL..

8. Голованов В. И., Пехотиков А. В., Павлов В. В. Новые огнезащитные облицовки для несущих стальных конструкций //Исторические и современные аспекты решения проблем горения, тушения и обеспечения безопасности людей при пожарах: материалы XX науч.-практ. конф. М.: ВНИИПО. – 2007. – С. 227-229.

УДК 69.057.528

Сравнение опалубочных систем при возведении вертикальных несущих конструкции высотных зданий

*Еремина М.А. *, студент; Хряпченкова И.Н, профессор, доктор философских наук, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительства*

* Ответственный за переписку: ereminam-02@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород

Аннотация. Актуальность темы данной работы обусловлена растущей популярностью строительства высотных зданий и необходимостью поиска путей повышения его эффективности и качества. В условиях современного рынка строительных услуг, характеризующегося высокой конкуренцией и постоянно растущими требованиями заказчиков, строительные компании вынуждены искать новые подходы к организации и технологии монолитного строительства, позволяющие минимизировать сроки и стоимость работ при одновременном обеспечении высокого качества возводимых объектов. В представленной статье проведено сравнение основных характеристик и критериев современных опалубочных систем – щитовой и самоподъемной, применяемых при возведении вертикальных несущих конструкций зданий повышенной этажности.

Ключевые слова: современные опалубочные системы, самоподъемная опалубка, щитовая опалубка, возведение вертикальных несущих конструкций, сравнение опалубочных систем.

Научный руководитель – доктор философских наук, профессор кафедры технологии строительного производства Нижегородского архитектурно-строительного университета – Хряпченкова Ирина Николаевна.

Введение

В условиях современного монолитного строительства появляется достаточно большое разнообразие опалубочных конструкций, которые предназначены для различных типов элементов, для строительства сооружений разной сложности и назначения.

Для обеспечения эффективности монолитного строительства важно совершенствование опалубочных систем, которые представляют собой сложные конструкции, включающие формообразующие, поддерживающие, соединительные и технологические элементы [1].

Основной идеей данной работы является сравнение опалубок по главным критериям с целью получения рационального результата по выбору той или иной опалубочной системы со снижением трудозатрат и общей продолжительности строительства объекта.

Выбор опалубочной системы для каждого конкретного объекта должен быть согласован проектной и подрядной организациями на начальном этапе проектирования. В рамках данной работы рассматриваются некоторые из факторов, влияющие на выбор опалубочных систем.

Факторы, влияющие на выбор опалубочной системы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Факторы, влияющие на выбор опалубочной системы

Факторы сравнения	Щитовая опалубка	Самоподъемная опалубка
Высота возводимого объекта	Зависит от вида опалубки и ее характеристик	Применяется для зданий высотой более 80 метров
Качество бетонной поверхности	Чистовая отделка	Чистовая отделка
Время цикла	8-14 дней/этаж	5-7 дней/ этаж
Снятие опалубки	Требуется снятие на каждом этаже	Снятие опалубки на каждом этаже не требуется, вертикальное перемещение происходит с помощью специальных механизмов.
Необходимость наличия свободного пространства для подъёмного оборудования	Для работы крана должно быть обеспечено свободное пространство	Система может использоваться в ограниченном пространстве ядра жесткости
Использование крана	Кран используется при монтаже и демонтаже щитовой опалубки для перемещения её элементов к месту установки.	Время крана сводится к минимуму. Подъем осуществляется гидравлическими домкратами.
Простота монтажа	Одно из ключевых преимуществ щитовой опалубки	Сложная система требует высокой квалификации рабочих

Для того чтобы оценить эффективность представленных видов опалубочных систем, проведем сравнение преимуществ и недостатков.

Монтаж опалубочной системы.

Конструктивно крупнощитовая опалубка состоит из щитов, которые связаны с поддерживающими элементами и имеют общую массу свыше 50 кг. Крупнощитовые опалубки могут быть модульными и разборными [2].

Сборка щитов занимает меньше времени, чем мелкощитовая опалубка, и типовые соединительные устройства упрощают процесс монтажа.

Конструкция крупнощитовой опалубки представлено на рисунке 1.

Рисунок 1 – Конструкция крупнощитовой опалубки [3]

Самоподъемная опалубка состоит из щитов, рабочего настила и механизмов для перемещения.

Для монтажа самоподъемной опалубки необходимо возвести первую захватку в щитовой опалубке, что приводит к дополнительным трудозатратам и увеличивает продолжительность выполнения работ. [4]

Конструкция самоподъемной опалубки представлена на рисунке 2.

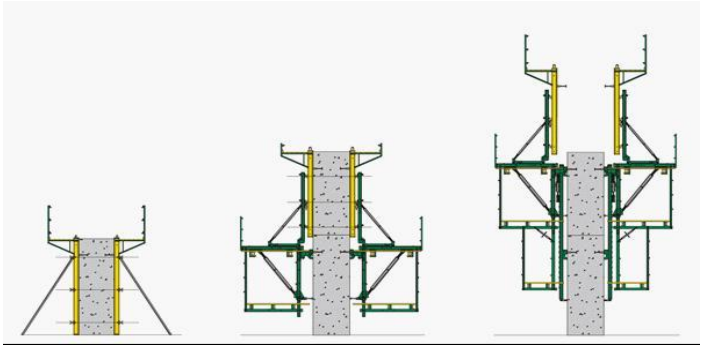


Рисунок 2 – Конструкция самоподъемной опалубки [5]

Возведение наклонных конструкций.

Применение самоподъемной опалубки позволяет возводить конструкции с углом наклона до 25°, в то время как для щитовой опалубки угол наклона возводимой конструкции может достигать 22°.

Качество поверхности.

При использовании крупнощитовой жёсткие щиты с гладкой поверхностью обеспечивают высокое качество поверхности железобетонных конструкций, минимизируя необходимость дополнительной обработки.

При использовании самоподъемной опалубки обеспечивается высокое качество поверхности.

Армирование.

При использовании самоподъемной опалубки отсутствуют сложности при укладке арматуры благодаря внешнему расположению домкратных механизмов.

Армирование при использовании крупнощитовой опалубки может быть сложным и в силу этого трудоемким процессом.

Для наиболее наглядной оценки факторов сравнения, полученные результаты проведенного анализа сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Сравнение общих критериев опалубочных систем

Фактор сравнения	Крупнощитовая опалубка	Самоподъемная опалубка
Монтаж опалубочной системы	+	-
Возведение наклонных конструкций	+ (но меньший угол наклона)	+
Качество поверхности	+	+
Армирование	-	+

На основании рассмотренных факторов можно сделать вывод, что самоподъемная опалубка является более эффективной для применения в высотном строительстве, чем крупнощитовая опалубка. Однако, решение о выборе применения той или иной опалубочной системы должно применяться на основе комплексного технико-экономического сравнения для каждого конкретного объекта строительства.

В рамках данной работы особое внимание уделим сравнению скорости возведения типового этажа рассматриваемыми опалубочными системами.

Технико-экономические показатели монтажа крупнощитовой и самоподъемной опалубочной системы

Для того чтобы проанализировать технико-экономические показатели монтажа крупнощитовой опалубки были произведены расчеты объемов работ некоего высотного комплекса на основании ТТК 66 27 33-80.

Объем бетонирования для крупнощитовой и самоподъемной опалубочной системы, взяты одинаковыми. Объем бетонирования одного этажа принят $V_{\text{бет.эт.}} = 200{,}6\ \text{м}^3$.

Результаты расчетов сведены в таблице 3.

Таблица 3 – Возведение типового этажа с помощью крупнощитовой опалубки

Наименование технологического процесса	Затраты труда, чел-дни	Среднее количество рабочих в сутки	Продолжительность выполнения бетонных работ, сут
Возведение типового этажа	3326	56	6

Технико-экономические показатели монтажа самоподъемной опалубочной системы.

Ввиду отсутствия в свободном доступе информации по последовательности монтажа самоподъемной опалубочной системы, в рамках данной работы был произведен хронометраж видеоматериала по сборке системы известными мировыми производителями, выделены отдельные технологические процессы и ряд норм времени приняты по ЕНиР. Объемы работ также посчитаны по эскизным проектам некоего высотного комплекса и сведены в таблице 4.

Таблица 4 – Возведение типового этажа самоподъемной опалубки

Наименование технологического процесса	Затраты труда, чел-дни	Среднее количество рабочих в сутки	Продолжительность выполнения монолитных работ
Возведение типового этажа	1612	48	3

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что предлагаемая модель скоростного строительства зданий из монолитного железобетона (вариант 2) имеет преимущества по сравнению с традиционным методов (вариант 1).

Заключение

Анализ современного состояния технологии и организации монолитного строительства позволяет сделать следующие выводы, что монолитный железобетон является одним из наиболее перспективных и востребованных материалов в современном строительстве. Благодаря своим уникальным свойствам и возможностям, он находит широкое применение при возведении зданий и сооружений различного назначения. Дальнейшее развитие монолитного строительства связано с внедрением новых высокопрочных и долговечных бетонов, совершенствованием методов расчета и конструирования, оптимизацией технологических процессов.

В результате технико-экономического расчета на основе сравнения моделей возведения зданий из монолитного железобетона выявлено, что при строительстве зданий по варианту 2 (предлагаемый вариант самоподъемной опалубки), по сравнению с традиционной моделью, сокращается продолжительность в строительства в два раза, снижаются затраты труда, затраты на аренду оборудования и техники. При сокращении строительства ввод здания в эксплуатацию осуществляется раньше, тем самым принося прибыль.

Список использованных источников

1. Афанасьев А. А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона – Москва : Стройиздат, 1990. – 380 с.

2. Современные опалубочные системы: учебное пособие / А.В. Киянец. – Челябинск: издательство центр ЮУрГУ, 2015. – 17с.

3. Патент № 2211901 C2 Российская Федерация, МПК E04G 11/20. универсальный комплект опалубки : № 2001121176/03 : заявл. 30.07.2001 : опубл. 10.09.2003 / Д. О. Луцкий. – EDN PAJORR.

4. Яшина, Т. В. Опалубочные работы при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций : Учебно-методическое пособие / Т. В. Яшина, А. А. Алексеева ; Белорусский государственный университет транспорта, Кафедра строительных технологий и конструкций. – Гомель : Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», 2019. – 87 с. – ISBN 978-985-554-816-5. – EDN FWOOPD.

5. Крупенин, Ф. Р. Анализ конструкций и параметров самоподъемных платформ и перспективы развития / Ф. Р. Крупенин, Е. В. Куракина // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2024. – Т. 21, № 3(97). – С. 376-387. – DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-3-376-387. – EDN PGRDGO.

УДК 69.003

Сравнение экономической эффективности нового строительства и реконструкции

*Иванова К.А. * , студент*

* Ответственный за переписку: ivanovaaaaa2004@xmail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрены понятия нового строительства и реконструкции, определены виды работ, которые входят в стоимость затрат, факторы, влияющие на стоимость затрат, произведен анализ экономической целесообразности и показано сравнение показателей экономической эффективности

Ключевые слова: новое строительство, реконструкция, экономическая эффективность, стоимость.

В современных городах очень важно эффективно использовать территории и соблюдать экологические требования. Помимо этого, для застройщиков важно получить максимально возможную прибыль, а заказчикам качественную строительную продукцию.

Целью работы является анализ экономической целесообразности в условиях городской застройки нового строительства и реконструкции существующих зданий.

Выдвинем предположение, что новое строительство дешевле реконструкции здания.

Под новым строительством понимается создание зданий, строений, сооружений на новых площадях [1].

В стоимость нового строительства входит затраты на следующие виды работ: Геодезические и подготовительные работы; Земляные работы; Устройство фундамента; Устройство конструктива здания (устройство вертикальных и горизонтальных несущих конструкций); Закрытие контура (возведение стен, перегородок, установка окон и дверей, монтаж кровли, фасадные работы); Черновая и чистовая отделка; Монтаж внутренних инженерных систем и наружных сетей; Прочие работы [2].

На стоимость строительства здания влияет: Тип здания, количество этажей, технология строительства, площадь здания, условия застройки и регион.

Для предварительной оценки строительства объекта используются показатели НЦС (укрупненные нормативы цены строительства). С помощью НЦС можно оценить эффективность капитальных вложений без проработки проектной документации.

Под реконструкцией здания понимается комплекс строительных работ, связанных с изменением параметров (площади или высоты, конструктивных элементов, функционального назначения здания и т.п.) объекта капитального строительства.

В стоимость реконструкции входят затраты по следующим видам работ:

– Демонтаж, усиление или замена несущих конструкций;
– Возведение надстройки или пристройка новых элементов;
– Перепланировка внутренних помещений с переносом инженерных сетей;
– Изменение архитектурного облика;
– Перепрофилирование объекта;
– Прочие работы. [3]

При реконструкции работы могут варьироваться в зависимости от цели и текущего состояния объекта.

Расчет стоимости нового строительства. Необходимо рассчитать стоимость строительства 9-ти этажного жилого дома со сборным железобетонным каркасом и заполнением легкобетонными блоками с облицовкой лицевым силикатным кирпичом, общей площадью квартир 9 850,16 кв.м. в стесненных условиях застроенной части города Нижнего Новгорода Нижегородской области. При строительстве учтен увеличенный размер площади остекления, обусловленный требованиями действующих норм, с применением двухкамерных стеклопакетов.

Выбираем показатель НЦС (01–01–012–01) 44,25 тыс. руб. на 1 кв.м. общей площади квартир. Расчет стоимости объекта:

44,25 х 9 850,16 х 1,06 х 1,06 = 489 743,06 тыс. руб.,

где: 1,06 – общий ценообразующий коэффициент (пункт 36 [4]).

Приведем к условиям субъекта Российской Федерации (Нижегород. обл.):

С = 489 743,06 х 0,83 х 1,01 х 1,0 = 410 551,61 тыс. руб. (без НДС),

где: 0,81 – коэффициент перехода от показателей базового района к уровню цен Нижегородской обл. (пункт 31 [4] таблица 1); 1,01 – коэффициент, учитывающий регионально-климатические условия (пункт 32 [4] пункт 52 таблицы 2); 1,0 – коэффициент, учитывающий расчетную сейсмичность региона (пункт 34 [4]).

Таким образом, стоимость строительства 9-ти этажного жилого дома в Нижнем Новгороде площадью 9 850,16 кв.м. составляет 410 551 610 рублей (без НДС).

Стоимость реконструкции объектов, напрямую зависит от степени физического износа. При преодолении порога совокупного износа здания в 50% его реконструкция становится нерентабельной по отношению к цене нового строительства, что представлено в таблице 1. Например, при износе здания 33 % стоимость реконструкции оценивается в 135 482 тыс. руб., тогда как затраты на строительство нового здания составят 410 551,61 тыс. руб.. В этом случае экономически целесообразнее провести реконструкцию. При износе более 50% выгоднее построить здание с нуля.

Таблица 1 – Зависимость стоимость реконструкции здания от величины физического износа [5]

Показатель физического износа	Стоимость элементов с таким износом, l/100%
0-10	0,04
11-20	0,11
21-30	0,3
31-40	0,36
41-50	0,57
51-60	0,9
60 и более	1,2 (превышает стоимость нового строительства на 20%)

Экономическая эффективность – это результат, получаемый путем соизмерения показателей доходности и общих затрат. К показателям экономической эффективности относятся:

1) Чистый дисконтированный доход проекта (ЧДД). Это показатель, который оценивает прибыльность инвестиций, показывая разницу между дисконтированными денежными поступлениями и первоначальными затратами, должен быть > 0. Формула расчета:

$$ЧДД = \sum_{t=1}^{Т} \frac{Д_t}{(1+E)^t} - \sum_{t=1}^{Т} \frac{К_t}{(1+E)^t}, \quad (1)$$

где: $Д_t$ – чистый доход, $К_t$ – капитальные вложения, Е – ставка дисконтирования.

2) Индекс доходности (ИД). Это показатель отношения дисконтированных денежных потоков от инвестиций к сумме инвестиций. Индекс доходности должен быть > 1.

$$ИД = \sum_{t=1}^{Т} \frac{\frac{CF_t}{(1+Е)^t}}{I}, \quad (2)$$

Где: CF_t – денежные потоки за период t, I – начальные инвестиции.

3) Внутренняя норма доходности (ВНД). Это показатель, который оценивает годовую доходность проекта при условии, что все полученные доходы будут реинвестированы в него по той же ставке.

$$\sum_{t=1}^{Т} \frac{CF_t}{(1+E_{вн})^t} - I_o = 0 \quad (3)$$

4) Дисконтированный период окупаемости. Это показатель, который определяет временной интервал, за который произойдет возврат вложенных средств. Окупаемость наступает, когда сумма дисконтированных доходов покрывает начальные инвестиции.

$$\sum_{t=1}^{Т} \frac{Д_t}{(1+E)^t} = \sum_{t=1}^{Т} \frac{К_t}{(1+E)^t} \quad (4)$$

Для расчета показателей экономической эффективности понадобятся средневзвешенная цена предложения на рынке готового жилья (представлено на рис. 1) и площадь квартир.

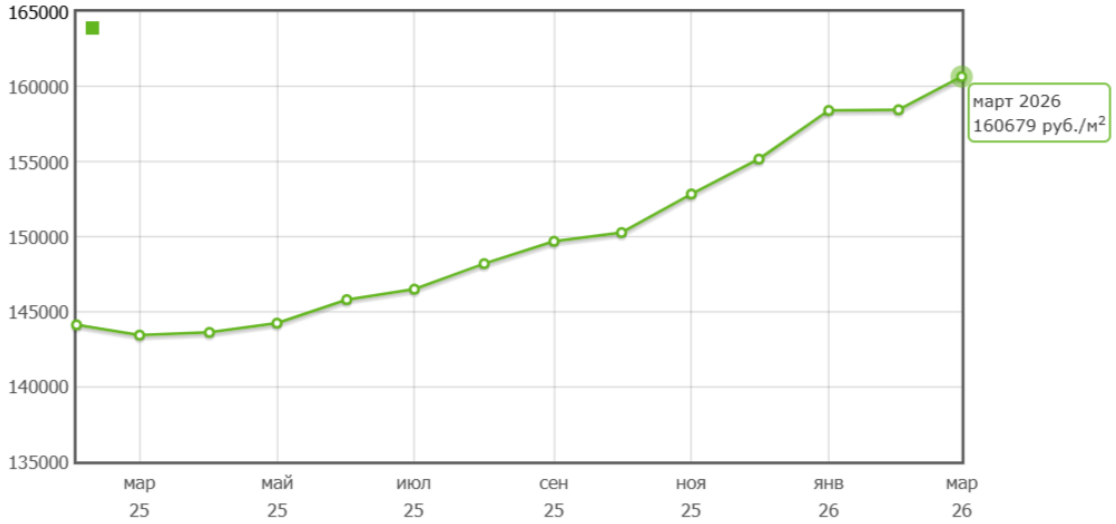


Рисунок 1 – Динамика средневзвешенной цены предложения по Нижнему Новгороду на рынке готового жилья (руб./кв.м.) (Источник: [6])

По рисунку определяем стоимость за 1 квадратный метр на март 2026 – 160 679 руб., площадь квартир выбираем 9 850,16 кв.м.. Выручка (Д) составит 1 821 599 939 рублей.

Полная стоимость строительства многоквартирных жилых домов на 1 кв.м. общей площади квартир в Нижегородской обл. на октябрь 2025 года [7] составляет 110 358 рублей. Стоимость реконструкции составляет 45 тыс. руб.

Объём капиталообразующих инвестиций (К) по сводному сметному расчету в текущих ценах с НДС для нового строительства: К = 9 850,16 х 110 358 = 1 087 043 957 руб.

Объем инвестиций (К) для реконструкции: К = 9 850,16 х 45 000 = 443 257 200 руб.

Горизонт расчёта проекта (Т) – 2 года. На рисунке 2 представлено распределение денежных потоков по кварталам. Ставка (норма) дисконтирования (Е) – 24% годовых.

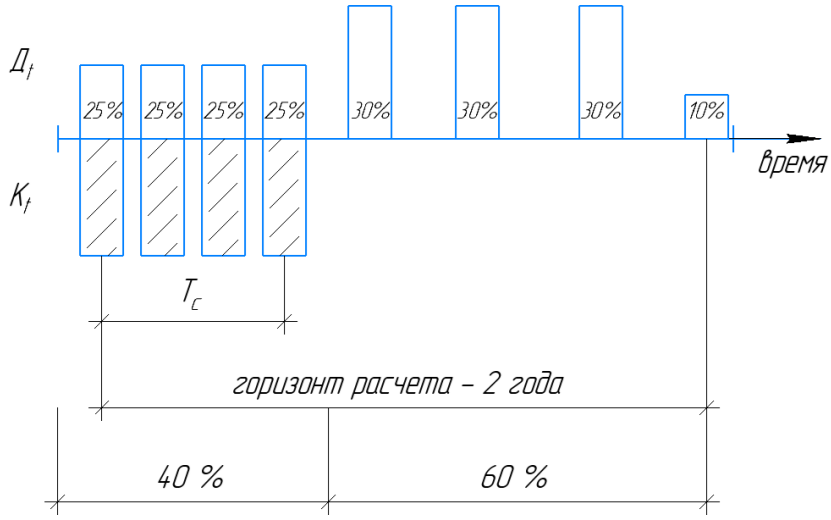


Рисунок 2 – Распределение потоков по шагам расчета (Источник: Составлено автором)

В таблице 2 представлены результаты расчетов ключевых показателей.

Таблица 1 – Результаты показателей экономической эффективности при новом строительстве и реконструкции

	Новое строительство	Реконструкция
Чистый дисконтированный доход проекта	104 143, 687 тыс.руб..	– 248 972 тыс. руб.
Индекс доходности	1,22	0,4
Внутренняя норма доходности (годовая)	47,7%	-
Дисконтированный период окупаемости	1,9 года	3 года

При данной схеме распределения потоков проект реконструкции нецелесообразен на двухлетнем отрезке. Он начнет приносить прибыль только при продлении горизонта расчета.

Таким образом, анализ экономики проектов показал, что новое строительство выгоднее реконструкции, но не во всех случаях. В определенных условиях проекты реконструкции будут целесообразнее.

Список использованных источников

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации : Федеральный закон № 190-ФЗ : [принят Государственной Думой 22 декабря 2004 года : одобрен Советом Федерации 24 декабря 2004 года]. – Москва, [2026]. – URL: *https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/* (дата обращения: 20.03.2026). – Режим доступа: КонсультантПлюс – Текст : электронный.

2. Об утверждении Перечня видов работ объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства : Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 30.12. 2009 года № 624 : [ред. от 14.11.2011]. – URL: *https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_97156/* (дата обращения: 21.03.2026). – Текст : электронный.

3. Реконструкция здания // ДВИЖ : словарь девелопера : [сайт]. – 2018–2026. – URL: *https://www.dvizh.io/slovar-developera/chto-takoe-rekonstrukciya-zdaniya* (дата обращения: 21.03.2026). – Режим доступа: КонсультантПлюс – Текст : электронный.

4. НЦС 81-02-01-2020. Сборник 01. Жилые здания : государственные сметные нормативы : укрупненные нормативы цены строительства : утверждены приказом Минстроя России от 30.12.2019 № 909/пр : дата введения 01.01.2020. – URL: *https://meganorm.ru/Index2/1/4293724/4293724314.htm* (дата обращения: 23.03.2026). – Текст : электронный.

5. Аридова, С. В. Технико-экономическое обоснование реконструкции промышленных объектов на основании расчёта показателей физического износа / С. В. Аридова, Т. В. Белых, Е. В. Кобзев.// Журнал – Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования/Белгородский государственный технологический университет им.В.Г.Шухова. – Белгород, 2016. –№8. –С.37-43. URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/tehniko-ekonomicheskoe-obosnovanie-rekonstruktsii-promyshlennyh-obektov-na-osnovanii-rascheta-pokazateley-fizicheskogo-iznosa*

6. Аналитика рынка готового жилья Нижнего Новгорода // GIPERNN.RU : гипермаркет недвижимости : [сайт]. – Нижний Новгород, 2008–2026. – URL: *https://www.gipernn.ru/analitika-gotovogo-zhilya* (дата обращения: 01.04.2026). – Текст : электронный.

7. Средняя стоимость строительства многоквартирных жилых домов массового спроса и цены на рынке недвижимости по регионам России на октябрь 2025 года» // ЕРЗ.РФ : единый ресурс застройщиков : [сайт]. – 2025. – 16 окт. – URL: *https://erzrf.ru/publikacii/srednyaya-stoimost-stroitelstva-mnogokvartirnykh-zhilykh-domov-massovogo-sprosa-i-tseny-na-rynke-nedvizhimosti-po-regionam-rossii-na-oktyabr-2025-goda* (дата обращения: 02.04.2026). – Текст : электронный.

УДК 69.057

Конструктивно-технологические преимущества сборно-монолитного каркаса «Сарет»

*Игошева А.А. *, студент; Хряпченкова И.Н., канд. техн. наук, профессор; Помазов А.П., ассистент*

* Ответственный за переписку: anastasiyaigosheva@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Статья посвящена анализу сборно-монолитной системы «Сарет» для многоэтажного строительства. Актуальность обусловлена необходимостью сравнения технико-экономических показателей различных каркасных систем («Сарет», «Казань XXI», «АРКОС»). Охарактеризована технология «Сарет», сочетающая заводские колонны, ригели и плиты несъёмной опалубки с монолитными узлами. Ключевое решение – узел сопряжения со сквозным проёмом в колонне для пропуска арматуры ригеля и последующего омоноличивания, что обеспечивает жёсткость каркаса. Выделены преимущества: снижение стоимости до 39 %, сокращение сроков строительства, уменьшение веса конструкций, высокое заводское качество (срок службы до 200 лет), сейсмостойкость до 9 баллов, пролёты до 9 м, отсутствие электросварки при монтаже. Сделан вывод, что система «Сарет» является экономически целесообразной и технически перспективной для современного строительства, особенно на слабых грунтах и в условиях плотной застройки. Экспериментально подтверждены надёжность и несущая способность узлов сопряжения.

Ключевые слова: сборно-монолитный каркас, система «Сарет», узлы сопряжения, многоэтажное строительство, сейсмостойкость.

Научный руководитель – профессор кафедры технологии строительства ННГАСУ, д-р филос. наук, канд. техн. наук, доцент Хряпченкова Ирина Николаевна

Сборно-монолитные конструктивные системы получили широкое распространение в современном строительном производстве благодаря оптимальному сочетанию заводской готовности элементов и монолитной целостности узловых соединений. К настоящему времени разработано значительное число вариантов таких систем, совершенствуются как сами конструкции, так и технологии их возведения. Наибольшее распространение на рынке получили системы «Сарет», «Казань XXI», «АРКОС».

Анализ технологии сборно-монолитного каркаса «Сарет», позволяет продемонстрировать его конструктивных преимуществ и провести сравнительный анализ с вышеупомянутыми технологическими решениями. Актуальность исследования обусловлена необходимостью объективной оценки технико-экономических показателей различных каркасных систем при выборе оптимального решения для многоэтажного строительства.

Общая характеристика Сарет

Технология Сарет представляет собой адаптированную к российским условиям французскую систему сборно-монолитного каркаса, разработанную для многоэтажного строительства. Отличительной особенностью является сочетание заводских железобетонных

заготовок с последующим устройством монолитных узлов сопряжения, что обеспечивает пространственную жесткость здания [1, 2].

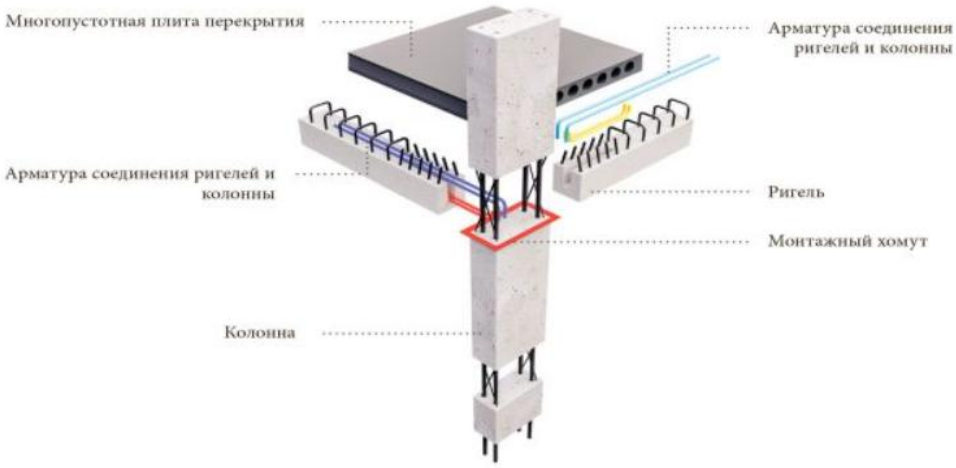


Рисунок 1 – Каркас Сарет

Система относится к каркасам со смешанной конструктивной схемой, включающей продольные и поперечные ригели. Область применения ограничена строительством многоэтажных жилых, общественных и вспомогательных зданий промышленных предприятий. Параметры применения: высота этажа от 2,8 до 4,5 м, эксплуатация в среде с неагрессивным характером воздействия.

Конструктивная схема каркаса Сарет базируется на трех основных типах сборных железобетонных элементов: колоннах, ригелях и плитах несъемной опалубки. При необходимости, по результатам статического расчета, в состав каркаса могут включаться диафрагмы и связи жесткости, обеспечивающие пространственную неизменяемость здания при ветровых и сейсмических нагрузках [3].

Все элементы изготавливаются из тяжелого бетона классов В15...В30. Колонны имеют размеры от 250 мм до 400мм и выполняются секционными. Тип секции дифференцируется в зависимости от этажа установки. Продольное армирование выполняется стержнями диаметром 16–25 мм класса А-III (ГОСТ 5781-82). Предельная длина секции лимитируется технологическими возможностями транспортировки и монтажа и не превышает 17 м. Характерной особенностью системы является стыковка секций колонн между собой посредством разъема «штепсельного типа», исключающего необходимость сварочных работ при монтаже.

Ригели изготавливаются из предварительно напряженного железобетона. Высота сечения варьируется в диапазоне от 200 до 600 мм, а ширина принимается равной ширине колонны, к которой он примыкает. Продольное армирование осуществляется предварительно напрягаемыми канатами класса К7 диаметром 12 мм.

Принципиальным отличием системы Сарет является конструкция узла сопряжения колонн с ригелями и плитами перекрытия. В зоне примыкания ригеля тело колонны не заполнено бетоном, что формирует сквозной проем. Данное решение позволяет в процессе сборки пропускать продольную арматуру ригеля через тело колонны, заводя её в специальные пазы, выполненные в торцах ригелей. Выступающие хомуты ригеля при этом также проходят сквозь колонну, образуя жесткую арматурную связь.

Рисунок 2 – Узел сопряжения колонны с ригелем

Последующее омоноличивание узла мелкофракционным бетоном класса В30 обеспечивает создание жесткого рамного узла, что принципиально повышает устойчивость и несущую способность каркаса по сравнению со сборными связевыми схемами.

Перекрытия в системе Сарет выполняются по комбинированной схеме. Основу составляет сборная железобетонная предварительно-напряженная плита толщиной 40–60 мм, которая выполняет функцию несъемной опалубки. Поверх нее устраивается монолитный слой толщиной 100–190 мм, в теле которого размещается дополнительная арматурная сетка. Совместная работа сборной и монолитной частей обеспечивается шероховатой поверхностью плиты-опалубки, формируемой в процессе заводского изготовления, что гарантирует надежное сцепление слоев [4].

Сравнительный анализ с альтернативными системами

Комплексный анализ сборно-монолитного каркаса «Сарет» позволяет выделить ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционным монолитным строительством. Эти преимущества могут быть систематизированы по экономическим, технологическим, конструктивным и эксплуатационным критериям.

Экономическая эффективность. Применение сборно-монолитной технологии обеспечивает снижение стоимости строительства несущих конструкций здания до 39% с учётом возврата затрат от увеличения площади. Себестоимость квадратного метра снижается за счёт использования рациональных сечений элементов каркаса, высоких классов бетонов и предварительно напряжённой арматуры. В сравнении с цельно-монолитным строительством, технология «Сарет» характеризуется более экономичным расходом железобетона на единицу площади.

Сокращение сроков строительства. Поскольку каркас собирается из готовых заводских изделий, а монолитным бетонируется лишь небольшой объём узловых соединений, продолжительность строительно-монтажных работ сокращается. Высокая степень заводской готовности изделий позволяет вести монтаж независимо от сезонных и погодных условий.

Снижение материалоёмкости и веса конструкций. Использование многопустотных сборных плит перекрытия вместо сплошного монолитного диска позволяет уменьшить вес несущих конструкций, что снижает нагрузку на фундамент.

Высокое качество и надёжность. Все сборные элементы изготавливаются в контролируемых заводских условиях, что гарантирует стабильность физико-механических характеристик материалов и точность геометрических параметров. В монолитном строительстве качество бетона в значительной степени зависит от погодных условий и

квалификации персонала на площадке. По данным практики эксплуатации, расчётный срок службы зданий, возведённых по технологии «Сарет», может достигать 200 лет [5].

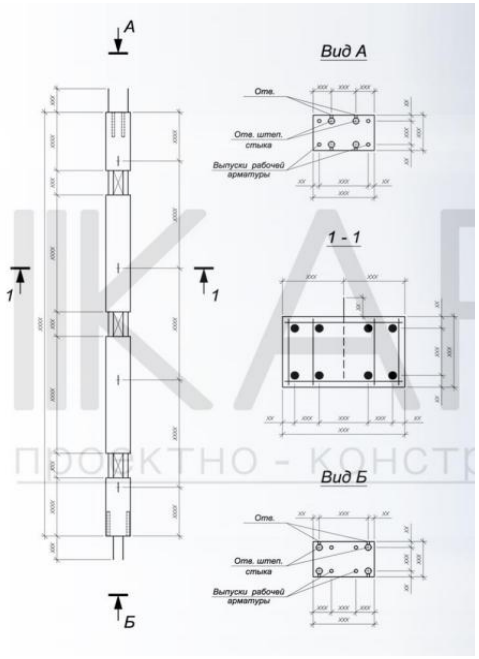


Рисунок 3 – Чертеж колонны системы «Казань XII» адаптированной технологии

Повышенная сейсмостойкость. Сборно-монолитный каркас «Сарет» способен обеспечивать сейсмоустойчивость зданий до 9 баллов по шкале MSK-64. Такие показатели достигаются благодаря неразрезным сборно-монолитным дискам перекрытий и высокой жёсткости соединительных узлов «колонна – ригель – плита».

Архитектурно-планировочная гибкость. Технология позволяет реализовывать пролёты от 2,7 до 9 м и свободно варьировать внутреннюю планировку зданий как на этапе проектирования, так и в процессе эксплуатации. Для наружных стен допускается использование широкого спектра облегчённых материалов.

Безопасность и технологичность монтажа. Конструкция каркаса исключает необходимость выполнения электросварочных работ при сборке узлов сопряжения. Это повышает пожарную безопасность строительной площадки и снижает требования к квалификации монтажного персонала.

Заключение

Актуальность применения каркаса «Сарет» в современном строительстве обусловлена рядом факторов. В условиях интенсификации строительного производства и жёсткой конкуренции на рынке недвижимости, возможность сокращения сроков строительства и снижения стоимости возведения несущих конструкций приобретает решающее значение. Уменьшение массы несущих конструкций позволяет снизить нагрузку на основание, что особенно важно при строительстве на слабых грунтах и в условиях плотной городской застройки.

Научные исследования, включая экспериментальные и численные исследования напряжённо-деформированного состояния узлов сопряжения сборно-монолитного каркаса, подтверждают его несущую способность, жёсткость и трещиностойкость, что свидетельствует о конструктивной надёжности системы. Развитие технологии, в частности создание

модернизированных вариантов типа «Казань – XXI век», демонстрирует потенциал её дальнейшего совершенствования с учётом современных требований к строительству.

Таким образом, сборно-монолитный каркас «Сарет» представляет собой технологически зрелую и конструктивно обоснованную систему, применение которой в современном строительстве многоэтажных зданий является экономически целесообразным и технически перспективным.

Список использованных источников

1. Рубанов, А. А. Строительство зданий из сборно-монолитных конструкций / А. А. Рубанов, А. В. Рубанов // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства : Сборник научных статей, Гродно, 21–22 апреля 2023 года. – Гродно: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2023. – С. 105-108. – EDN XYLYIF.

2. Дичков, В. Ю. Использование иновационныхтехнологий в сборно-монолитном домостроении / В. Ю. Дичков, Г. В. Маношкина // Новые технологии в учебном процессе и производства : Материалы XVI межвузовской научно-технической конференции , Рязань, 17–19 апреля 2018 года / Под ред. Платонова А.А., Бакулиной А.А.. – Рязань: Индивидуальный предприниматель Жуков Виталий Юрьевич, 2018. – С. 136-142. – EDN XYGYKL.

3. Митасов, В. М. Работа диска сборно-монолитного перекрытия / В. М. Митасов, А. А. Коянкин // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 3(663). – С. 103-109. – EDN SHLWKB.

4. Особенность технологии возведения зданий из сборно-монолитных конструкций / А. В. Рубанов, А. П. Бояринцев, А. А. Рубанов, П. А. Петров // Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения : Материалы XIII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Томск, 28 февраля – 02 2023 года. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 452-459. – EDN XMWUCR.

5. Сравнительный анализ эффективности применения сборно-монолитных перекрытий в условиях нового строительства / А. В. Бровкин, Р. З. Цыбина, А. В. Кривохижина, Т. Р. Баркая // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Строительство. Электротехника и химические технологии. – 2020. – № 4(8). – С. 26-32. – DOI 10.46573/2658-7459-2020-4-26-32. – EDN DDVNJL.

УДК 69.059.55

Разработка комплекса компенсационно-восстановительных мероприятий по устранению проблемы всплытия действующего подземного паркинга

*Корчагин А.С. *, студент; Челнокова В.М., канд. техн. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: kor4agin.as@mail.ru
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург

Аннотация. Строительная отрасль в настоящее время характеризуется интенсивным развитием, обусловленным трансформацией технологических процессов, масштабами возводимых объектов, управленческих механизмов и проектных решений. Вместе с тем внедрение передовых технологий не способно в полной мере решить и предвосхитить проблемы, связанные с человеческим фактором на разных стадиях возведения объекта строительства. Проблема всплытия подземных сооружений является актуальной на сегодняшний день. В данной статье рассмотрены основные причины возникновения проблемы всплытия подземных сооружений, предложен комплекс мероприятий по осаживанию функционирующего всплывшего подземного паркинга и его анкеровке с помощью буроинъекционных свай, описан комплекс работ по предотвращению повторной проблематики в будущем.

Ключевые слова: подземное сооружение, ликвидация всплытия (строительство, анкерные сваи, гидроизоляция, гидростатическое давление)

Научный руководитель – доцент кафедры организации строительства СПбГАСУ, канд. техн. наук, доцент Челнокова Вера Михайловна.

Интенсивная урбанизация, характерная на сегодняшний день для всех развитых стран, вызывает необходимость осваивания новых территорий вблизи мегаполисов, которые нередко оказываются неидеальными с точки зрения строительства в рамках возведения отдельных зданий и сооружений или комплексной застройки. Сложные условия для строительства создают в том числе и грунтовые воды, уровень залегания которых зависит от рельефа местности, видов и характеристик грунтов, метеорологических осадков района строительства и антропогенного влияния, выраженного в применении тех или иных проектных решений по дренажным стокам и водоотведению [1, 2].

Согласно СП 47.13330.2016, перед началом строительства объекта необходимо провести инженерные изыскания – комплекс специализированных исследований, направленный на получение максимально точной информации об участке строительства. Минимальный комплекс инженерных изысканий включает:

– геологические изыскания (изучение грунтов, их видов и физико-механических характеристик);

– геодезические изыскания (определение координат, абсолютных высот и других характеристик местности);

– гидрометеорологические изыскания (оценка климатических условий, анализ водных ресурсов, определение уровня грунтовых вод и снеговых нагрузок);

– экологические изыскания (оценка влияния строительства на окружающую среду);

– инженерно-технические изыскания (определение существующих сетей инженерного обеспечения и их состояния);

– изыскания для проекта планировки территории (обоснование размещения дорожных сетей и линейных объектов в случае комплексного освоения земель).

Согласно СП 482.1325800.2020, инженерно-гидрологические изыскания позволяют получить информацию о поверхностных и подземных водах, их глубине залегания и количестве водоносных горизонтов, химическом составе воды и её возможного воздействия на конструкции будущего здания или сооружения.

На основе собранных данных принимаются проектные решения по выбору рационального типа фундамента, глубины его заложения и основных несущих конструкций здания. Описываются необходимые мероприятия по водопонижению в период строительства, принимаются решения по гидроизоляции фундамента и подземных конструкций, проектируется дренажная система будущего здания или сооружения [3].

Согласно п. 9.31 СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» на этапе проектирования для подземных зданий и сооружений также проводится расчет на всплытие. Устойчивость против всплытия обеспечивается, если выполняется определенное условие, в котором учитывается удельный вес воды, расчетная высота напора воды, площадь подземной части сооружения и другие параметры. При расчете следует рассматривать наиболее неблагоприятную ситуацию – возможный подъем уровня грунтовых вод вследствие сезонных колебаний. В случае получения недостоверной информации о максимально возможном уровне грунтовых вод инженерно-аналитический расчет на всплытие покажет ошибочную информацию, что может повлечь за собой необратимые последствия на этапе строительства или эксплуатации сооружения вплоть до развития аварийных сценариев, таких как:

– разрушение стыков несущих конструкций (железобетонных стен и плит перекрытий (покрытия), колонн (пилонов) и капителей);

– появление трещин, раскрывающихся по мере всплытия, в несущих конструкциях здания или сооружения, перегородках и отделке;

– разрыв или смещение гидрошпонок на деформационных швах в случае неравномерного подъёма отдельных блоков (секций) подземного сооружения с возможным затоплением подземной части;

– появление перепада уровня полов у деформационных швов и (или) в середине пролетов между колоннами вследствие неравномерного подъема блоков или выгиба фундаментной плиты при избыточном гидростатическом давлении на нее снизу вверх.

Стоит отметить, что развитие подобных ситуаций, как правило, возможно при строительстве обособленного подземного сооружения, не имеющего конструктивной связи с надземными конструкциями, и, соответственно, не воспринимающего вертикальных усилий от их собственного веса, постоянных и иных нагрузок.

Устранение последствий непредвиденного всплытия подземных сооружений может привести к значительному удорожанию всего строительного проекта и поставить под сомнение его рентабельность в целом.

В качестве примера рассмотрим одноуровневый действующий подземный паркинг сложной конфигурации в плане, частично окруженный по периметру пятиэтажными жилыми секциями в г. Санкт-Петербург.

Отметка верха фундаментной плиты паркинга составляет -6,050 м, высота помещений паркинга – 4,2 м. Фрагмент, расположенный во дворе жилых секций и не имеющий конструктивной связи с конструкциями окружающих секций, в районе стыка трех блоков, разделенных деформационными швами, получил наибольшие повреждения пилонов и капителей вследствие воздействия гидростатического давления. Относительная разность отметок полов и капителей в зоне стыка трех блоков составляла до 150 мм. Также были зафиксированы многочисленные протечки в районе деформационных швов в уровнях

фундаментных плит и плит покрытия из-за неравномерного подъема отдельных блоков и смещения гидрошпонок.

Гидрогеологические условия участка работ на глубину бурения до 28,0 м характеризуются наличием подземных вод, приуроченных к комплексу четвертичных отложений. Участок относится к сезонно (ежегодно) подтопляемому в естественных условиях, что связано с небольшой амплитудой колебания уровня грунтовых вод (максимальная амплитуда составляет 2,2 м). При выполнении расчета на всплытие подземного паркинга учитывался не максимально возможный уровень грунтовых вод.

В неблагоприятные периоды года (периоды дождей и интенсивного снеготаяния) происходит переувлажнение почвенного слоя и застой инфильтрационных вод под подошвой плиты с образованием «открытого зеркала» грунтовых вод.

Фундамент подземного паркинга – плитный, толщина ж/б плиты – 500 мм. Согласно инженерно-геологическим изысканиям, под подошвой фундамента залегают суглинки полутвердые мощностью 0,2-1,5 м, затем глина твердая.

Специализированной организацией был предложен комплекс компенсационно-восстановительных мероприятий по стабилизации пространственного положения конструкций паркинга и недопущения его последующих всплытий, включающий:

1) выполнение подготовительных гидроизоляционных работ и работ по локальному водоотведению перед началом устройства анкерных свай;

2) устройство анкеровки паркинга с применением буроинъекционных свай по технологии «Titan 52/26» [4];

3) усиление поврежденных множественными трещинами несущих пилонов с дефицитом поперечного армирования;

4) усиление плиты покрытия паркинга в зоне наличия трещин (отрыв капителей от пилонов вследствие неравномерных вертикальных деформаций);

5) гидроизоляцию деформационных швов на стыках фундаментных плит, плит покрытия и наружных стен.

На первом этапе в рамках подготовительных мероприятий производилась гидроизоляция поврежденных деформационных швов посредством инъектирования полиуретановой смолы под подошву фундаментных плит смежных блоков для создания водонепроницаемой пробки, препятствующей поступлению воды в зону производства работ вдоль деформационных швов. После завершения работ по устранению (уменьшению) внешнего поступления грунтовых вод в зону работ, была проведена откачка водяной линзы из-под поверхности фундаментной плиты. Сброс гидростатического давления под плитой осуществлялся с помощью коллекторной обвязки поверхностных насосов и 9-ти инъекционных пакеров диаметром 58 мм, установленных в 9 сквозных отверстий в плите диаметром 62 мм (по 3 отверстия на каждый блок).

После сброса гидростатического давления фундаментные плиты на стыке трех блоков паркинга опустились на 120-140 мм, практически вернувшись в проектное положение. Пакера были демонтированы и заменены на ПНД трубы диаметром 50 мм, подключенные к системе из тех же труб, смонтированных в толщине слоев пола каждого блока с трассировкой в направлении существующих водоприемных приямков. Таким образом была реализована возможность свободного истечения грунтовой воды в приямки для предотвращения дальнейшего увеличения гидростатики и повторного наполнения водяной линзы.

По факту осаживания паркинга в проектное положение была проведена его анкеровка в грунт с помощью 64-х анкерных свай типа «Titan 52/26» длиной 9,16 м. Включение свай в работу на выдергивание обусловлено их фиксацией к телу фундаментной плиты посредством стальных листов размером 500х500х20 мм, смонтированных на верхнюю плоскость фундаментной плиты с помощью шпилек М20 и химических анкеров. Перед устройством буроинъекционных свай были выполнены сквозные отверстия диаметром 200 мм в

фундаментной плите с помощью станков алмазного бурения, после чего осуществлялось лидерное бурение грунта основания на всю глубину погружения свай шнеком диаметром 100 мм. Роторное бурение грунта для формирования тела сваи проводилось коронкой диаметром 175 мм с промывкой цементным буровым раствором В/Ц=0,7 до проектной отметки через штанги 52 мм, подача буровой штанги со скоростью 0,3-1 м.п./мин. После погружения свай на проектную отметку была проведена допрессовка скважины инъекционным раствором с В/Ц=0,4 на всю высоту буровой колонны, включая толщину фундаментной плиты. Общий вид буроинъекционной анкерной сваи представлен на рис. 1.

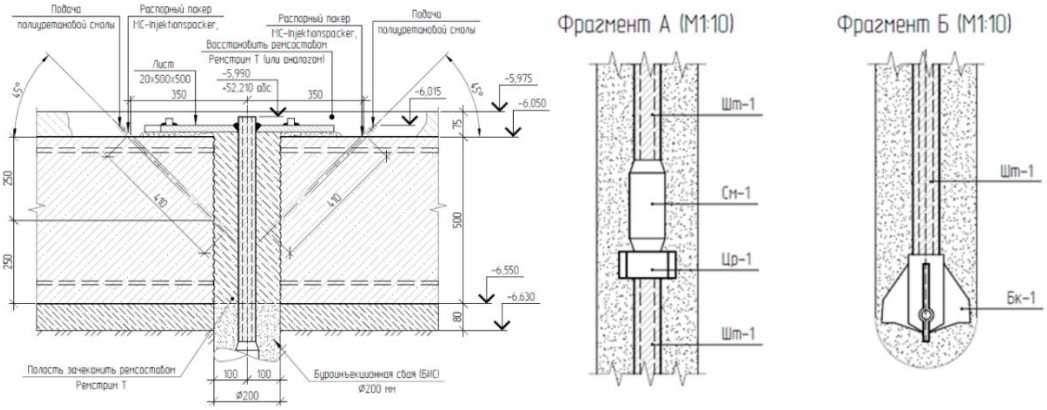


Рисунок 1 – Общий вид анкерной сваи «Titan 52/26» (Источник: Составлено автором)

В первую очередь были погружены и испытаны на выдергивание три тестовые сваи в разных участках «проблемного» фрагмента подземного сооружения, после чего было принято решение о необходимом для анкеровки паркинга количестве свай и их расположении на всплывшем фрагменте. Испытания проводились третьей стороной, каждая свая понесла не менее 30 т выдергивающей нагрузки.

Поскольку паркинг действующий, работы по устройству буроинъекционных свай велись по захваткам (12-16 м/м) согласно графику освобождения машино-мест, согласованным с управляющей компанией. Зона производства работ была ограждена защитными экранами, люди, не задействованные в процессе выполнения строительно-монтажных работ, не допускались [5]. Процесс монтажа анкерных свай в условиях действующего паркинга представлен на рис. 2.

После монтажа анкерных свай были выполнены работы по гидроизоляции холодных швов, образованных между телом свай и фундаментной плитой, и деформационных швов на стыках блоков подземного паркинга. Гидроизоляция проводилась полиуретановой смолой Аквидур ЭС-П с помощью распорных инъекционных пакеров с шагом 150 мм в шахматном порядке. Также были выполнены работы по ремонту трещин на несущих конструкциях и перегородках, появившихся в процессе всплытия и последующего осаживания подземного паркинга.

По факту завершения комплекса работ по осаживанию и анкеровке подземного паркинга удалось достичь стабильности его пространственного положения независимо от сезонных колебаний уровня грунтовых вод. Все протечки по деформационным швам были ликвидированы, целостность строительных конструкций восстановлена.

Выполнение полного комплекс компенсационно-восстановительных мероприятий заняло 3 месяца.

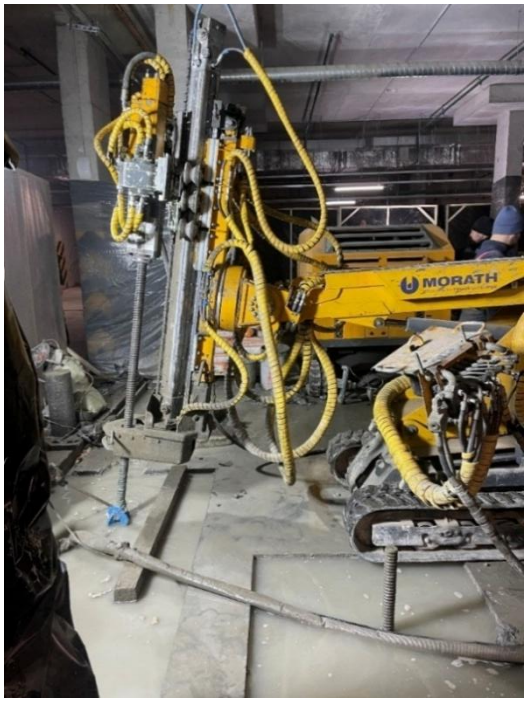


Рисунок 2 – Процесс монтажа анкерных свай в условиях действующего паркинга (Источник: Составлено автором)

Выполнение полного комплекс компенсационно-восстановительных мероприятий заняло 3 месяца. Из минусов данного метода стоит отметить достаточно высокую стоимость производства работ ввиду сжатых сроков и специфики условий работ, необходимость периодической чистки и (или) ревизии элементов системы самоизлива в связи с ее периодическим заиливанием и загрязнением твердыми частицами грунта.

Таким образом, разработанный комплекс мероприятий был выполнен в полном объеме и доказал свою эффективность на практике. Этот пример наглядно демонстрирует важность корректности выполнения расчета на всплытие подземных сооружений и учета в нем максимально возможного на участке строительства уровня грунтовых вод [4,5].

Список использованных источников

1. Мангушев, Р. А. Геотехника Санкт-Петербурга / Р. А. Мангушев, А. И. Осокин. – Москва : Издательство АСВ, 2010. – 264 с.

2. Перлей, Е. М. Свайные фундаменты и заглублённые сооружения при реконструкции действующих предприятий / Е. М. Перлей, В. Ф. Раюк, В. В. Беленькая, А. Н. Алмазов. – Ленинград : Стройиздат, 1989. – 176 с.

3. Гурский, А. В. Проблемы неравномерного всплытия подземного паркинга в Санкт-Петербурге / А. В. Гурский, Г. В. Левинтов // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 10, № 3. – С. 16–25. – URL: *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41154715* (дата обращения: 05.03.2026). – Текст : электронный.

4. Самохвалов, М. А. Обзор существующих конструкций буроинъекционных анкерных свай / М. А. Самохвалов, А. В. Гейдт, А. А. Паронко // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, № 12. – С. 1530-1554. – *https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.12.1530-1554*. – *https://elibrary.ru/cmquks*.

5. Гайдо, А. Н. К вопросу определения технологических параметров производства свайных работ в стеснённых условиях / А. Н. Гайдо, В. В. Верстов // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 3 (62). – С. 84–94. – URL: *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29656467* (дата обращения: 05.03.2026). – Текст : электронный.

УДК 692.66

Как работают скоростные лифты в небоскребах «Москва-Сити». Проблема ожидания лифта в час-пик и её решение

*Масленникова А.А. *, студент*

* Ответственный за переписку: maslennikovaalina88@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается эволюция лифтового оборудования в башнях «Москва-Сити» и анализируется ключевая проблема эксплуатации небоскрёбов – длительное ожидание лифта в часы пик. Описываются технические решения, обеспечивающие высокую скорость (до 8 м/с) и плавность хода: безредукторные лебедки, частотные преобразователи, аэродинамические обтекатели для компенсации перепада давления. Отмечается технологический разрыв между первой «Башней 2000» (редукторные машины, скорость 2-3 м/с, вибрация) и современными проектами вроде iCity с двухэтажными скоростными лифтами. Основное внимание уделено способам сокращения времени ожидания. Среди технологических решений выделены: система назначения этажей DCS (группировка пассажиров по направлениям, сокращение времени на 20–30%, рост пропускной способности на 50%), вызов через смартфон по Bluetooth (SmartAirKey) и вертикальное зонирование. В качестве организационных мер предложены скользящий график работы арендаторов, временное переключение грузовых лифтов в пассажирский режим и информационные экраны в холлах. Делается вывод, что комплексное внедрение этих мер позволит снизить ожидание с текущих 7-20 минут до мирового стандарта в 20-40 секунд.

Ключевые слова: «Москва-Сити», скоростные лифты, время ожидания, час-пик, решение проблем.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры ННГАСУ, Паузин Сергей Александрович.

Комплекс «Москва-Сити» – это не просто архитектурная доминанта столицы, но и уникальная инженерная среда. Башни высотой более 300 метров физически не могли бы существовать без сложнейшей инфраструктуры лифтового оборудования. Лифты здесь – это не просто кабинки с кнопками, а высокотехнологичные системы.

Когда вы заходите в лифт небоскреба, и он за 40 секунд доставляет вас на 60-й этаж, организм испытывает перегрузки, схожие со взлетом самолета. Чтобы этот процесс был не только быстрым, но и комфортным, инженеры применяют сложнейший комплекс решений [1].

"Москва-Сити» продолжает наращивать масштабы и скорости, и теперь в башне Space Tower офисного центра iCITY установлены первые в России скоростные двухэтажные лифты, способные развивать скорость до восьми метров в секунду [2]. Достичь такой скорости помогают высокотехнологичные лебедки. В отличии от обычных лифтов, которые движутся в 5-10 раз медленнее, в скоростных лифтах используются безредукторные лебедки (рис. 1), в которых двигатель соединен с тяговым шкивом напрямую.

Главная проблема скорости – это резкий старт и торможение. Плавность обеспечивается за счет частотного преобразователя. Он плавно изменяет частоту тока, подаваемого на двигатель, заставляя его вращаться медленно на старте и постепенно ускоряясь.

На высоте свыше 200 метров возникает новая проблема – перепад давления. При скоростном движении в лифте возникает «эффект поршня», закладывающий уши. В современных башнях Сити используются аэродинамические обтекатели кабины и системы активной вентиляции шахты, чтобы минимизировать дискомфорт [3].

За 20 лет с момента открытия первой башни «Москва-Сити» лифтовое оборудование совершило технологический скачок. Лифты «Башни 2000» были современными, но это были машины с редуктором. Они работали громче, скорость редко превышала 2-3 м/с, а система управления была релейной. Пассажиры таких лифтов чувствовали вибрацию при разгоне и слышали шум редуктора. Из 10 лифтов, установленных в башне, многие уже прошли глубокую модернизацию, но конструктивная закладка шахт не позволяет разогнаться до скоростей современных небоскребов.

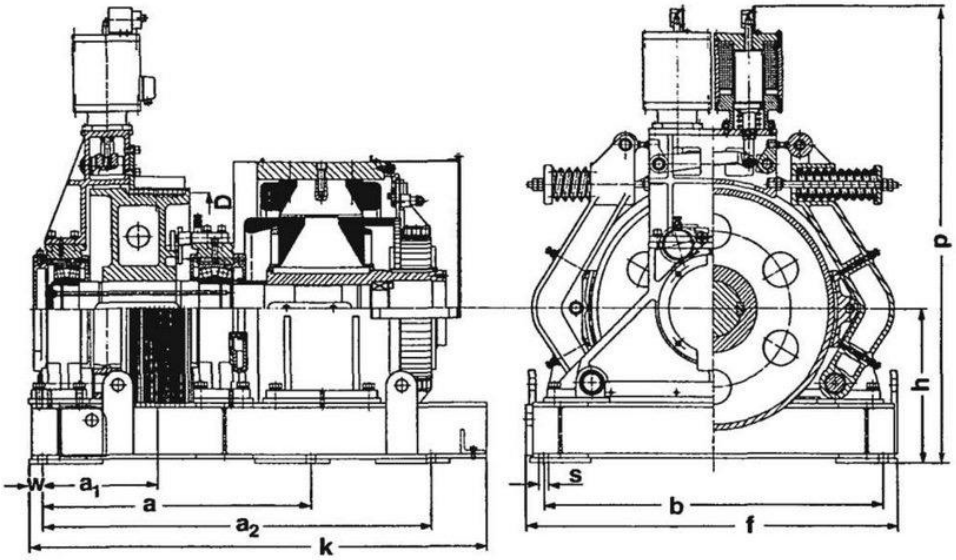


Рисунок 1 – Схема лифтовой безредукторной лебёдки

Несмотря на «плюсы» скоростных лифтов, есть проблема, с которой сталкивается каждый пассажир – время ожидания в час-пик. В башне на 87 этажей с 866 квартирами живут тысячи человек. Если бы они вызывали лифт обычным способом – нажимая кнопку «Вверх» или «Вниз» и заходя в первый приехавший, – в вечернее время ожидание растягивалось бы на 15-20 минут, а кабины ездили бы полупустые, создавая пробки в шахтах. В старых башнях (как «Башня 2000») эта проблема решалась банальным увеличением количества лифтов (рис. 2), но это занимало полезную площадь ядра здания. Новые проекты решают вопрос иначе.

Проблему ожидания лифта в час-пик можно решить несколькими технологическими методами, которые доказали свою эффективность в мире, либо только разрабатываются. В России уже появились «умные» лифты, оснащенные Bluetooth-контроллерами. Принцип их работы заключается в синхронизации со всей системой доступа. Житель вообще может не использовать ключи и кнопки – достаточно смартфона. Человек устанавливает приложение SmartAirKey, указывает свой этаж и дистанцию вызова. Система через Bluetooth «видит» приближающегося человека и отправляет лифту сигнал. К моменту подхода пассажира к лифту двери уже открыты, и лифт готов везти его на нужный этаж [4].

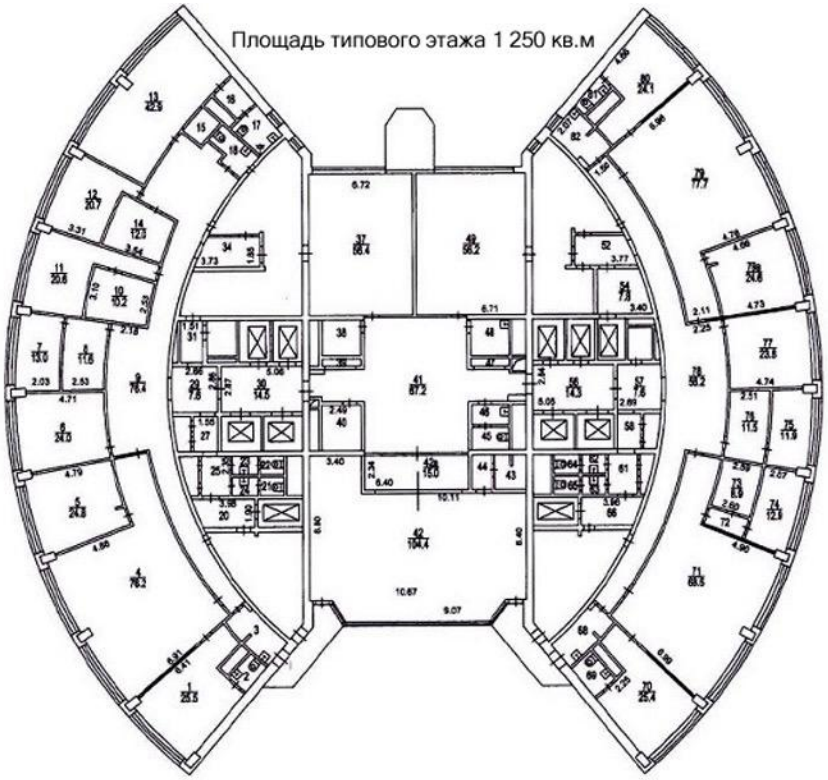


Рисунок 2 – Схема расположения лифтов в «Башня 2000»

Даже самая умная система будет неэффективна, если лифт останавливается на каждом этаже. Решением этой проблемы может являться разделение небоскреба на вертикальные зоны (зонирование). Низшая зона будет включать этажи с 1 по 30, средняя зона – с 30-60, а высокая зона с 60 этажа и выше. Таким образом, скоростные лифты будут доставлять пассажиров только до «своей» зоны.

Есть ключевое технологическое решение, которое уже доказало свою эффективность в мире – система назначения этажей (Destination Control System – DCS). Пассажир выбирает нужный этаж на сенсорной панели до входа в лифт (в холле). Система анализирует все запросы, группирует пассажиров по схожим направлениям и назначает конкретный лифт, который повезет их с минимальным количеством остановок. Это сокращает время на 20-30% и увеличивает пропускную способность лифтов почти на 50% [5].

Помимо технологических решений, необходимы организационные изменения. Крупные компании-арендаторы в «Москва-Сити» могут внедрить скользящий график начала рабочего дня (с 8:00 до 11:00). Это позволяет растянуть утренний пик на 3 часа вместо одного.

Также можно переключать грузовые и сервисные лифты на пассажирский режим. Это потребует дополнительной автоматизации, но увеличит пропускную способность.

Ещё одним организационным решением может являться информирование пассажиров. Если установить экраны в холлах с прогнозом времени ожидания и загруженности лифтов, они снизят психологический дискомфорт от ожидания. Пассажир, знающий, что лифт приедет через 2 минуты, менее раздражен, чем тот, кто ждет неизвестно сколько.

Таким образом, проблема ожидания лифта в «Москва-Сити» в час-пик решаема, но требует комплексного подхода, сочетающего технологические, организационные и инфраструктурные меры. Внедрение вышеперечисленных решений позволит сократить время ожидания в часы пик с текущих 7-20 минут до целевых 20-40 секунд, что соответствует мировым стандартам для премиальной недвижимости

Список использованных источников

1. Математическая модель работы пассажирского лифта для определения показателей комфотности перевозок / С. С. Лызлов, С. С. Уваров, М. В. Катина, Д. И. Орлова // Логистика и управление цепями поставок. – 2024. – Т. 21, № 1(110). – С. 36-51. – EDN SOTITC.

2. В «Москва-Сити» появились первые в России двухэтажные скоростные лифты с мраморными полами. – URL: *https://moskvichmag.ru/gorod/v-moskva-siti-poyavilis-pervye-v-rossii-dvuhetazhnye-skorostnye-lifty-s-mramornymi-polami* (дата обращения: 07.04.2026). – Текст : электронный.

3. Особенности скоростных лифтов. – URL: *https://servisgrupp25.ru/stati/post/osobennosti-skorostnyh-liftov* (дата обращения: 05.04.2026). – Текст : электронный.

4. Котлярова, Е. В. Современные тенденции проектирования лестнично-лифтовых узлов высотных зданий / Е. В. Котлярова, О. П. Высоцкий // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 4-1(82). – С. 39-42. – DOI 10.23670/IRJ.2019.82.4.007. – EDN ZCRQSD.

5. Destination Control System – система управления лифтовым оборудованием. – URL: *https://kleemann-atlas.ru/dopolnitelnoe-oborudovanie/destination-control-system* (дата обращения: 05.03.2026). – Текст : электронный.

УДК 69.059.25

Оценка организационно-технологической надежности капитального ремонта студенческих общежитий с учетом рисков

*Мележенкова О.А. *, студент*

* Ответственный за переписку: omoranta@rambler.ru
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассматривается понятие организационно-технологической надежности (ОТН) строительного производства, показана ее роль при реализации капитального ремонта студенческих общежитий. Приведен обзор существующих методов оценки ОТН, особое внимание уделено проблематике рисков, возникающих в ходе проекта и провоцирующих сбои в производственном процессе, приводя к снижению организационно-технологической надежности. В ходе исследования разработаны модель оценки рисков и модель оценки ОТН капитального ремонта студенческих общежитий, которые легли в основу дальнейших исследований. Проведенный анализ показывает, что для проектов капитального ремонта общежитий наибольший эффект дает комбинированная система оценки ОТН, а ключевым условием повышения надежности является ранняя идентификация рисков.

Ключевые слова: организационно-технологическая надежность, капитальный ремонт, общежитие, сроки, стоимость, качество, риски.

Введение

Капитальный ремонт объектов социальной инфраструктуры является ключевым фактором, определяющим их долговечность и сохранение эксплуатационных характеристик. В нынешних условиях политической и экономической нестабильности, когда строительное производство все больше подвержено рискам, критически важно разрабатывать и совершенствовать меры по их снижению и нейтрализации в целях обеспечения высокого качества строительной продукции.

С 2024 года на правительственном уровне стартовала поэтапная и комплексная работа по обновлению жилых помещений высших учебных заведений. Согласно Поручению Президента РФ В.В. Путина, к 2030 году в рамках программы капитального ремонта, которая проходит в российских университетах, планируется отремонтировать и оснастить не менее 800 студенческих общежитий. Это означает рост числа проектов, выполняемых в ограниченные сроки, в условиях бюджетного финансирования и повышенных требований к качеству и конечному результату.

Капитальный ремонт согласно ГрК РФ заключается в замене и (или) восстановлении строительных конструкций объектов капитального строительства или элементов таких конструкций, за исключением несущих строительных конструкций, в замене и (или) восстановлении систем и сетей инженерно-технического обеспечения или их элементов, а также в замене отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановлении указанных элементов.

Для студенческих общежитий как объектов социальной инфраструктуры особенно важно, чтобы ремонт обеспечивал не только восстановление работоспособности здания при минимизации срывов сроков и перерасхода бюджетного финансирования, но и повышение потребительских характеристик среды проживания, способствующей продуктивной учебной деятельности студентов. В данном контексте вопрос оценки и обеспечения качества, экономичности, безопасности, а вместе с тем, и организационно-технологической надежности капитального ремонта, приобретает первостепенное значение.

Содержание организационно-технологической надежности и ее роль в капитальном ремонте общежитий

В области строительства идеи надежности берут свои истоки с самых древних времен, когда в качестве основы строительного искусства выступало обеспечение функциональной пригодности строительных объектов, их безаварийности, безопасности, устойчивости, долговечности, надежности [1].

Ряд отечественных ученых и исследователей (А.А. Гусаков, А.В. Гинзбург, В.А. Афанасьев, М.С. Будников, В.М. Васильев, С.С. Морозов, Е.М. Сергеев, Г.Л. Шалягин, С.А. и др.) занимались изучением проблематики ОТН в строительстве, и, как правило, определяли ее как вероятность выполнения заданных показателей проекта.

Согласно определению основоположника ОТН в строительстве профессора А.А. Гусакова, организационно-технологическая надежность – это способность организационных, технологических и управленческих решений сохранять в заданных пределах свои запроектированные качества в условиях воздействия возмущающих факторов, присущих строительству как сложной вероятностной системе [1]. Это базовое определение ОТН, которое рассматривается и оптимизируется современными исследователями под призмой различных взглядов и методик.

В данной работе ОТН рассматривается как способность производственной системы, находящейся под воздействием неблагоприятных факторов, присущих строительству, обеспечить выполнение основных показателей проекта: сроки, стоимость и качество работ [2].

Роль ОТН при капитальном ремонте общежитий определяется рядом факторов. Во-первых, это социальная значимость объекта: срыв сроков ремонта влияет на расселение студентов и организацию учебного процесса. Во-вторых, бюджетное финансирование требует строгого соответствия лимитам и подтверждаемости затрат. В-третьих, аспект качества приобретает ключевое значение, т.к. в соответствии со Стандартом капитального ремонта студенческого общежития, разработанным Минобрнауки России, капитальный ремонт студенческих общежитий должен обеспечивать создание современной образовательной инфраструктуры, комфортных условий проживания и внеучебной работы студентов.

Современные методы оценки организационно-технологической надежности

Проблема оценки ОТН является предметом многочисленных научных изысканий, в рамках которых используются различные методические инструменты. В публикации [3] для оценки и обеспечения ОТН строительных объектов рекомендуется учитывать влияние факторов ресурсоснабжения строительства. Автор [4] предлагает оценивать ОТН строительства с помощью метода имитационного моделирования. Публикация [5] посвящена разработке детерминированной модели ОТН строительного производства. В ряде работ рассмотрены авторские методики оценки надежности.

Современные методы оценки организационно-технологической надежности можно условно разделить на качественные и количественные. Качественные методы оценки:

– экспертные оценки, т.е. опрос экспертов (инженеров, строителей, проектировщиков) для выявления потенциальных рисков и оценки их вероятности и последствий;

– анализ FMEA, т.е. анализ возможных видов отказов и их последствий;

– анализ дерева событий, т.е. графическое представление последовательности событий, приводящих к отказу;

– метод «мозгового штурма» в рамках коллективного обсуждения проблем с целью поиска путей их решения.

Количественные методы предполагают использование числовых показателей и математических моделей для оценки надежности:

– статистический анализ, т.е. анализ данных о прошлых проектах для выявления закономерностей и оценки вероятности возникновения рисков;

– методы моделирования, напр., метод Монте-Карло, т.е. моделирование случайных событий для оценки вероятности достижения заданных целей;

– теория вероятностей: использование математических моделей для оценки вероятности возникновения отказов и их последствий;

– сетевые методы: анализ сетевых графиков для выявления критических путей и оценки влияния рисков на сроки выполнения работ.

В рамках данного исследования разработана модель оценки организационно-технологической надежности капитального ремонта студенческого общежития (рис. 1), которая базируется на основных этапах проведения капитального ремонта.

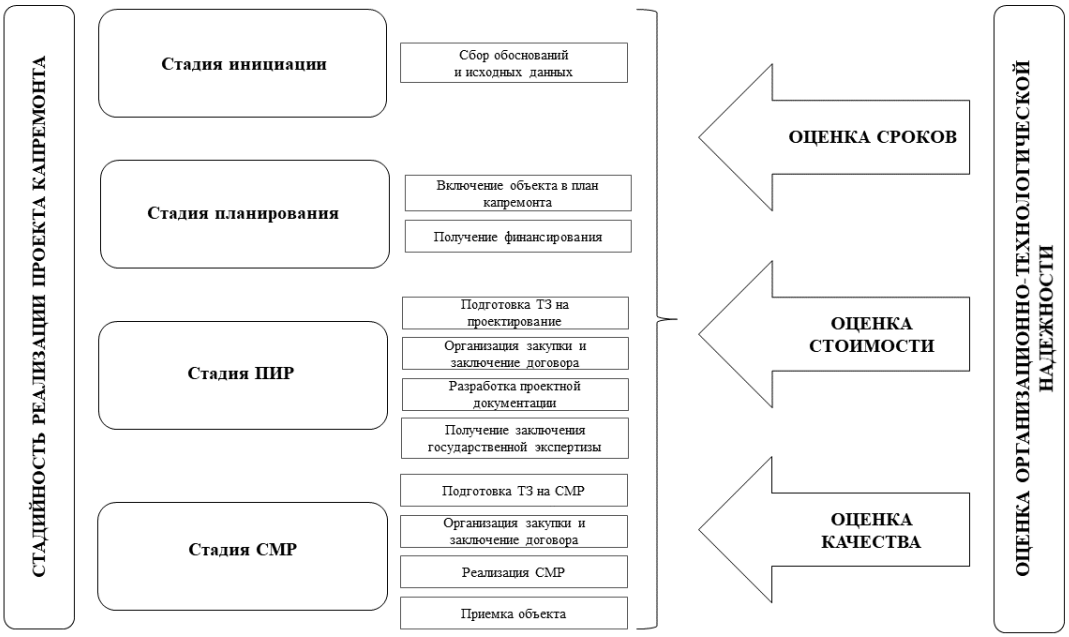


Рисунок 1 – Модель оценки ОТН при реализации проекта капитального ремонта (Источник: Составлено автором)

Выходными параметрами оценки в данной модели выступают сроки, стоимость и качество работ, анализ которых необходим на всех стадиях реализации проекта капитального ремонта, а их совокупность формирует итоговую оценку ОТН.

Такой подход представляется методически оправданным, поскольку большинство критических отклонений при капитальном ремонте зачастую происходят не на строительной площадке, а на более ранних этапах: при получении финансирования, обследовании, разработке проектной документации, прохождении государственной экспертизы.

Следовательно, чем раньше будут зафиксированы отклонения, тем выше вероятность сохранения целевых показателей проекта: сроков, стоимости и качества.

Идентификация и оценка рисков как условие обеспечения организационно-технологической надежности

В неразрывной связи с организационно-технологической надежностью находится понятие риска. Риски зачастую провоцируют сбои и ошибки в строительном производстве, приводя к задержкам, увеличению расходов и снижению качества строительных работ.

В научной литературе, посвященной проблематике рисков инвестиционно-строительной деятельности, обычно выделяют следующие виды рисков [3;6]:

– финансовые;

– низкая производительность труда;

– недостаточное количество рабочей силы;

– факторы, представляющие угрозу для здоровья и безопасности;

– риски, связанные с некачественной, недостаточно проработанной проектной и организационно-технологической документацией и пр.

В современных условиях, характеризующихся сложной политико-экономической обстановкой, строительная сфера испытывает особое давление со стороны санкционных ограничений. Также можно отметить стремительный рост цен на строительные материалы и оборудование; глобальный дефицит квалифицированной рабочей силы; отказы оборудования.

В рамках данного исследования был проанализирован процесс капитального ремонта студенческих общежитий в соответствии с алгоритмом, представленным на рисунке 2.

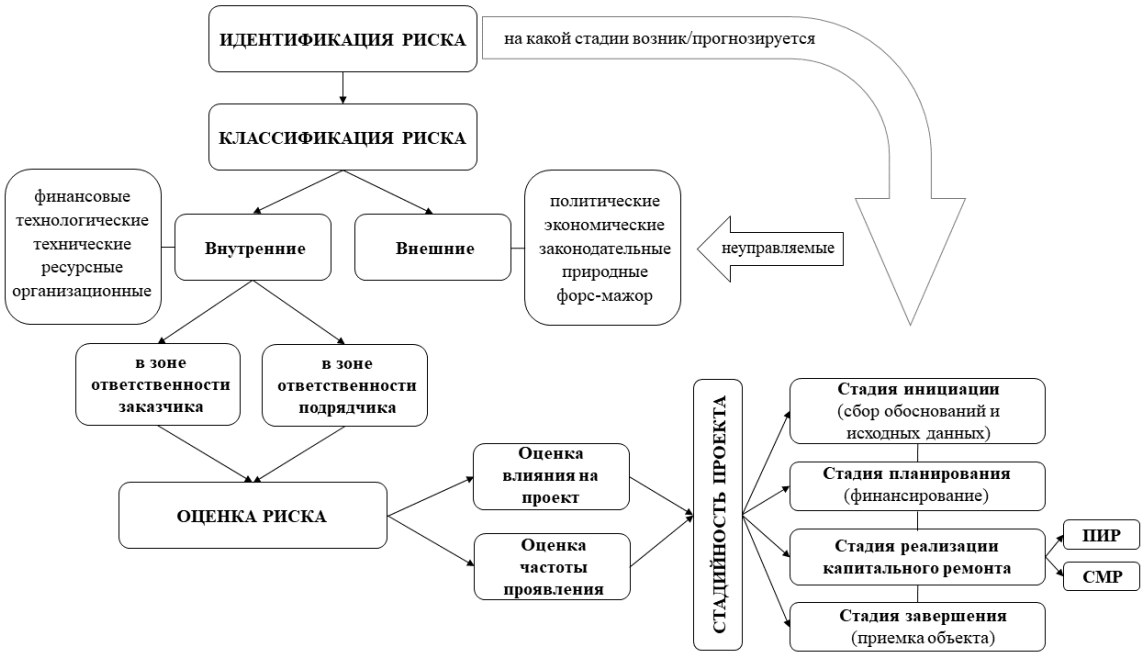


Рисунок 2 – Модель оценки рисков при реализации проекта капитального ремонта (Источник: Составлено автором)

Анализ показал, что этапы проектной проработки (ПИР) и осуществления ремонтно-восстановительных работ (СМР) в наибольшей степени подвержены рискам, которые, в большинстве случаев, обусловлены некомпетентностью подрядных организаций:

– некачественная проектно-сметная документация;

– несвоевременное прохождение государственной экспертизы проектной документации;

– недостаточно проработанный график производства работ;
– нарушение технологической последовательности работ;
– несвоевременное и некачественное ресурсное обеспечение СМР.

Каждый из перечисленных рисков способен трансформироваться в срыв сроков, увеличение стоимости, снижение качества капитального ремонта.

Заключение

Эффективная система оценки и обеспечения организационно-технологической надежности в сочетании с оперативным управлением рисками является залогом успешной реализации любого строительного проекта.

Реализуемая на государственном уровне программа капитального ремонта и оснащения общежитий высших учебных заведений предъявляет повышенные требования к обеспечению высокого качества работ, строгому соблюдению сроков и утвержденных бюджетных лимитов.

Анализ показал, что комплексный подход к оценке организационно-технологической надежности, основанный на трех ключевых показателях: сроках, стоимости и качестве работ, в совокупности со своевременным выявлением рисков на всех этапах реализации капитального ремонта, позволяет минимизировать вероятность возникновения потенциальных проблем и обеспечить успешное завершение проекта.

Список использованных источников

1. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надёжность строительства / А.А. Гусаков, С.А. Веремеенко, А.В. Гинзбург и др. – Москва : SVR-Аргус, 1994. – 472 с.

2. Аль-Мсари Ахмед Абдул Руда Ауда, Руденко А. А. Факторы риска ресурсоснабжения строительства при обеспечении его организационно-технологической надёжности // Вестник СибАДИ, 2023. – Т. 20, № 5 (93). – С. 670-682. *https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-5-670-682*

3. Величко В.В. Управление рисками строительных проектов : [монография] / В. В. Величко, А. В. Иванов, И. Г. Забабурина. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2020. – 213 с.

4. Оценка организационно-технологической надежности строительства методом имитационного моделирования / О. А. Побегайлов, А. Н. Жданов, Х. А. М. Мохаммед, В. А. Погорелов // Современная наука и образование: новые подходы и актуальные исследования : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Чебоксары, 11 мая 2021 года. – Чебоксары: Негосударственное образовательное частное учреждение дополнительного профессионального образования «Экспертно-методический центр», 2021. – С. 81-85. – EDN IDSMOL.

5. Лапидус, А. А. Формирование методологии детерминированной модели организации строительного производства на основе концепции организационно-технологической платформы строительства / А. А. Лапидус, Р. В. Мотылев, В. В. Сокольников // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, № 1. – С. 116-131. – DOI 10.22227/1997-0935.2023.1.116-131. – EDN IDDMFY.

6. Скиба, А. А. Анализ риска в инвестиционно– строительном проекте / А. А. Скиба, А. В. Гинзбург // Вестник МГСУ. – 2012. – № 12. – С. 276-281. – EDN PJOUZB.

УДК 332.851

Рынок жилья будущего. Что победит: ИЖС или квартиры?

*Мишукова Н.С. *, студент; Додонова К.С., студент; Васильева С.В., заведующий кафедрой туризма и сервиса, канд. экон. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: novikovanatalia358@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматриваются современные тренды на рынке недвижимости, фокусируясь на сравнении индивидуального жилищного строительства (ИЖС) и покупки квартир в многоквартирных домах. Анализируются ключевые факторы, влияющие на выбор типа жилья: экономические условия, психологический аспект, а также инфраструктурные особенности. Особое внимание уделяется перспективам развития рынка в ближайшем будущем, а также предпочтениям различных категорий покупателей. На основе статистических данных и экспертных оценок выявляются основные тренды, которые позволят прогнозировать спрос на ИЖС и квартиры.

Ключевые слова: Рынок недвижимости, индивидуальное жилищное строительство (ИЖС), многоквартирные дома, жилищные предпочтения, урбанизация, экономические факторы, жилищная политика, прогнозирование спроса.

Научный руководитель – заведующий кафедрой туризма и сервиса, канд. экон. наук, доцент Васильева Светлана Владимировна

Введение

В современных реалиях роста цен на рынке недвижимости остро встаёт вопрос выбора между индивидуальным жилищным строительством (ИЖС) и покупкой квартир в многоквартирных домах. Рост ипотечных ставок, изменение реальных доходов населения, урбанизация и другие экономические факторы формируют новые тренды в предпочтениях людей относительно жилья. Понимание того, какие факторы влияют на выбор между ИЖС и квартирами, позволит прогнозировать развитие жилищного сектора и формировать эффективную жилищную политику

С одной стороны, квартиры предлагают развитую инфраструктуру, близость к рабочим местам и социальным объектам, а также меньшие затраты на содержание. С другой стороны, ИЖС обеспечивает большую площадь, личную территорию, экологичность и возможность создания уникального жилья, соответствующего индивидуальным потребностям. Однако высокая стоимость земли, сложности с инфраструктурой и удалённость от городских центров остаются серьёзными барьерами. Таким образом, проблема выбора жилья и анализа трендов этого рынка требует комплексного анализа, учитывающего как экономические, так и психологические аспекты.

Цель данного исследования заключается в получении анализа рынка недвижимости относительно типа жилья, что поможет ответить на вопрос о том, какой тип жилья в ближайшем будущем станет более перспективным – квартиры или дома. Для достижения этой цели будет проведён анализ статистических данных о рынке недвижимости, выявление

трендов исходя из данных рынка, а также оценены психологические факторы, влияющие на выбор типа жилья. Результаты исследования позволят спрогнозировать развитие рынка в ближайшем будущем.

Исследование рынка жилья

Первое, что необходимо сделать, чтобы выполнить цель исследования – получить статистические данные. Для анализа была выбрана статистика Росстата под названием «Средние цены на рынке жилья по Российской Федерации» [1].

Построив график по этим данным, можно выделить два периода роста: (рис. 1)

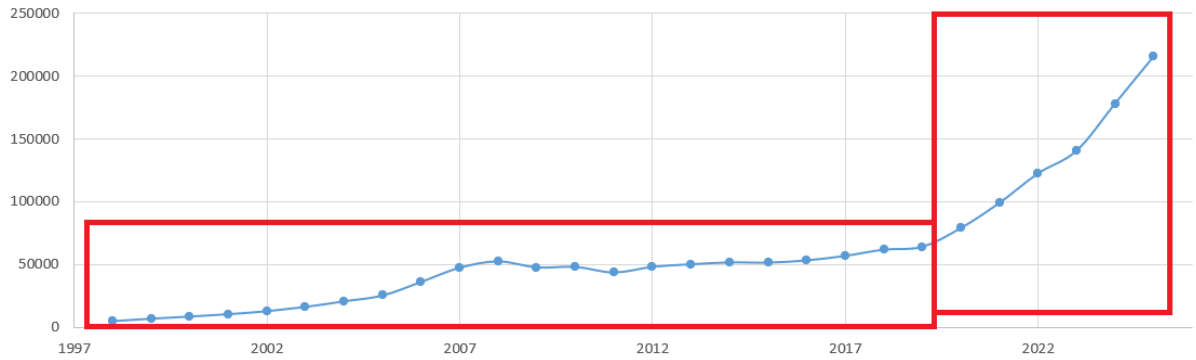


Рисунок 1 – Рост цен за 1 кв. м. квартиры в МКД

С 2000 по 2020 и с 2020 по 2025. В первом случае за 20 лет рост цены на квадратный метр составил в денежном выражении 70325 рублей, то есть в этот период, в среднем, цены росли на 3,5 тыс. в год. Однако за последние 5 лет рост составил 136279 рублей или, в среднем, 27,3 тыс. рублей в год

То есть, после 2019 года рост стал похож на экспоненциальный.

Эта тенденция подтверждается, если взять данные статистики от Росстата под названием «Ввод в действие жилых домов по регионам Российской Федерации» и соотнести в этом наборе данных ИЖС и МКД.

До 2016 года ввод новых квадратных метров жилья в МКД был больше, чем в ИЖС, а дальше, доля введённых квадратных метров ИЖС стал расти. Рост с 2016 по 2025 составил 19 процентных пункта

На момент 2025 года ввод ИЖС выше, чем МКД в пропорции приблизительно 59 к 41 и, судя по тенденции, доля ИЖС будет расти (рис. 2).

Ввод жилого фонда

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Всего (тыс. кв. м.)	59891,6	58430,7	62264,6	65741,5	70484,9	84191,4	85349,6	80240,1	79223,9	75657,7	82041,8	82184,5	92560,4	102712,7	110438,5	107767,5	108142,1
ИЖС (тыс. кв. м.)	28546,1	25518,2	26761,0	28377,6	30663,3	36236,1	35202,9	31791,4	32987,1	32421,2	38502,5	39801,8	49 102,3	57 202,9	58 681,0	62 269,8	63 541,5
МКД (тыс. кв. м.)	31345,4	32912,5	35503,6	37363,9	39821,6	47955,3	50146,7	48448,7	46236,8	43236,5	43539,4	42382,7	43 458,1	45 509,8	51 757,5	45 497,7	44 600,6

Отношение ИЖС и МКД к общей площади ввода жилого фонда

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
ИЖС (тыс. кв. м.)	47,66%	43,67%	42,98%	43,17%	43,50%	43,04%	41,25%	39,62%	41,64%	42,85%	46,93%	48,43%	53,05%	55,69%	53,13%	57,78%	58,76%
МКД (тыс. кв. м.)	52,34%	56,33%	57,02%	56,83%	56,50%	56,96%	58,75%	60,38%	58,36%	57,15%	53,07%	51,57%	46,95%	44,31%	46,87%	42,22%	41,24%

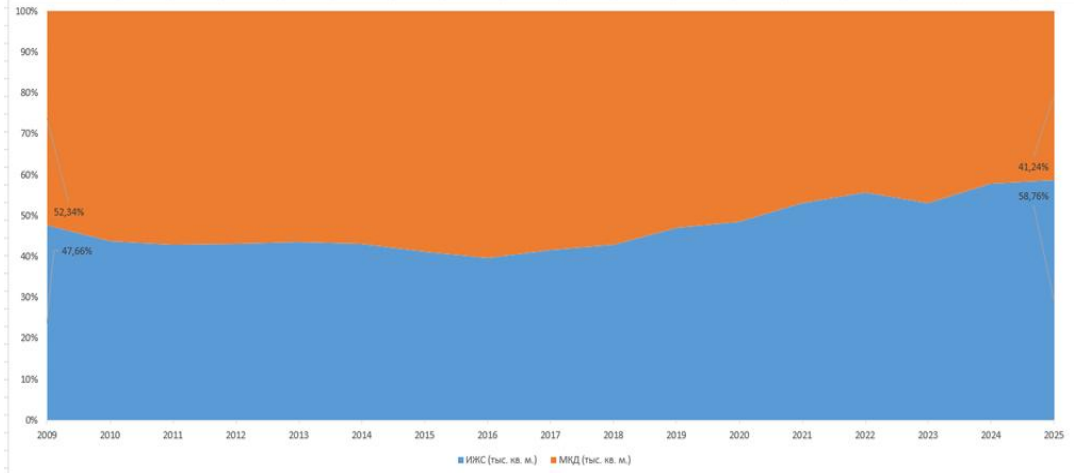


Рисунок 2 – Отношение ИЖС и МКД от общего ввода жилья

Для того, чтобы подтвердить или опровергнуть этот тезис необходимо смоделировать покупку разных типов жилья.

Получим усреднённые данные по ИЖС. Согласно статистике от РБК и Яндекс. Недвижимости [2, 3], удалось собрать следующие данные (таб. 1).

Таблица 1 – Средняя стоимость строительства 1 кв. м при ИЖС

Категория расходов	Цена 1 кв. м. за 2020 (руб.)	Цена 1 кв. м. за 2021 (руб.)	Цена 1 кв. м. за 2022 (руб.)	Цена 1 кв. м. за 2023 (руб.)	Цена 1 кв. м. за 2024 (руб.)	Цена 1 кв. м. за 2025 (руб.)
ИЖС из бруса	48 000	55 000	57 000	83 000	85 000	110 000
ИЖС из кирпича	40 000	44 000	57 000	100 000	111 000	130 000
ИЖС из каркаса	24 000	44 000	47 000	71 000	86 000	90 000
ИЖС из газобетона	22 000	36 000	55 000	84 000	108 000	100 000
ИЖС средний	33 500	44 750	54 000	84 500	97 500	107 500
Категория расходов	2020	2021	2022	2023	2024	2025

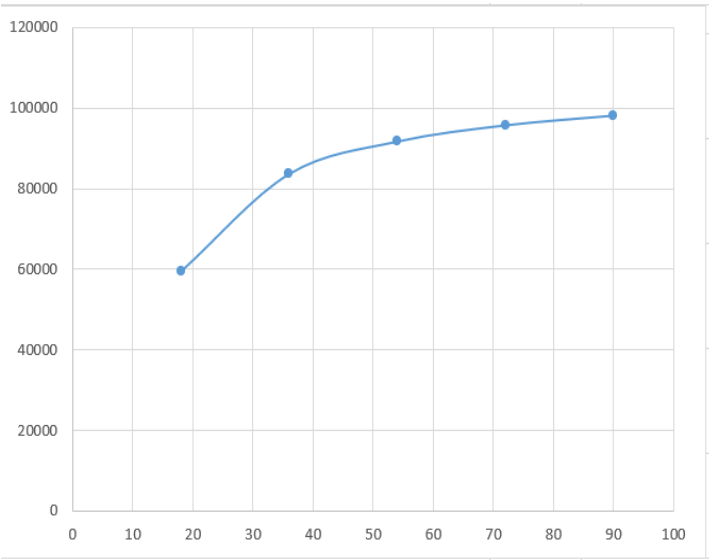
При учёте стоимости для ИЖС необходимо также иметь в виду и стоимость земельного участка. По статистическим данным, средняя стоимость 1 сотки земли для постройки ИЖС в 2025 году составляет 145 тыс. рублей [4]. С учётом того, что по текущему законодательству требуется иметь определённые размеры участка для постройки дома, мы будем принимать для расчета среднюю площадь участка – 6 соток. Таким образом, итоговые затраты на земельный участок для дома составят 870 тыс. руб.

Теперь можно проводить моделирование (таб. 2).

Таблица 2 – Модель покупки жилья

Наименование жилья	Метраж	Цена квартиры в 2025	Цена дома в 2025
Жильё для одного	18	3875080	2805000
Жильё для семьи без детей	36	7750161	4740000
Жильё для семьи с 1 ребёнком	54	11625241	6675000
Жильё для семьи с 2 ребёнком	72	15500321	8610000
Жильё для многодетной семьи (3 детей)	90	19375402	10545000

Исходя из средних значений, выходит, что средний дом привлекательнее, чем средняя квартира, однако есть особенности (рис. 3).



Метраж	Разница (Квартира - Дом)	Разница на 1 кв. м.
18 кв. м.	1070080,32	59448,90667
36 кв. м.	3010160,64	83615,57333
54 кв. м.	4950240,96	91671,12889
72 кв. м.	6890321,28	95698,90667
90 кв. м.	8830401,6	98115,57333

Рисунок 3 – Динамика роста выгоды за метр дома по его метражу

Из графика видно, что в определённый момент более крупные квартиры могут стать привлекательнее за счёт того, что дома той же площади будут требовать большего количества земли. Но для массового потребителя (в сегменте до 100 м) дом более доступен с учётом минимального размера земельного участка.

Психологический аспект выбора жилья

Однако, выбор типа жилья представляет собой сложное психологическое решение, выходящее далеко за рамки экономической целесообразности.

Как отмечает С.К. Нартова-Бочавер в монографии «Дом как жизненная среда человека: опыт психологического исследования» [5], «дом – единство физических, социальных, символических характеристик – впервые рассматривается как предмет психологического исследования» [5]. В психологии среды жильё понимается не просто как физическое убежище, но как пространство самовыражения, идентичности и психологического благополучия.

Ключевые факторы, влияющие на этот выбор: уровень дохода, семейное положение, перспективы карьерного роста, стабильность жилья.

Важнейшим аспектом выбора жилья является и визуальная среда, в которой человек будет находиться. В области видеоэкологии – науки, изучающей влияние видимой

окружающей среды на психоэмоциональное состояние – установлено, что «с урбанизацией среда обитания человека очень сильно изменилась, намного быстрее, чем может поменяться физиология. Поэтому городская среда зачастую угнетающе сказывается на психоэмоциональном состоянии человека» [6]. Специалисты выделяют три типа визуальных сред: комфортную, гомогенную (с недостатком зрительных элементов) и агрессивную (состоящую из множества одинаковых элементов). Особую тревогу вызывают так называемые «человейники» – новые микрорайоны с обезличенной архитектурой. Как поясняют эксперты, «так называемые человейники относятся к гомогенной визуальной среде при близком рассмотрении и агрессивной при взгляде на них издалека» [6]. Длительное нахождение в такой среде, по мнению учёных, может вызывать у жителей негативные эмоции и даже физическое недомогание.

Психологические плюсы и минусы квартиры и дома можно систематизировать следующим образом. Квартира предоставляет ощущение защищённости и социальной включённости. К преимуществам относятся стабильность жилья и близость к городской инфраструктуре. Однако, с точки зрения видеоэкологии, многоэтажная застройка часто создаёт визуально агрессивную среду. Минусами квартиры также являются снижение приватности, ограниченный контроль над средой и, как следствие, возможная фрустрация потребности в автономии.

Индивидуальный дом, напротив, предоставляет максимальную приватность и связь с природой. Дом как индивидуальное пространство позволяет сформировать позитивную идентичность с местом проживания. Однако минусами являются высокая бытовая нагрузка и потенциальная социальная изоляция. Исследования показывают, что «чувство принадлежности своему месту, а также особые сложные мультисенсорные впечатления, охватывающие нас в городах, являются следствием особенностей работы нервной системы» [7].

Важно отметить, что психологический эффект выбора жилья опосредован личностными особенностями. В исследовании ценностных оснований идентичности с местом проживания О.Р. Тучина и И.А. Аполлонов установили, что «продолжительность проживания является влиятельным фактором идентичности с местом: респонденты, родившиеся и выросшие в условиях исследуемого города, значимо выше оценивают как свою глубокую связь с городом, так и личностную самореализацию» [8]. Это означает, что выбор между квартирой и домом должен учитывать не только текущие потребности, но и долгосрочную перспективу формирования привязанности к месту.

Выводы

Таким образом, можно дать следующий прогноз:

Доля ИЖС в общем количестве построенных квадратных метров будет расти в том случае, если на рынке многоквартирного жилья не произойдёт резкий переход к строительству квартир с большим метражом. Но поскольку, согласно исследованию, проводимому мной относительно анализа тенденций на рынке жилой недвижимости в России [9], квартиры станут уменьшаться для сохранения прибыли застройщиков, а значит можно уверено сказать, что доля ИЖС будет расти.

Однако каждый из нас сам выбирает, где ему комфортнее будет жить, ведь у каждого из рассматриваемых нами типов жилья есть как свои плюсы, так и минусы. Кроме того, психологический выбор между квартирой и домом не сводится к простой дихотомии «лучше – хуже», т. к. нами выявлено, что жизнь в высотке становится для молодых людей материализацией амбиций и источником энергии, в то время как частный дом, требующий высокой самоэффективности, все чаще выбирают люди с устоявшимся бытом и потребностью в уединении.

Список использованных источников

1. Цены, инфляция // Росстат URL: *https://rosstat.gov.ru/statistics/price* (дата обращения: 29.03.2026).

2. Рынок ИЖС. Итоги 2025 года и прогнозы на 2026. – ДОМ ТЕХНОНИКОЛЬ [сайт]. – URL: *https://dom.tn.ru/blog/rynok-individualnogo-zhilishchnogo-stroitelstva-rossii-itogi-2025-goda-i-prognozy-na-2026* (дата обращения: 29.03.2026).

3. Стоимость строительства частных домов в разных технологиях, 2020–2023 годы // РБК – URL: *https://realty.rbc.ru/news/657f6e679a79473cd54b36dd* (дата обращения: 29.03.2026).

4. Земельные участки подорожали за год на четверть // Циан – URL: *https://nn.cian.ru/stati-zemelnye-uchastki-podorozhali-za-god-na-chetvert-336033/* (дата обращения: 29.03.2026).

5. Нартова-Бочавер, С. К. Дом как жизненная среда человека: опыт психологического исследования : монография / С.К. Нартова-Бочавер, А.А. Бочавер, Н.С. Дмитриева, С.И. Резниченко – Москва : Памятники исторической мысли, 2016. – 219 с.

6. «Среда обитания человека изменилась»: российские учёные – о видеоэкологии и её практическом применении // RT на русском. – 2023. – 12 августа. – URL: *https://russian.rt.com/science/article/1176404-videoekologiya-intervyu-vizualnaya-sreda*

7. Петровская, Е. И. Осмысление городской среды как объекта проектирования с учетом психофизиологии ее восприятия. Часть 2 / Е. И. Петровская // Доступная среда. – 2021. – № 4. – С. 63-69. URL: *https://ds-rubikon.ru/2025/11/20/осмысление-городской-среды-как-объек/*

8. Тучина, О. Р. Исследование ценностных оснований идентичности с местом проживания: субъектный подход / О. Р. Тучина, И. А. Аполлонов // Российский психологический журнал. – 2024. – Т. 21, № 3. – С. 92-111. – DOI 10.21702/rpj.2024.3.6. – EDN ZWVUZX.

9. Мишукова, Н. С. Анализ тенденций на рынке жилой недвижимости в России / Н. С. Мишукова // II Всероссийская конференция Нижегородского фестиваля науки с международным участием : Сборник тезисов докладов, Нижний Новгород, 22–24 октября 2025 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 592-593. – EDN WTONKU.

УДК 69.002.5

Анализ существующего рынка для прокладки трубопроводов методом горизонтально-направленного бурения

*Перьков И.Е. *, студент; Бараненко Д.Ю., студент*

* Ответственный за переписку: Perk2517@yandex.ru
Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова, Белгород

Аннотация. Горизонтальное направленное бурение (ГНБ) является бестраншейной технологией прокладки подземных коммуникаций, основанной на управляемом бурении с последующей протяжкой трубопровода. Этот метод используется для прокладки трубопровода в сложных условиях городской среды, когда требуется учитывать расположение существующих коммуникаций (водопроводов, канализаций, электрических и телекоммуникационных кабелей) и важно минимизировать объём земляных работ, чтобы сократить уровень шума, вибрации и воздействия на окружающую среду. В данной работе мы рассмотрим состав парка техники, оценим его техническое состояние в разные периоды времени и проанализируем существующий рынок, определив его тенденции и перспективы, а также ответим на вопрос о наличии техники, которая позволит обеспечить точность прокладки трубопровода в сложных условиях с учётом сложившейся экономической ситуации в стране. В статье проведён комплексный анализ современного рынка горизонтально-направленного бурения (ГНБ) и рассмотрены ключевые факторы роста отрасли, которые подразумевают под собой увеличение инвестиций в инфраструктуру, ужесточение экологических требований и развитие урбанизированных территорий.

Ключевые слова: анализ, горизонтальное направленное бурение, эксплуатация техники ГНБ, ведущие мировые производители, заказчики работ.

Исследование производства работ российского рынка горизонтально-направленного бурения (ГНБ) в 2025 году показало, что для немалого количества предприятий участвовавших в исследовании, работы по эксплуатации ГНБ-техники составляли более половины их общего объема строительно-монтажных работ (СМР), а для 18% из них – весь годовой объем СМР [1]. Каждая фирма из области связи, ЖКХ, нефтегазовой отрасли промышленного строительства, электроэнергетики использует от 1 до 7 установок. В среднем каждая компания использует 3 ГНБ комплекса. Результаты представлены на рис. 1.

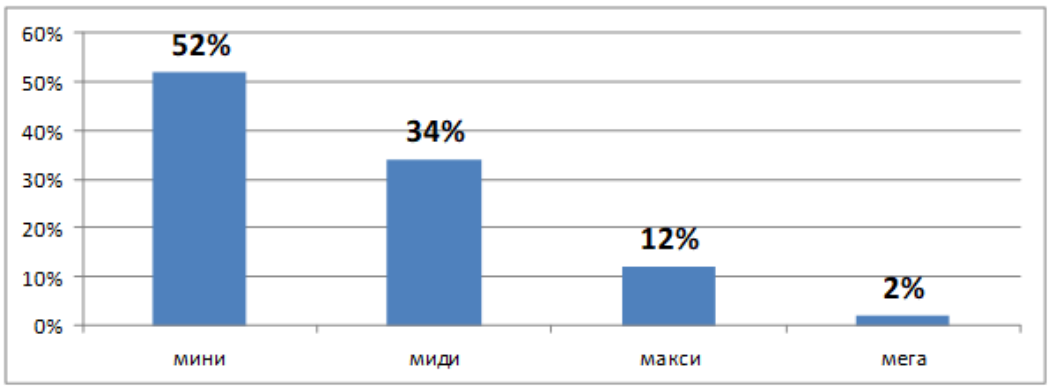


Рисунок 1 – Распределение эксплуатируемых участниками исследования буровых комплексов по действующему значению усилия прямой/обратной тяги [1]

Рынок производства работ выполняемых с помощью компактных установок (наиболее востребованных на рынке) после 2022 года уменьшился на 6%. Около 27% от суммарной протяжённости трубопроводов проложено именно этими комплексами [2].

Широкая применимость установок среднего класса строительными компаниями в области электроэнергетики, водоснабжения и водоотведения обусловлена улучшенными характеристиками данного класса машин, что значительно улучшает возможность работы в сложных условиях и позволяет воплощать более амбициозные и затратные проекты. В условиях нехватки кадров важным преимуществом данных комплексов является лёгкость её освоения персоналом.

Парк европейских комплексов ГНБ классов «макси» и «мега» постепенно сокращается ввиду отсутствия импорта последние 5 лет и поэтапного списания устаревшей техники. Их заменили китайские аналоги, что позволило «макси» и «мега» занять более 14% от всей техники ГНБ. В последние годы на данный вид машин растёт спрос не только в сфере добычи нефти и газа, но и в смежных отраслях строительства коммуникаций, что позволяет подрядчикам поддерживать стабильную загрузку комплексов в долгосрочной перспективе. Результаты представлены на рис. 2.

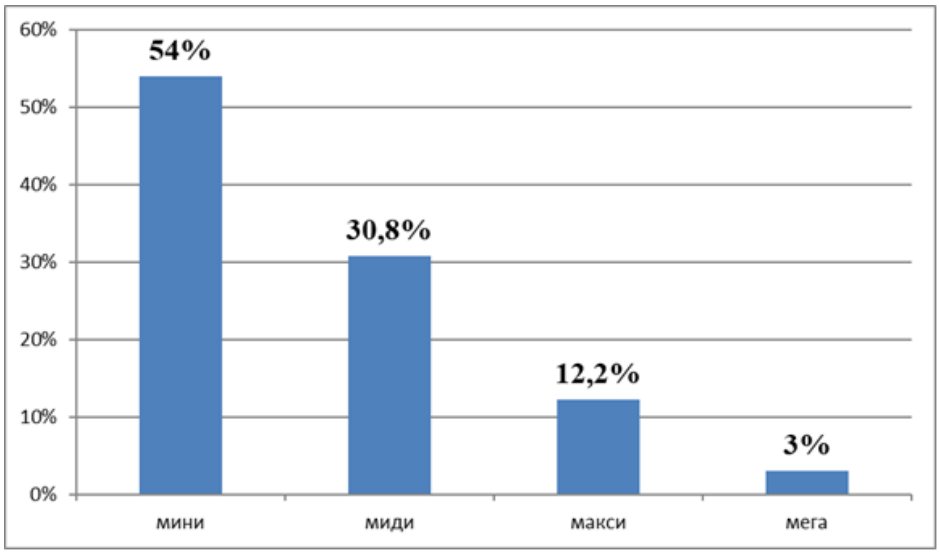


Рисунок 2 – Структура парка эксплуатируемых в 2024 году комплексов ГНБ на рынке бестраншейного строительства по технологии ГНБ [2]

Сравнивая сегментацию по параметру усилие прямой/обратной тяги российского парка комплексов ГНБ с американским – одним из ведущих мировых рынков в области ГНБ, можно сделать вывод, что по этому параметру структура двух рынков фактически идентична. Результаты представлены на рис. 3.

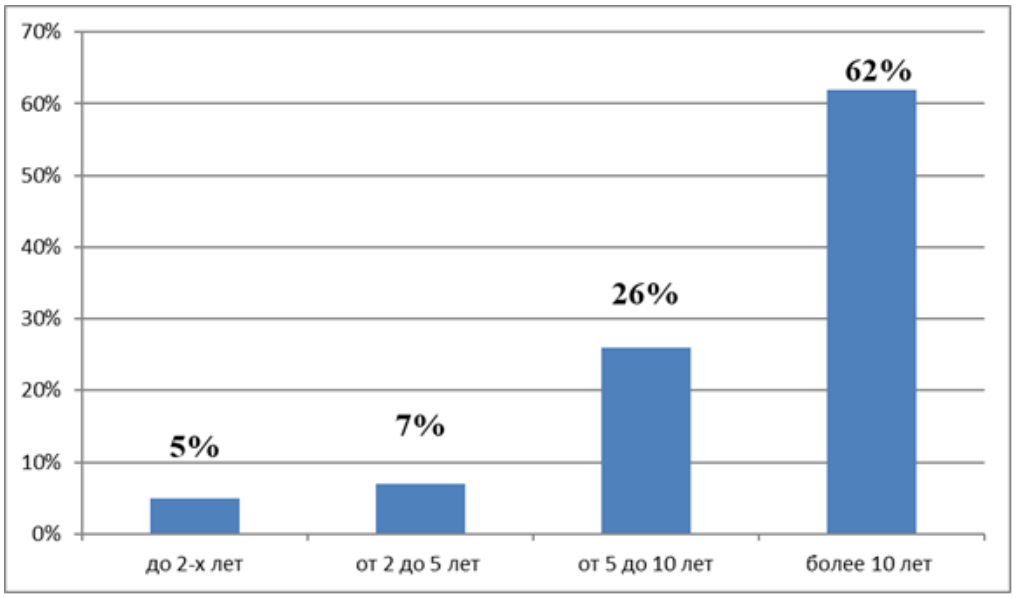


Рисунок 3 – Сегментация по году выпуска установок ГНБ [3]

На рис. 4 представлена структура российского парка комплексов ГНБ, которая показывает резкое снижение импорта техники ГНБ в период 2015–2022 годов, что негативно отражается на обновлении парка техники [3].

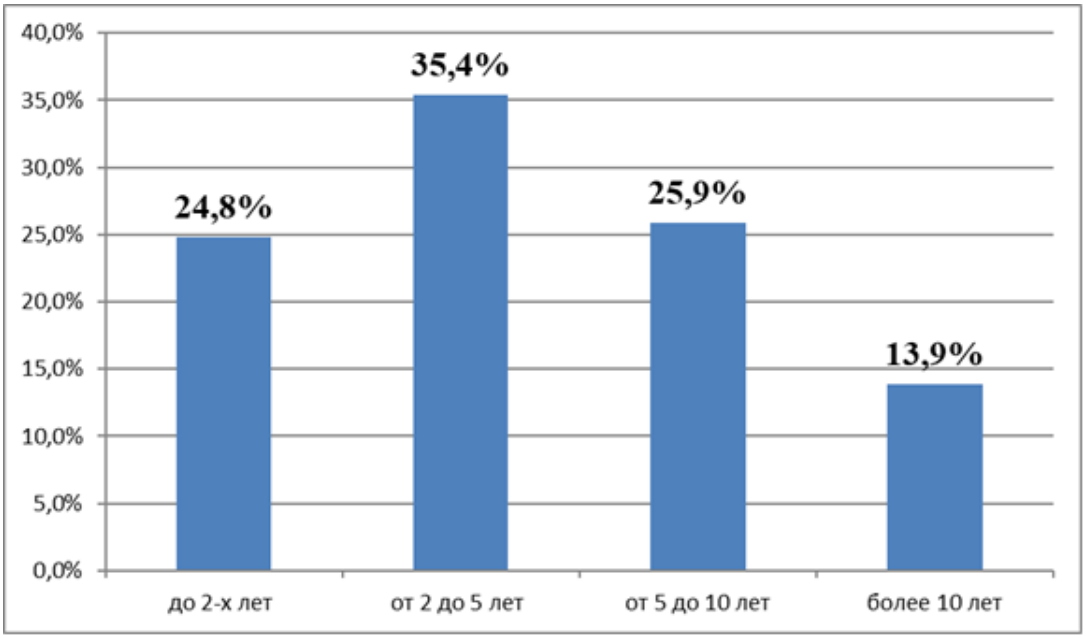


Рисунок 4 – Возрастная структура парка комплекса ГНБ [4]

Если сравнивать парки техники США и России, то можно увидеть существенную разницу в возрастном составе парка техники. Установки в возрасте до 5 лет составляют всего

12% рынка техники, тогда как в США 60,2% техники моложе 5 лет. Парк устаревшей техники старше 10 лет в России составляет 62% от общего числа, а в США – всего 13,9% [4].

Анализ производителей оборудования ГНБ показывает, что российский рынок в большей степени направлен на американских производителей, занимающих 68% доли. Китайские компании представлены 22%, немецкие – 6%, а прочие – 4%. Но в последние годы тенденции импорта сместились в сторону китайских производителей – около 65% новой техники поступает из КНР. 35% импорта приходится на бывшую в экспулатацию технику американского производства.

В США доминирует Vermeer – 39%, за которым следуют Ditch Witch и Universal HDD – более 10% каждая. Среди китайских брендов заметны Goodeng, XCMG и DDW [5].

Важно отметить, что эксплуатация большого количества техники ГНБ старше 10 лет не позволяет эффективно решать производственные задачи предприятий – подрядчиков ГНБ, повышать производительность труда, осуществлять работы в плановые сроки и является источником многих аварийных ситуаций, неисполнения проектных решений, экологических и других нарушений. Задача обновления парка эксплуатируемых комплексов ГНБ требует оперативного и качественного ее решения для динамичного развития нашей подотрасли строительного комплекса уже сегодня, не говоря об обозримой перспективе.

Список использованных источников

1. Демиденко, А. И. Особенности метода горизонтального направленного бурения установками ГНБ / А. И. Демиденко, А. Б. Летопольский, Ю. А. Ушацкая // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: Сборник материалов II Национальной научно-практической конференции, Омск, 18–19 апреля 2019 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2019. – С. 10-13. *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38256785*

2. Карпушко, Е. Н. Проблемы развития подземного строительства в России / Е. Н. Карпушко, Е. А. Комоликова // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России : Материалы VI Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых , Волгоград, 15–17 мая 2012 года / ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет». – Волгоград: Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. – С. 141-145. *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21116595*

3. Международная ассоциация специалистов горизонтального направленного бурения // «Аналитика: современный рынок ГНБ по материалам 18-го ежегодного исследования МАСГНБ». – 2021. – URL: *https://www.calameo.com/read/006767733d72f65e5b170* (дата обращения: 16.03.2026). – Текст : электронный.

4. Шишков, Д. И. Оптимизация прокладки кабельных линий: взгляд на современные методы и технологии / Д. И. Шишков, Р. Р. Гибадуллин // Проблемы и перспективы развития электроэнергетикии электротехники : Материалы VI Всероссийской научно-практической (с международным участием) конференции. В 2-х томах, Казанский государственный энергетический университет, 07–08 ноября 2024 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 369-372. *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75152870*

5. Фадеев, П. А. Анализ технологических решений по устройству инженерных сетей бестраншейным методом при строительстве многоквартирных жилых зданий / П. А. Фадеев, Ч. О. о. Бахтинова // Перспективы современного строительства : Сборник статей участников II Национальной (всероссийской) научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 04–06 марта 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 174-195. *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=80305958*

УДК 347.214.2:004.9

Влияние цифровых платформ на качество сервиса в сделках с недвижимостью

*Петрова О.А. *, студент; Попова А.А., студент; Тогузова А.С., студент*

* Ответственный за переписку: olchick.p2007@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В современных условиях стремительного развития цифровых технологий рынок недвижимости переживает фундаментальные изменения. Традиционно консервативная сфера, характеризующаяся высокими рисками и длительным циклом сделки, активно интегрирует инновационные решения. Появление и массовое распространение цифровых платформ, онлайн-сервисов поиска, инструментов удаленной регистрации и экосистемных решений банков кардинально меняют логику взаимодействия между покупателями, продавцами и посредниками. Появляется проблема – противоречие между ростом технологических возможностей платформ и сохранением доверия клиента в высокорисковой сделке. В ходе исследования сравниваются традиционный и цифровой пути клиента. Установлено, что автоматизация эффективна при поиске и оформлении документов, но живое участие эксперта незаменимо при переговорах. На основе выявленного операционно-эмоционального компромисса предложена модель гибридного сервиса. Она объединяет технологическую эффективность платформ с человеческой эмпатией, позволяя бизнесу сохранять доверие.

Ключевые слова: рынок недвижимости, цифровые технологии, сделка, цифровые платформы, доверие клиентов, исследование, гибридная модель, риелтор.

Современный рынок недвижимости в России переживает фундаментальные изменения под воздействием цифровых технологий. Традиционно консервативная сфера, характеризующаяся высокими рисками и длительным циклом сделки, активно интегрирует PropTech-решения: агрегаторы объявлений, экосистемные платформы банков (например, «ДомКлик»), сервисы электронной регистрации и онлайн-документооборота. Однако рост технологических возможностей вступает в противоречие с сохранением доверия и эмоционального комфорта клиента. Возникает вопрос: как цифровые платформы трансформируют качество сервиса и клиентский опыт в высокорисковой сделке с недвижимостью?

Сделка с недвижимостью – это не просто передача права собственности, а «жизненный кризис», сопровождаемый тревогой, страхом потери средств и неопределённостью. Клиент ожидает от рынка недвижимости того же уровня скорости и прозрачности, к которому он привык в электронной коммерции, но при этом нуждается в чувстве защищённости. Следует отметить, что формирование клиентских ожиданий на рынке недвижимости сегодня происходит под влиянием совершенно других отраслей. Покупатель, привыкший к мгновенному оформлению заказа в маркетплейсах, отслеживанию посылки в реальном времени и автоматическим возвратам средств, переносит эти стандарты на сделку с недвижимостью. Однако специфика последней делает полное копирование электронных моделей невозможным. Именно здесь цифровые платформы создают двойственный эффект:

они повышают операционную эффективность, но могут снижать персонализацию и доверие [1, 2].

Ключевым ограничением для полной цифровизации сделок с недвижимостью выступает не столько уровень технологий, сколько цифровая зрелость самих участников рынка. Покупатели старшей возрастной группы (55+) по-прежнему демонстрируют устойчивое предпочтение офлайн-формату, связывая его с большей юридической безопасностью. Одновременно с этим растёт сегмент клиентов (25–35 лет), для которых отсутствие цифрового следа сделки или невозможность удалённой идентификации становятся причиной отказа от сотрудничества с посредником. Так, риелторская компания сталкивается не с одной целевой аудиторией, а как минимум с тремя поведенческими моделями, каждая из которых требует разной степени цифровизации сервиса [3].

Проведённое исследование через платформу Google Forms показало наличие «операционно-эмоционального компромисса» представлено на рис. 1. Респонденты (возраст от 18 до 50 лет) оценивали ключевые параметры сделки по 5-ти баллльной шкале. Анкета включала вопросы о различных моделях заключения сделок. Анализ показал, что полностью цифровая модель сделки (онлайн-поиск, электронная регистрация, удалённое одобрение ипотеки) радикально повышает скорость и прозрачность – время сделки сокращается с нескольких недель до 3–7 дней, а информационная асимметрия снижается. Однако воспринимаемый уровень эмпатии, заботы и персонализации в такой модели падает. Клиенты жалуются на отсутствие поддержки в нестандартных ситуациях, технические сбои платформ и страх перед «цифровыми следами». В результате лояльность цифровой модели оказывается низкой.

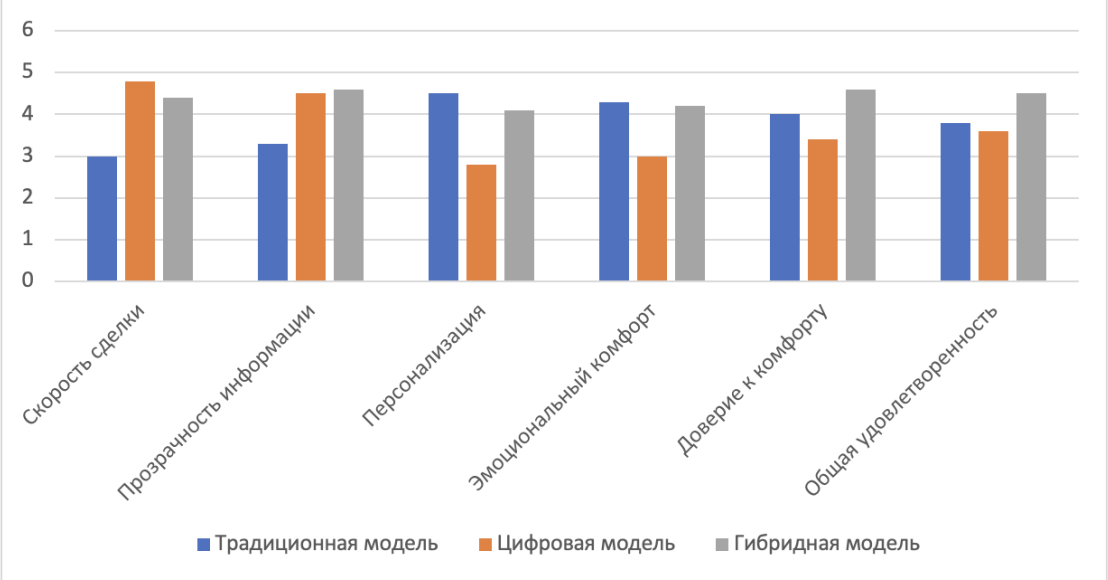


Рисунок 1 – Исследование по качеству разных моделей заключения сделки.
(Источник: Составлено автором)

Традиционная (офлайн) модель, напротив, обеспечивает высокий уровень доверия и эмоциональной вовлечённости благодаря личному контакту с риелтором, но проигрывает по скорости, ограниченности выборки объектов и бюрократичности процессов.

Наилучшие результаты демонстрирует гибридная модель, где цифровые инструменты берут на себя рутинные операции (поиск, фильтрацию, документооборот, безопасные расчёты), а живой эксперт фокусируется на задачах, требующих эмоционального интеллекта: переговорах, снижении тревожности, решении нестандартных ситуаций и выстраивании доверия. В гибридной модели клиент получает высокую скорость и прозрачность, не теряя

ощущения заботы и поддержки. По данным исследования, именно эта модель демонстрирует сбалансированно высокие оценки по всем параметрам качества сервиса и максимальную лояльность [4].

Оптимальная гибридная модель, зафиксированная в опросе, предполагает, что первичный поиск, фильтрация объектов и предварительный документооборот идут через платформу, а переговоры, осмотр объекта и финальное согласование – с живым экспертом. Именно такая конфигурация, согласно данным рисунка 1, даёт сбалансированные оценки (все параметры выше 4,0) и максимальную готовность рекомендовать сервис другим.

Таким образом, цифровизация рынка недвижимости не отменяет человеческий фактор, а меняет его роль. Риелтор будущего – не «продавец квартир», а «проводник», который использует платформы для повышения эффективности, но создаёт ценность через эмпатию, активное слушание и эмоциональную поддержку. Практическая значимость работы заключается в возможности применения гибридной модели для повышения конкурентоспособности риелторских компаний за счёт баланса между технологичностью и человечностью сервиса [5].

Список использованных источников

1. Цифровые платформы в сделках с недвижимостью // РБК. – 2023. – URL: *https://www.rbc.ru/industries/news/65f949fe9a79477c684bffbc?ysclid=mnoyoaa6dl787157544*
2. Дэниель Г. Эмоциональный интеллект. – Москва, 1995. – 320 с.
3. Особенности электронных сделок // Контур.Реестро. – 2024. – URL: *https://kontur.ru/reestro/blog/51239-rieltory_ne_lyubyat_provodit_elektronnye_sdelki?ysclid=mnozci5dwm383790424*
4. Рынок жилищного строительства в России: итоги 2022 года // РА Эксперт. – 2022. – URL: *https://raexpert.ru/researches/development/housing_industry_2022/*
5. Цифровые технологии для сделок с недвижимостью // Роскачество. – URL: *https://rskrf.ru/tips/eksperty-obyasnyayut/tsifrovye-tekhnologii-dlya-sdelok-s-nedvizhimostyu/*

УДК 69.058

Совершенствование системы строительного контроля при возведении берегоукрепительных сооружений из габионных конструкций с учетом опыта атомной отрасли

Разуваева А.А., студент*

* Ответственный за переписку: razuaevaal@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы обеспечения качества и контроля при строительстве берегоукрепительных сооружений из габионных конструкций. Выполнен анализ нормативно-технической базы, регламентирующей строительный контроль на гидротехнических объектах. Представлена классификация типовых дефектов и нарушений, возникающих при возведении габионных берегоукреплений. С учетом опыта организации строительного контроля на объектах использования атомной энергии, включая требования к программам обеспечения качества и управлению несоответствиями, предложены методические рекомендации по совершенствованию контрольных операций.

Ключевые слова: берегоукрепительные сооружения, габионные конструкции, строительный контроль, качество строительства, дефекты, атомная энергетика, программы обеспечения качества строительных конструкций.

Введение

Обеспечение безопасности и долговечности гидротехнических сооружений является приоритетной задачей в области инженерной защиты территорий, а также охраны окружающей среды. В современной практике строительства гидротехнических сооружений широкое распространение получают габионные конструкции – объемные изделия из металлической сетки двойного кручения, заполняемые каменным материалом различной фракции, выполняющие функции подпорных стен и берегоукреплений. Популярность габионов обусловлена их дренирующей способностью, высокой прочностью и деформативной стойкостью [1].

Анализ правоприменительной практики свидетельствует о высокой дефектности берегоукрепительных сооружений. Ключевой причиной является низкое качество производства работ, и как следствие, неэффективный строительный контроль, а также долгие сроки эксплуатации сооружений без проведения ремонтных работ. Ошибки при устройстве габионов приводят к разрушению сооружений в первые годы эксплуатации [2].

Особый интерес представляет опыт организации строительного контроля на объектах использования атомной энергии, где требования к качеству являются наиболее жесткими. В системе Госкорпорации «Росатом» функционирует специализированная организация – ОЦКС (Отраслевой центр капитального строительства), выполняющая строительный контроль в сфере капитального строительства [3]. Цель исследования – разработка рекомендаций по совершенствованию строительного контроля габионных берегоукреплений с учетом опыта атомной отрасли.

Нормативно-правовые основы и специфика строительного контроля.

Обязательность выполнения строительного контроля закреплена на законодательном уровне Федеральным законодательством:

– «Градостроительный кодекс Российской Федерации» – № 190-ФЗ (Статья 53, 54);

– «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» – № 384-ФЗ (Статья 34, 36);

– «О безопасности гидротехнических объектах» – № 117-ФЗ;

Более детально требования в части строительного контроля раскрываются следующими нормативными документами:

– СП 48.13330.2019 «Организация строительства» [4], закрепляющий обязанности по выполнению строительного контроля при организации строительной деятельности;

– СП 543.1325800.2024 «Строительный контроль при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства» [7], детально раскрывающий требования к организации и проведению строительного контроля для объектов капитального строительства;

– СП 58.13330.2019 «Гидротехнические сооружения» [5] учитывает специфику гидротехнического строительства;

– ГОСТ Р 52132-2003 «Изделия из сетки для габионных конструкций. Технические условия», регламентирующий, требования к изделиям из сетки для габионных конструкций [6].

В атомной энергетике требования к контролю строительных конструкций несколько жестче, что обусловлено повышенной ответственностью строящихся объектов. Основополагающим документом является НП-090-11 «Требования к программам обеспечения качества для объектов использования атомной энергии», устанавливающий обязательность разработки программ обеспечения качества (ПОК) на всех этапах жизненного цикла объектов. Отраслевая система надзора за безопасностью гидротехнических сооружений АЭС регламентируется РД ЭО 0461-03, устанавливающим комплекс мероприятий по контролю за состоянием сооружений.

Анализ положений СП 543 [7] выявляет существенный пробел в части регламентации строительного контроля при возведении берегоукрепительных сооружений из габионных конструкций.

Анализ нормативной базы гидротехнического строительства показывает, что существующие документы недостаточно детализированы применительно к специфике габионных конструкций. В атомной отрасли действует разветвленная система документов, детально регламентирующих контроль качества.

Опыт организации строительного контроля на объектах атомной энергетики

Важным элементом системы контроля в атомной отрасли является управление несоответствиями. В соответствии с отраслевыми документами установлен порядок своевременного выявления несоответствий, требования к управлению ими и контроль за устранением при изготовлении продукции, входном контроле и выполнении строительно-монтажных работ.

Практика проведения централизованных обследований гидротехнических сооружений атомных станций один раз в пять лет позволяет подтверждать проектный уровень безопасности. В состав комиссий включаются представители эксплуатирующей организации, проектных институтов, специализированных организаций и представителей Ростехнадзора. При обследовании изучается состояние подпорных дамб, водозаборных сооружений, креплений и состояния контрольно-измерительной аппаратуры.

Важную роль играет профессиональная подготовка специалистов. В атомной отрасли реализуются программы внутреннего обучения, направленные на повышение культуры безопасности и углубление знаний технологий среди сотрудников, отвечающих за критически важные направления в вопросах безопасной эксплуатации объектов атомной промышленности.

Анализ причин возникновения дефектов габионных сооружений

На основе анализа данных Ростехнадзора и материалов строительных организаций установлено, что нарушения строительного контроля при возведении габионных берегоукреплений возникают на каждом этапе контроля:

– на этапе входного контроля наиболее часто встречаются следующие выявленные нарушения: использование камня прочностью ниже проектной марки, применение сетки с толщиной цинкового покрытия менее требуемой, использование геотекстиля с пониженными характеристиками, отсутствие сертификатов, подтверждающие качество и происхождение строительных материалов;

– на этапе операционного контроля встречаются отклонения при подготовке оснований сооружений (некачественное уплотнение, повреждение геотекстиля), при монтаже габионов (отсутствие диафрагм жесткости, соединение коробов неоцинкованной проволокой), при заполнении камнем (повышенная пустотность) и т.п.;

– на этапе приемочного контроля типичны формальное освидетельствование скрытых работ и неполнота документации.

Наиболее критичными являются нарушения на стыке этапов – подготовка основания, укладка геотекстиля и монтаж нижнего яруса габионов, что непосредственно оказывает влияние на прочность, надёжность и долговечность возведенных сооружений.

Опыт атомной отрасли демонстрирует эффективные подходы к решению подобных проблем. Прежде всего, это разработка и внедрение программ обеспечения качества для каждого объекта строительства, содержащих описание организационной структуры, распределение ответственности, порядок контроля и управления несоответствиями. Другим важным элементом является организация входного контроля продукции с обязательными процедурами проверки документации, визуального и измерительного контроля, включая комплекс лабораторных испытаний.

Разработка методических рекомендаций по совершенствованию строительного контроля

На основе проведенного анализа предлагается комплекс методических рекомендаций, разделенных на 4 группы:

Первая группа касается совершенствования входного контроля. Предлагается в дополнение к проверке документации проводить инструментальный контроль толщины цинкового покрытия габионной сетки не менее чем в пяти точках на каждую партию. Для геотекстиля выполнять лабораторные испытания на прочность при растяжении с определением коэффициента фильтрации. Каменные материалы испытывать на морозостойкость и прочность с отбором проб из каждой партии.

Вторая группа направлена на совершенствование операционного контроля с применением специализированных чек-листов для каждой операции. Для контроля подготовки основания чек-лист включает проверку отметок, уплотнения грунта, укладки геотекстиля с контролем нахлеста полотен. Для контроля монтажа габионов – проверку сборки, наличие диафрагм, качество соединений, вертикальность установки. Для контроля заполнения камнем – фракционный состав, плотность заполнения, качество лицевой кладки.

Третья группа касается приемочного контроля. Предлагается выполнять геодезическую съемку после завершения монтажа каждого яруса и после прохождения первого паводка. При освидетельствовании скрытых работ применять детализированные формы актов с указанием контрольных параметров и фактических значений контролируемых параметров.

Четвертая группа направлена на совершенствование компетенций специалистов. Предлагается включить в программы повышения квалификации разделы, посвященные технологии габионных работ, методам контроля качества геосинтетических материалов и особенностям приемки сооружений в сложных гидрологических условиях.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

– существующая нормативно-правовая база в части строительного контроля гидротехнических сооружений недостаточно детализирована применительно к специфике габионных конструкций;

– анализ причин возникновения дефектов и повреждений показывает, что наиболее критичными являются нарушения на этапах подготовки основания, монтажа нижнего яруса габионов и укладки геотекстиля;

– опыт организации строительного контроля на объектах атомной энергетики демонстрирует эффективные подходы к решению проблем качества, включая разработку программ обеспечения качества, систематическое управление несоответствиями и профессиональную подготовку специалистов;

– разработанный комплекс методических рекомендаций позволяет повысить эффективность строительного контроля и обеспечить надежность берегоукрепительных сооружений из габионных конструкций.

Список использованных источников

1. Иванов, И. А. Технологии применения габионов в современном строительстве : учебно-практическое пособие / И. А. Иванов. – 2-е изд, перераб. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 196 с. – ISBN 978-5-9729-1357-2. – URL: *https://znanium.ru/catalog/product/2100433* – Текст : электронный.

2. Комаров, А. К. Теория и практика устройства защитных сооружений с использованием габионов / А. К. Комаров, И. А. Иванов, Б. Лундэнбазар // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2019. – Т. 9, № 1(28). – С. 78-89. – EDN TJBEVZ.

3. ОЦКС Госкорпорации «Росатом» – функциональный центр по контролю, регулированию и совершенствованию процессов управления и реализации инвестиционно-строительных проектов атомной отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: *https://notech.pro/members/ocks-rosatoma/* (дата обращения: 15.03.2026).

4. СП 48.13330.2019 «Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004» : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 декабря 2019 г. № 861/пр : дата введения 25 июня 2020 г. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/564542209?ysclid=mq0ufs8utv52498745* (дата обращения: 15.03.2026). – Текст : электронный.

5. СП 58.13330.2019 «Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003» : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2019 г. № 811/пр : дата введения 17 июня 2020 г. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/564542210?ysclid=mq0ukgsd5k787747649* (дата обращения: 15.03.2026). – Текст : электронный.

6. ГОСТ Р 52132-2003 «Изделия из сетки для габионных конструкций. Технические условия» : утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 4 ноября 2003 г. № 310-ст : дата введения 1 апреля 2004 г. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/1200034279?ysclid=mq0ur5wso0105676972* (дата обращения: 15.03.2026). – Текст : электронный.

7. СП 543.1325800.2024 «Строительный контроль при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства» : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 декабря 2024 г. № 950/пр : дата введения 28 января 2025 г. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/1311179831?marker=64S0IJ* – Текст : электронный.

8. Федеральный закон от 21.07.1997 N 117-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «Федеральный закон о безопасности гидротехнических сооружений» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024) – URL: *https://docs.cntd.ru/document/9046062?ysclid=mq0ux7s75j958670622* (дата обращения: 15.03.2026). – Текст : электронный.

9. «Градостроительный кодекс российской федерации» от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 30.01.2026) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2026) – URL: *https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/?ysclid=mq0v12igq4644897702* (дата обращения: 15.03.2026). – Текст : электронный.

10. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (ред. от 25.12.2023). – URL: *https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/* (дата обращения: 15.03.2026). – Текст : электронный.

УДК 621.798.1

Разработка элементов системы контроля качества на этапах производства стеклянных ограждений (заказ–замер–раскрой–закалка–сборка–монтаж)

*Расулов Ш.Ш. *, студент*

* Ответственный за переписку: shaxzod.rasulov@mail.ru
Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет, Санкт Петербург

Аннотация. В статье проведён системный анализ технологической цепочки производства стеклянных ограждений и разработаны элементы системы контроля качества, обеспечивающие полную прослеживаемость конструкции от этапа формирования заказа до выполнения монтажных работ с учётом передовых технологий компании GLADIS. Предложенная система формализованных процедур контроля адаптирована к требованиям ГОСТ 30698-2014 «Стекло закалённое. Технические условия» и демонстрирует снижение уровня брака на 25-30% при чистой приведённой стоимости проекта 152 млн рублей за трёхлетний период эксплуатации при начальных инвестициях 5,2 млн рублей.

Ключевые слова: система контроля качества, стеклянные ограждения, закалённое стекло, GLADIS, ГОСТ 30698-2014, производственный контроль, технологическая цепочка.

Введение

Современное строительство активно использует светопрозрачные конструкции, среди которых стеклянные ограждения занимают особое место благодаря уникальному сочетанию эстетических, конструктивных и функциональных характеристик. Рынок стеклоконструкций в России демонстрирует устойчивый рост и превышает 55 млрд рублей ежегодно, при этом стеклянные ограждения составляют около 28% от общего объёма производства таких изделий. Широкое распространение стеклянных ограждений в общественных зданиях, торговых центрах, офисных комплексах и жилых домах премиум-класса предопределяет повышенные требования к безопасности, долговечности и эксплуатационным характеристикам подобных конструкций.

Однако текущий уровень дефектности стеклянных ограждений составляет 12-18% от общего объёма производства, что обусловлено отсутствием комплексной системы контроля качества, охватывающей все этапы технологической цепочки от формирования технического задания заказчика до выполнения монтажных работ на объекте. Действующие нормативные документы, включая ГОСТ 30698-2014, чётко регламентируют физико-механические характеристики закалённого стекла, такие как механическая прочность на изгиб не менее 90 МПа, характер разрушения в виде множественных осколков площадью 10-40 мм² с тупыми гранями, допустимые поверхностные напряжения ±60 МПа и отклонение от плоскостности не более 0,5 мм на 300 мм длины, однако не содержат детальных организационно-технологических процедур контроля, необходимых для среднего производства [1-3].

В этих условиях особую ценность представляет производственный опыт группы компаний GLADIS (Санкт-Петербург), которая успешно реализует интегрированный подход к

изготовлению стеклянных конструкций, включая собственное металлообработочное производство, оснащённое оборудованием для лазерной резки, гибки металла и порошковой покраски, стратегические партнёрства с закалочными цехами и наличие собственных высококвалифицированных монтажных бригад. Именно системный подход GLADIS к организации производственных процессов послужил методологической и практической основой для разработки предлагаемых элементов системы контроля качества стеклянных ограждений [4, 5].

Целью данного исследования является разработка и формализация элементов системы контроля качества для полной технологической цепочки производства стеклянных ограждений «заказ–замер–раскрой–закалка–сборка–монтаж». Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: проведён анализ нормативно-правовой базы и отраслевых стандартов, изучена производственная практика компании GLADIS, разработаны конкретные процедуры контроля для каждого этапа технологического цикла, выполнено экономическое обоснование целесообразности внедрения предложенной системы [6, 7].

Система менеджмента качества в стекольной отрасли строится на принципах международного стандарта ИСО 9001:2015 с учётом специфики отечественных нормативов и отраслевых требований. Контролёр стекольного производства осуществляет 28 видов проверок, включая визуальный осмотр, измерение геометрических параметров, определение физико-механических свойств и испытания на разрушение, однако современные условия требуют более комплексного подхода, обеспечивающего полную прослеживаемость изделия на всех этапах. Компания GLADIS расширяет стандартный перечень контролем качества исходного стекла до закалки, проверкой технологических режимов закалочных печей и проведением статических испытаний собранных конструкций, что обеспечивает значительно более высокий уровень качества готовой продукции [4, 6].

Первый этап системы контроля качества – формирование и утверждение технического задания на этапе заказа – включает многоступенчатую проверку полноты и корректности исходных данных. На этом этапе проводится анализ архитектурно-строительных чертежей (разделы АС и КМ), расчётных нагрузок (ветровые, снеговые, антропогенные), спецификаций по типу стекла (float толщиной 6-12 мм, триплекс, бронированное стекло), выбору несущего металлического профиля и комплектации фурнитурой. В GLADIS применяется трёхступенчатая процедура согласования: первичная проверка менеджером по продажам, технологическое согласование инженером-конструктором с использованием специализированного программного обеспечения и финальное утверждение главным технологом с формированием индивидуальной карты контроля качества конкретного изделия. Такая процедура позволяет снизить количество ошибок, возникающих из-за несогласованности требований заказчика и проектных решений, на 25% [8].

Второй ключевой этап – выездной замер на объекте заказчика – является определяющим для точности последующего производства. Замерщик фиксирует не только габаритные размеры проёмов с допуском ±1 мм, но и вертикальность стеновых поверхностей (±2 мм на 1 м высоты), уклоны половых покрытий (±3 мм на 1 м длины), особенности примыканий к несущим конструкциям, наличие инженерных коммуникаций и технологических выступов. Обязательными элементами контроля становятся фотофиксация всех контрольных точек и подписание акта замера представителем заказчика. Компания GLADIS использует современные лазерные дальномеры Leica DISTO и метод 3D-сканирования для сложных архитектурных объектов, что обеспечивает повышение точности измерений на 40% по сравнению с традиционными ручными методами. В течение 24 часов после замера проводится повторная независимая проверка старшим инженером-замерщиком [4].

Третий этап – раскрой стекла и металлоконструкций – требует особого внимания, поскольку обработка закалённого стекла механическим способом невозможна. Раскрой стекла float выполняется строго до закалки согласно требованиям ГОСТ 30698-2014 и включает

входной контроль качества исходного материала на наличие пузырей, царапин, гетерогенности структуры, последующую обработку кромок (шлифовка S1 или полировка SP), сверление посадочных отверстий, контроль геометрических размеров с допуском ±0,5 мм и нанесение идентификационной маркировки на каждую заготовку. Одновременно выполняется раскрой металлопрофиля на лазерных станках с ЧПУ (Trumpf TruLaser), контроль размеров по калибровочным шаблонам и визуальный осмотр качества сварных швов и мест гибки. Результатом этапа раскроя становится комплект заготовок, сопровождаемый паспортом качества с результатами всех проведённых проверок [3, 9].

Четвёртый этап – термическая закалка стекла – является критически важным для обеспечения безопасности конструкции. Процесс закалки проводится в горизонтальных печах при температуре нагрева 600-680°C с последующим обдувом высокоскоростными воздушными потоками под давлением 10-20 кПа. Контролируемые технологические параметры включают точную температуру нагрева, время выдержки в зоне максимальных температур (2-4 минуты), профиль скорости охлаждения и равномерность распределения воздушного потока. Приёмочный контроль закалённых заготовок включает измерение фактических размеров (допуск ±1 мм), контроль плоскостности (0,3 мм на 300 мм длины), проверку оптических искажений и обязательное тестовое разрушение 1% от партии для подтверждения соответствия характеру разрушения ГОСТ 30698-2014. В GLADIS ведётся электронный журнал технологических режимов закалки с привязкой серийных номеров заготовок к конкретным производственным циклам печей [3, 10].

Пятый этап – сборка стеклянных ограждений – контролирует совместимость стеклянных панелей и металлических профилей (допуски посадки ±0,2 мм), правильность установки дистанционных прокладок толщиной 1,5 мм, качество и комплектность фурнитуры европейских и российских производителей (Camar, Carstan), а также точность затяжки болтовых соединений с контролируемым моментом силы 15-25 Нм. Компания GLADIS реализует 100% инспекционный контроль сборочных узлов: каждый ответственный соединение проверяется инженером-контролёром с обязательной фотофиксацией и внесением результатов в электронную карту качества конкретного изделия [4, 11].

Заключительный шестой этап – монтаж стеклянных ограждений на объекте – завершает технологическую цепочку и определяет конечное качество конструкции в эксплуатации. Контроль включает проверку вертикальности и горизонтальности установки (±2 мм на 3 м высоты), правильности формирования компенсационных зазоров (3-5 мм), контроля усилий затяжки анкерных и калибровочных болтов, обеспечения деформационных швов и герметичности примыканий к несущим конструкциям здания. GLADIS проводит обязательную предмонтажную разметку с использованием лазерного нивелира и итоговый визуально-инструментальный осмотр с составлением акта приёмки-передачи, подписываемого представителями подрядчика и заказчика [11].

Для рынка Санкт-Петербурга и Ленинградской области (объём производства стеклянных ограждений 8,2 млрд рублей в год) внедрение разработанной системы контроля качества обеспечивает следующие экономические показатели: снижение доли бракованной продукции с 15% до 4,5% (снижение на 70%), требуемые инвестиции в размере 5,2 млн рублей на обучение персонала, закупку современного контрольно-измерительного оборудования и внедрение специализированного программного обеспечения, годовую экономию от сокращения затрат на переделку и рекламации в размере 52,4 млн рублей, чистую приведённую стоимость проекта при ставке дисконтирования 15% в размере 152,3 млн рублей за трёхлетний период эксплуатации.

Заключение

Разработанная система элементов контроля качества стеклянных ограждений обеспечивает полную прослеживаемость конструкции от этапа формирования заказа до выполнения монтажных работ, гарантирует соответствие всем требованиям ГОСТ 30698-2014 и других отраслевых стандартов, а также обеспечивает снижение уровня дефектности на 25-30%. Производственная практика компании GLADIS полностью подтверждает технологическую реализуемость и экономическую эффективность предложенных решений. Полученные результаты обладают высокой практической ценностью для предприятий стекольной отрасли и обосновывают целесообразность разработки на их основе отраслевого стандарта системы контроля качества стеклянных ограждений.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 7.0.100-2018. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления : национальный стандарт Российской Федерации. – М., 2019. – 72 с. – С. 5–12, 90–110.

2. Ребрин Ю. И. Управление качеством : учеб. пособие / Ю. И. Ребрин. – Таганрог : Изд--во ТРТУ, 2004. – 236 с. – С. 45–52, 89–97, 121–130.

3. ГОСТ 30698-2014. Стекло закаленное. Технические условия. –М.: Стандартинформ, 2015. –25 с.

4. GLADIS – конструкции из стекла и металла. – URL: *https://www.gladisspb.ru/* (дата обращения: 24.03.2026).

5. Презентация Группы компаний Глэдис – Конструкции из стекла и металла // YouTube. 2017. – URL: *https://www.youtube.com/watch?v=SmfcwuN64-8* (дата обращения: 24.03.2026).

6. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих (ЕТКС). Вып. 41. Ч. 2. – М., 2002. – Утв. Постановлением Минтруда РФ от 28.05.2002 № 37. – С. 15–23, 41–48, 65–72.

7. Схемы входного и операционного контроля качества строительно-монтажных работ. Ч. I, вып. 3. Отделочные работы. – М., 2001. –Разработаны Государственным проектно-технологическим трестом «Оргтехстрой-11» Департамента нормативно-правового обеспечения Минатом России (лицензия ФЛЦ № 000721-1). – С., 55–63.

8. От концепции до монтажа: процесс разработки стеклянных конструкций // Glasstroy. 2025. – URL: *https://www.glasstroy.ru/izgotovlenie-i-montazh-steklyannykh-peregorodok/individualnyy-podkhod-kak-my-sozdaem-unikalnye* (дата обращения: 24.03.2026).

9. Технология производства стекла // Masterglas. – URL: *https://masterglas.ru/informacziya/poleznaya-informacziya/2018/texnologiya-proizvodstva-stekla.html* (дата обращения: 24.03.2026).

10. Таблица режимов закалки стекла 3-19 мм // *Inner.su*. 2025. – URL: *https://inner.su/articles/tablitsa-rezhimov-zakalki-stekla-3-19-mm-tekhnicheskie-parametry-ustanovok-2025/* (дата обращения: 24.03.2026).

11. Контроль качества // *NTT.su*. – URL: *https://www.ntt.su/about/quality-control/* (дата обращения: 24.03.2026).

УДК 69.05

Влияние климатических факторов Крайнего Севера на организацию производства строительно-монтажных работ

Скляренко Б.В., студент; Бахтинова Ч.О., канд. тех. наук, доцент*

* Ответственный за переписку: bahtinova.ch.o@gmail.com
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассмотрено влияние климатических факторов Крайнего Севера на организацию производства строительно-монтажных работ. Цель исследования заключается в выявлении и систематизации основных направлений воздействия низких температур, ветровых и снеговых нагрузок, сезонных ограничений, особенностей светового режима и мерзлотных условий на строительный процесс. Статья носит обзорный характер и основана на анализе научных публикаций и нормативных материалов, посвящённых строительству в северных районах. Установлено, что климатические условия Крайнего Севера оказывают существенное влияние на календарное планирование, материально-техническое обеспечение, организацию труда, выбор организационно-технологических решений, а также на обеспечение качества и безопасности работ. Сделан вывод о том, что эффективность строительства в северных районах определяется не только применением специальных технологий, но и качеством предварительной организационной подготовки и адаптацией системы организации строительства к неблагоприятным природно-климатическим условиям.

Ключевые слова: Крайний Север, климат, организация строительства, строительно-монтажные работы, календарное планирование, материально-техническое обеспечение, организация труда, безопасность строительства, северные условия.

Научный руководитель – доцент кафедры организации строительства СПбГАСУ, канд. тех. наук, доцент Бахтинова Чейнеш Очур-ооловна.

Введение

Освоение и развитие территорий Крайнего Севера остаётся важным направлением современного строительства, что связано с необходимостью создания, модернизации и поддержания инфраструктуры в удалённых и труднодоступных районах. Реализация строительных проектов в этих условиях сопровождается воздействием неблагоприятных природно-климатических факторов, существенно отличающих северные территории от регионов с более мягким климатом [1, 2].

Для районов Крайнего Севера характерны низкие температуры наружного воздуха, сильные ветры, снеговые явления, выраженная сезонность и ограниченная продолжительность периода, благоприятного для выполнения работ [1]. Эти условия влияют не только на технологию отдельных процессов, но и на организацию производства строительно-монтажных работ в целом, включая календарное планирование, материально-техническое обеспечение, организацию труда и выбор организационно-технологических решений [3, 4]. Если в умеренных климатических зонах погодные воздействия часто носят

эпизодический характер, то в северных районах они выступают как устойчивый фактор, подлежащий учёту на всех этапах реализации проекта [2, 3].

В научной литературе достаточно широко освещены вопросы влияния погодных условий на строительные процессы, производительность труда и безопасность работ, а также отдельные аспекты строительства в северных регионах [3, 5, 6]. Вместе с тем влияние климатических факторов Крайнего Севера именно на организацию производства строительно-монтажных работ в целом требует дополнительного обобщения, поскольку соответствующие положения нередко рассматриваются фрагментарно [2, 4].

Целью настоящей статьи является выявление и систематизация влияния климатических факторов Крайнего Севера на организацию производства строительно-монтажных работ.

Материалы и методы исследования

Исследование носит обзорный характер и основано на анализе отечественных и зарубежных научных публикаций, а также нормативных материалов, посвящённых влиянию погодных и климатических факторов на строительное производство и особенностям организации строительно-монтажных работ в северных районах [2-7]. В ходе работы использовались методы анализа, сравнения, систематизации и обобщения литературных данных. Это позволило выделить основные климатические факторы Крайнего Севера и сгруппировать их влияние по ключевым направлениям организации строительного производства.

Климатические факторы Крайнего Севера как исходные условия организации строительства

Районы Крайнего Севера характеризуются совокупностью неблагоприятных природно-климатических условий, оказывающих устойчивое воздействие на строительное производство. Если в регионах с умеренным климатом погодные явления чаще выступают как временные осложняющие обстоятельства, то в северных районах они должны учитываться как исходные условия организации строительно-монтажных работ [1, 2].

К основным факторам, определяющим специфику строительства на Крайнем Севере, относятся низкие температуры наружного воздуха, сильные ветры, снегопады и снежные заносы, выраженная сезонность, ограниченная продолжительность благоприятного периода и особенности светового режима [1, 3]. Наиболее универсальное воздействие оказывают низкие температуры, влияющие на соблюдение технологических режимов, работоспособность техники, свойства материалов и условия труда работников [1, 3]. Существенное значение имеют и ветровые, и снеговые воздействия, ограничивающие выполнение отдельных видов работ, осложняющие транспортное сообщение и снижающие ритмичность строительного производства [1, 3].

Отдельное организационное значение имеет сезонность, поскольку в северных районах возрастает роль своевременной подготовки работ, рационального распределения их объёмов по этапам и увязки производственных процессов с сезонными возможностями территории [1, 4]. Дополнительные ограничения создаёт световой режим [1, 4]. Наряду с климатическими факторами существенное влияние на организацию строительства оказывают многолетнемерзлые грунты, определяющие особенности подготовки территории, выполнения земляных работ и выбора организационно-технологических решений [8].

Основные направления адаптации организации строительства к климатическим условиям Крайнего Севера

Проведённый анализ научных публикаций показывает, что адаптация организации строительства к климатическим условиям Крайнего Севера не может сводиться к применению отдельных компенсирующих мер в процессе выполнения работ. В данных условиях она должна рассматриваться как система предварительно принимаемых организационных решений, направленных на снижение зависимости строительного процесса от неблагоприятных природно-климатических воздействий и обеспечение его устойчивости на всех этапах реализации проекта [2-4].

Одним из ключевых направлений такой адаптации является переход к более гибкому и резервно-ориентированному календарному планированию. В условиях ограниченной продолжительности благоприятного периода строительства, высокой вероятности погодных перерывов и сезонной неравномерности выполнения отдельных процессов календарный график должен учитывать не только нормативную последовательность работ, но и климатическую чувствительность отдельных этапов [4]. В связи с этим возрастает значение выделения подготовительного периода, резервирования времени, а также рационального распределения объёмов работ по сезонам с учётом реальных возможностей их выполнения в конкретных природно-климатических условиях.

Не менее важным направлением выступает повышение устойчивости системы материально-технического обеспечения. Для северного строительства принципиальное значение имеет снижение зависимости ритмичности работ от сезонных и погодных ограничений транспортной доступности. Это требует предварительного завоза основных материалов, оборудования и конструкций, формирования страховых запасов, а также более тщательной организации складского хозяйства и временной инфраструктуры [2,7]. Тем самым надёжность снабжения в условиях Крайнего Севера становится не вспомогательным, а одним из определяющих факторов организационной устойчивости строительного производства.

Отдельное направление адаптации связано с изменением подходов к организации труда. В северных условиях задача состоит не только в обеспечении присутствия трудовых ресурсов на объекте, но и в таком построении трудового процесса, при котором снижается влияние неблагоприятных погодных факторов на работоспособность и безопасность персонала [5,1]. Это предполагает применение рациональных режимов труда и отдыха, ограничение продолжительности пребывания работников под открытым небом, использование дополнительных средств защиты, а также более строгую регламентацию производственных процессов. Существенную роль при этом играет вахтовая форма организации работ, позволяющая учитывать удалённость объектов и специфику эксплуатации трудовых ресурсов в сложной природной среде [1,2].

Существенное значение имеет и адаптация организационно-технологической подготовки строительства. В условиях Крайнего Севера она должна быть направлена на снижение уязвимости наиболее чувствительных процессов к текущей погодной обстановке. Практически это выражается в подготовке строительной техники к эксплуатации при низких температурах, устройстве временных укрытий и защищённых рабочих зон, обеспечении временного энергоснабжения, а также в корректировке последовательности выполнения процессов с учётом климатических ограничений [3,5]. Следовательно, адаптация в данном случае заключается не только в изменении технологии как таковой, но и в предварительном создании организационных условий, при которых её применение становится возможным и устойчивым.

Ещё одним важным направлением выступает усиление предупредительного контроля качества и безопасности строительно-монтажных работ. В северных условиях соблюдение технологических режимов осложняется воздействием низких температур, ветра, снеговых

нагрузок и других неблагоприятных факторов, что повышает риск отклонений как по качеству, так и по условиям безопасного выполнения работ [3,6]. Поэтому система организации строительства должна включать не только текущий контроль, но и комплекс профилактических мер, направленных на предупреждение нарушений, снижение производственных рисков и обеспечение надёжности результатов строительства.

Таким образом, адаптация организации строительства к климатическим условиям Крайнего Севера представляет собой не набор разрозненных мероприятий, а взаимосвязанную систему решений, охватывающих календарное планирование, снабжение, организацию труда, организационно-технологическую подготовку, а также обеспечение качества и безопасности. Именно комплексный характер такой адаптации позволяет обеспечить устойчивость строительного производства в неблагоприятной природно-климатической среде и снизить зависимость результатов работ от внешних ограничений [2-4].

Заключение

Проведённый обзор позволяет сделать вывод о том, что климатические факторы Крайнего Севера оказывают влияние не только на условия выполнения отдельных строительно-монтажных процессов, но и на саму логику организации строительного производства. Их воздействие проявляется в календарном планировании, материально-техническом обеспечении, организации труда, выборе организационно-технологических решений, а также в обеспечении качества и безопасности работ [3,4,6].

Наиболее значимыми с организационной точки зрения являются сокращение эффективного периода производства работ, повышение зависимости строительного процесса от устойчивости снабжения и логистики, а также усложнение условий труда персонала. Именно через эти элементы климатические ограничения приобретают системный характер и начинают определять устойчивость реализации проекта в целом [2,4,5,7].

Проведённое обобщение показывает, что в условиях Крайнего Севера эффективность строительства определяется не только применением специальных технических и технологических решений, но и качеством предварительной организационной подготовки. Чем полнее на стадии планирования учтены сезонные ограничения, погодные риски, особенности ресурсного обеспечения и требования к условиям труда, тем выше вероятность устойчивого выполнения строительно-монтажных работ в неблагоприятной природно-климатической среде [2-4].

Следовательно, адаптацию организации строительства к климатическим условиям Крайнего Севера следует рассматривать как одно из ключевых условий надёжной реализации строительных проектов в северных районах.

Список использованных источников

1. СП 131.13330.2025 «Строительная климатология» : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 8 августа 2025 г. № 470/пр : дата введения 9 сентября 2025 г. – 215 с. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/1313808224* – Текст : электронный.

2. Руденко, А. А. Синопсис проблем и перспектив восстановления зданий в районах Крайнего Севера / А. А. Руденко, О. Е. Куренкова // Инновационные методы организации строительного производства : материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 17–18 ноября 2022 года / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 3-12. – EDN IBZQHW.

3. Schuldt, S. J. Weather-Related Construction Delays in a Changing Climate: A Systematic State-of-the-Art Review / S. J. Schuldt, M. R. Nicholson, Y. A. Adams II, J. D. Delorit // Sustainability. – 2021. – Vol. 13. – № 5. – Art. 2861. *https://doi.org/10.3390/su13052861*

4. Хрисанова, И. С. Календарное планирование строительства зданий в районах Крайнего Севера / И. С. Хрисанова // Инновационные методы организации строительного производства : материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 17–18 ноября 2022 года / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 225-231. – EDN CWXHYX.

5. Larsson, R. Effects of weather conditions on concrete work task productivity – a questionnaire survey / R. Larsson, M. Rudberg // Construction Innovation. – 2023. – Vol. 23. – № 2. – P. 306–321. *https://doi.org/10.1108/CI-02-2021-0012*

6. Karthick, S. Analysis of Construction Workers' Health and Safety in Cold Weather Conditions / S. Karthick, S. Kermanshachi, A. Pamidimukkala, M. Namian // Journal of Cold Regions Engineering. – 2024. – Vol. 38. – № 1. – Art. 04023022. *https://doi.org/10.1061/JCRGEI.CRENG-687*

7. Vlasov, V. Methodology of Freight Transport Management in the Arctic Zone of Russia with Account for Natural and Climatic Factors / V. Vlasov, V. Kurganov, V. Bogumil, N. Filippova, Y. Trofimenko, A. Dorofeev // Transportation Research Procedia. – 2021. – Vol. 57. – P. 735–739. *https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.107*

8. СП 25.13330.2020 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2020 г. № 915/пр : дата введения 8 апреля 2021 г. – 110 с. – URL: *https://docs.cntd.ru/document/573659326* – Текст : электронный.

УДК 004.94:658.7:69

Разработка и исследование алгоритмов оптимизации логистики перераспределения строительных остатков

*Титавнин А.С. *, студент*

* Ответственный за переписку: alextitavnin@gmail.com
Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет, Санкт Петербург

Аннотация. В статье рассматривается задача разработки алгоритмов оптимизации логистики перераспределения строительных остатков в условиях роста объемов строительства, повышения требований к ресурсосбережению и перехода к циркулярной модели хозяйствования. Цель исследования состоит в формировании модели логистической сети перераспределения строительных остатков и обосновании алгоритмического подхода к минимизации совокупных затрат на их сбор, транспортировку, сортировку, переработку и повторное вовлечение в хозяйственный оборот. В качестве основного результата предложен гибридный алгоритм, сочетающий генетический поиск и имитацию отжига. Установлено, что такой подход обеспечивает более устойчивое нахождение эффективных решений по сравнению с применением изолированных эвристик, особенно в задачах с большим числом узлов, ограничений по пропускной способности и несколькими типами строительных остатков. Практическая значимость исследования связана с возможностью использования предложенного алгоритма в цифровых платформах перераспределения вторичных строительных ресурсов

Ключевые слова: строительные остатки, обратная логистика, строительные отходы, оптимизация маршрутов, логистическая сеть, генетический алгоритм, имитация отжига, вторичные ресурсы.

Рациональное обращение со строительными остатками становится одной из ключевых задач современной строительной отрасли. Рост объема строительных и демонтажных работ приводит к увеличению потоков материалов, которые традиционно направляются на полигоны или во временные зоны хранения без достаточной оценки их повторного использования. Такой подход повышает транспортные и операционные затраты, а также уменьшает потенциал вовлечения вторичных ресурсов в экономический оборот. На этом фоне возрастает значение обратной логистики, в рамках которой строительные остатки рассматриваются как возвратный поток материалов, подлежащий сортировке, переработке и повторному распределению между участниками рынка.

Развитие систем перераспределения строительных остатков требует перехода от фрагментарного управления вывозом к комплексной оптимизации логистической сети. В научной литературе подчеркивается, что эффективность таких систем определяется не только наличием перерабатывающих мощностей, но и качеством алгоритмов выбора маршрутов, промежуточных узлов накопления и схем последующей поставки переработанных материалов. Для строительной отрасли эта задача особенно сложна, поскольку потоки остатков неоднородны по составу, объему, технологическим требованиям и допустимым направлениям транспортировки. Кроме того, часть материалов может быть сразу направлена на повторное использование, тогда как другая часть требует обязательной сортировки или специализированной переработки [1-3].

Целью настоящей статьи является разработка и исследование алгоритмов оптимизации логистики перераспределения строительных остатков на основе сетевого подхода и гибридных методов поиска решения. Для достижения этой цели необходимо решить несколько взаимосвязанных задач: определить структуру логистической сети перераспределения, сформулировать критерий оптимальности, выделить систему ограничений и обосновать выбор алгоритма оптимизации. Научная новизна исследования заключается в том, что логистика строительных остатков рассматривается как единая система обратных потоков, в которой одновременно учитываются транспортные, складские и операционные затраты, а также ограничения пропускной способности и экологические эффекты.

В рамках предлагаемого подхода логистическая сеть перераспределения строительных остатков представляется в виде ориентированного графа. Источниками потока являются строительные площадки, на которых образуются остатки различных типов. Промежуточными узлами выступают площадки временного накопления и сортировочные центры. Конечными узлами могут быть перерабатывающие предприятия, объекты окончательного размещения и потребители вторичных материалов. Подобная структура соответствует современным моделям обратной логистики строительных отходов, где ключевую роль играет координация движения ресурсов между несколькими категориями узлов с разными функциями и ограничениями [2-4].

Критерием оптимальности в данной задаче предлагается считать минимум совокупных логистических затрат. В этот показатель включаются расходы на перевозку, обработку, сортировку, хранение и передачу переработанных материалов конечным потребителям. Выбор именно такого интегрального критерия обоснован тем, что локальная экономия на отдельном участке сети не всегда приводит к снижению общих издержек. Например, выбор ближайшего пункта приема может оказаться неэффективным, если он имеет низкую пропускную способность или требует дополнительных операций по перегрузке. Следовательно, оптимизация должна проводиться не по отдельным маршрутам, а по всей сети в целом.

Система ограничений включает несколько обязательных условий. Во-первых, весь объем строительных остатков, образовавшийся на объекте, должен быть распределен между доступными направлениями перераспределения или окончательного размещения. Во-вторых, загрузка площадок временного накопления и перерабатывающих центров не может превышать их пропускную способность. В-третьих, необходимо учитывать ограничения транспортных средств по грузоподъемности, числу рейсов и совместимости с типами перевозимых материалов. В-четвертых, для ряда строительных площадок важно соблюдение временных ограничений на вывоз, поскольку задержка удаления остатков влияет на сроки выполнения строительных работ. Подобные ограничения широко используются в современных моделях маршрутизации и обратной логистики строительных отходов [2, 5, 6].

С вычислительной точки зрения рассматриваемая задача относится к классу сложных комбинаторных задач. По мере роста числа строительных объектов, транспортных маршрутов и типов остатков количество возможных комбинаций решений резко возрастает. Это снижает эффективность точных методов и делает перспективным применение метаэвристических алгоритмов. В ряде исследований показано, что генетические алгоритмы эффективны при поиске глобального оптимума – они одновременно обрабатывают множество альтернативных решений и комбинируют наиболее перспективные их компоненты. Тем не менее, применение исключительно генетического поиска ведёт к риску застревания в локальном максимуме. Для устранения этого недостатка разработан гибридный подход, объединяющий генетический поиск и метод имитации отжига. Сразу после формирования начальной популяции допустимых решений – кодирующих распределение строительных остатков и порядок посещения логистических узлов – выполняются операции селекции, скрещивания и мутации. В результате возникают новые маршруты и схемы потоков. Лучшие из них подвергаются улучшению методом имитации отжига, способным временно принимать худшие варианты для

выхода из локальных экстремумов. Такой подход сочетает широкое покрытие пространства решений с точной настройкой вблизи оптимальной точки [5-7].

Преимущество предложенного алгоритма проявляется в тех случаях, когда сеть перераспределения включает несколько строительных объектов, разные типы материалов и ограниченное число узлов переработки. В подобных системах логистическое решение должно учитывать не только расстояние между точками, но и конкуренцию потоков за мощности перерабатывающих центров, возможные временные задержки и требования к отдельной обработке разных категорий остатков. Кроме того, современные исследования показывают, что эффективная маршрутизация строительных отходов позволяет уменьшать не только прямые затраты, но и суммарный пробег транспорта, а вместе с ним и сопутствующие выбросы. Это делает задачу оптимизации одновременно экономической и экологической.

Практическое значение исследования связано с развитием цифровых платформ перераспределения строительных ресурсов. Если алгоритм оптимизации встроен в такую платформу, система может автоматически сопоставлять объемы доступных остатков с потребностями переработчиков и покупателей вторичного сырья, а затем выбирать наименее затратную схему транспортировки. Для крупных городов и быстро развивающихся строительных агломераций это особенно важно, поскольку плотная сеть объектов и ограниченность инфраструктуры повышают требования к оперативности решений. В результате платформа становится не просто информационным посредником, а инструментом интеллектуального управления обратными потоками материалов [8].

Исследование подтверждает, что логистика перераспределения строительных остатков должна рассматриваться как сложная многозвенная система обратной логистики, требующая использования специальных алгоритмов оптимизации. Применение гибридного подхода, основанного на сочетании генетического алгоритма и имитации отжига, позволяет повысить качество управленческих решений в задачах распределения, транспортировки и переработки строительных остатков. Предложенная модель ориентирована на снижение совокупных затрат, повышение ресурсной эффективности и расширение практик повторного использования строительных материалов. Ее дальнейшее развитие может быть связано с учетом стохастических параметров, интеграцией геоинформационных данных и адаптацией алгоритма к работе в режиме реального времени [3, 8, 9].

Список использованных источников

1. Xiaoping B., Meiyan H. Reverse logistics planning research of building waste from perspective of closed supply chain in urban sustainable environment governance //Science Progress. – 2023. – Vol. 106. – №. 1. – P. 00368504231150427. – DOI: 10.1177/00368504231150427

2. Vargas M. et al. Reverse logistics for solid waste from the construction industry //Advances in Civil Engineering. – 2021. – Т. 2021. – №. 1. – С. 6654718. *https://doi.org/10.1155/2021/6654718*

3. Wang H., Yi W., Liu Y. Optimal route design for construction waste transportation systems: Mathematical models and solution algorithms //Mathematics. – 2022. – Vol. 10. – №. 22. – P. 4340. *https://doi.org/10.3390/math10224340*

4. Chen X. et al. Optimization of Transportation Route of Construction Waste Using the Quota Based Carbon Emissions Management //ICCREM 2022. – 2022. – P. 244-251. – URL: *https://www.proceedings.com/content/066/066895webtoc.pdf* (дата обращения: 13.04.2026).

5. Chen Q., Liao W. Collaborative routing optimization model for reverse logistics of construction and demolition waste from sustainable perspective //International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Т. 19. – №. 12. – С. 7366. *https://doi.org/10.3390/ijerph19127366*

6. Абьян, С. А. Оптимизация процессов переработки отходов после сноса зданий для минимизации экологического следа / С. А. Абьян // Актуальные исследования. – 2025. – № 29-1(264). – С. 42-51. – EDN HXTJXJ.

7. Reverse logistics of construction waste for the demolition contractor: Validation of barriers for the Brazilian Context. – URL: *http://engemausp.submissao.com.br/27/arquivos/141.pdf* (дата обращения: 13.04.2026). – Текст : электронный.

8. Faro I. S. et al. Barriers to Reverse Logistics of Construction and Demolition Waste: Literature review considering generators //Revista de Gestão Social e Ambiental. – 2024. – Vol. 18. – №. 11. – P. 1-22. *https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n11-014*

9. Jiang N., Zhang J. J. Construction and optimization of recycling logistics network for construction waste // Mechanics and Mechatronics (ICMM2015) Proceedings of the 2015 International Conference on Mechanics and Mechatronics (ICMM2015). – 2016. – P. 719-728. *https://doi.org/10.2991/iceeecs-16.2016.144*

УДК 332.72:339.138

Адаптация риелторских услуг к тренду на загородную недвижимость: как риелтору эффективно продвигать загородные объекты

*Чеснова А.А. *, студент; Салтыкова Д.А., студент*

* Ответственный за переписку: arina.chesnova@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно–строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Проблема исследования заключается в том, что традиционный сервис риелтора не успевает за изменившимися ожиданиями клиентов: заказчик хочет не просто купить объект, а получить комплексное решение – от идеи до реализации, – но вынужден самостоятельно искать подрядчиков, согласовывать проекты и контролировать процессы, что приводит к потере времени, росту затрат и стрессу. Исходная гипотеза исследования заключалась в том, что расширение функционала риэлтора за счёт интеграции услуг проверенных подрядчиков и цифровых инструментов визуализации повышает доверие клиентов и конверсию сделок. Сегодня заказчики выбирают загородный дом не потому, что это модно, а исходя из личных ценностей: комфорта, приватности, статуса. В ходе исследования гипотеза подтвердилась: клиенты действительно ценят комплексный подход. На основе полученных данных разработан веб–сайт: «Загородный Про» – цифровой продукт, объединяющий подбор объектов, базу проверенных подрядчиков и инструменты быстрой визуализации. Риелтор может оперативно предложить несколько вариантов решения под запрос и условия участка. «ЗагородныйПро» – это наш ответ. Инструмент, который делает загородную недвижимость ближе и понятнее.

Ключевые слова: загородная недвижимость, риелторские услуги, поколение Z, цифровизация, адаптация, подрядчики, эмпирическое исследование, мобильность, сегментация базы клиентов

Научный руководитель – зав. каф. ТиС, к.э.н., доцент ННГАСУ Васильева Светлана Владимировна

Рынок загородной недвижимости России переживает структурную трансформацию, начавшуюся в 2020 году и продолжающуюся по настоящее время. Если первоначально рост спроса был обусловлен пандемийными ограничениями [1], то к 2026 году сформировалась устойчивая тенденция, подкреплённая долгосрочными факторами: изменением формата работы, ростом запроса на качество жизни и развитием инфраструктуры пригородов.

В период 2021–2022 года наблюдалось закрепление и значительный рост цен на загородную недвижимость [2]:

– загородные дома в России подорожали в 1,5 раза за два года;

– максимальный скачок цен составил +20% с лета 2021 по лето 2022 года;

– спрос начал опережать предложение: объем предложений в первом квартале 2022 года сократился на 13%.

На втором этапе 2023–2024 года, тренд на загородную недвижимость стал массовым явлением:

– 65% россиян заявили о желании жить в собственном доме (данные СберНПФ и Домклик) [3, 4];

– объем продаж загородной недвижимости в первом квартале 2024 года вырос на 70% год к году;

– средняя цена дома по России составила 6 млн рублей, в Подмосковье – 15 млн рублей В 2025–2026 году рынок входит в фазу зрелости с новыми драйверами роста:

– Рынок вырос на 30% за год, медианная стоимость дома увеличилась на 13%;

– 67% представителей поколения Z мечтают о загородном доме – на 11% больше, чем среди миллениалов;

– загородная недвижимость дорожает в среднем на 12–15% в год, спрос на аренду продолжает расти и к 2026 году число строящихся загородных домов в России должно вырасти на 22%. [5]

Цель исследования, исходя из выявленной статистики – проанализировать текущее состояние рынка, выявить предпочтения потребителей и предложить адаптированную модель риелторских услуг.

Эмпирическое исследование проведено методом онлайн–анкетирования через платформу Google Forms в период март – апрель 2026 года. Выборка составила 880 респондентов, преимущественно студентов ННГАСУ и их окружения (возраст 18–24 года – 48,2%, 25–30 лет – 20,2%). Анкета включала вопросы о приоритетах при выборе жилья, текущем жилищном статусе, планах на переезд и критериях выбора риелтора. Обработка данных осуществлялась методами описательной статистики.

Анализ ответов позволил выделить следующие ключевые инсайты: – экология и природа являются доминирующим фактором выбора (72,4%), опережая стоимость жилья/коммунальных услуг (67,6%) и приватность (34,3%); – транспортная доступность и близость к работе занимают последние места в приоритетах (22–23,8%), что подтверждает готовность аудитории жертвовать временем ради качества жизни; – 76,6% респондентов планируют или склоняются к переезду в среднесрочной перспективе; – 85,9% отдают предпочтение частному сектору (отдельный дом – 44,9%, коттедж в поселке – 41%); – решающими аргументами для работы с риелтором стали гибкость и мобильность (74,1%) и рекомендации проверенных подрядчиков (72,9%), тогда как классические факторы (экономия времени, юридическая чистота) набрали лишь около 21%, что представлено на рисунке 1.

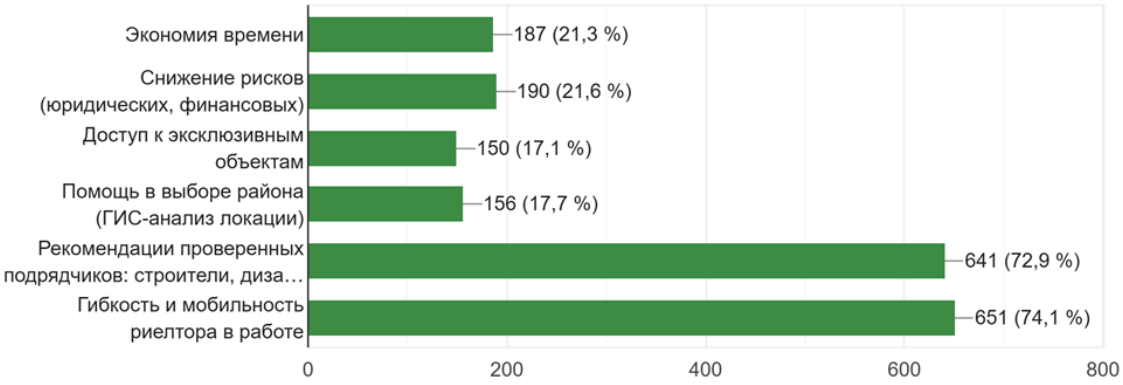


Рисунок 1 – Главный вопрос в исследовании. Критерии выбора риелтора.
(Источник: Составлено автором)

Полученные данные свидетельствуют о смене парадигмы: клиент ищет не просто агента по сделке, а партнёра–куратора, способного обеспечить комплексное сопровождение – от визуализации потенциала объекта до организации ремонта через доверенных исполнителей. Для поколения Z, выросшего в цифровой среде, базовым ожиданием становятся онлайн–

показы, 3D–визуализация, оперативная связь в мессенджерах и прозрачная финансовая модель. Предложенная концепция «ЗагородныйПро» отвечает этим запросам через:

1) цифровую платформу с умной фильтрацией и ипотечным калькулятором;

2) вкладку «Подрядчики и Преображение», позволяющая за 24 часа получить заочную 3D–визуализацию перепланировки, пристройки или обновления фасада с детальной сметой;

3) модель прозрачного партнёрства, где подрядчики компенсируют рекомендации, а клиент экономит время и нервы, получая готовый путь к реализации объекта;

4) принцип мобильности – готовность риелтора работать «здесь и сейчас», включая выезд в день обращения и удалённые локации в радиусе около 100–150 км.

Тренд на загородную недвижимость носит устойчивый характер и подкреплён долгосрочными факторами: гибридный формат работы, запрос на качество жизни, развитие пригородной инфраструктуры. Адаптация риелторских услуг должна сместить акцент с транзакционной модели на сервис создания образа жизни. Таким образом ключевыми элементами должны стать: цифровизация взаимодействия, визуализация потенциала объектов, экосистема проверенных подрядчиков и гибкость сопровождения. Предложенный подход позволяет снизить тревожность клиента, повысить лояльность и обеспечить риелтору конкурентное преимущество в растущем сегменте.

Список использованных источников

1. Глущенко, М. Е. Влияние пандемии COVID-19 на российский рынок недвижимости / М. Е. Глущенко, П. О. Тюменцева // Экономика, менеджмент и сервис: проблемы и перспективы : МатериалыII Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 26–27 ноября 2020 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2020. – С. 124-130. – EDN RKRIBK.

2. Дом.рф. Аналитика и все отчёты. Аналитический центр ДОМ РФ. Итоги развития жилищной сферы 2020–2026 гг. – URL: *https://дом.рф/analytics/archive* (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.

3. Домклик. Аналитика рынка загородной недвижимости России. – 2024. – URL: *https://domclick.ru/analytics* (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.

4. СберНПФ. Исследование потребительских предпочтений в сфере жилья. – 2024. – URL: *https://npfsberbanka.ru/* (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.

5. Статистика и анализ рынка ИЖС в России за 2025 год и прогноз на 2026. Эксперты ТЕХНОНИКОЛЬ. Татьяна Суворова, Ольга Гиткович // ТЕХНОНИКОЛЬ. – URL: *https://dom.tn.ru/blog/rynok-individualnogo-zhilishchnogo-stroitelstva-rossii-itogi-2025-goda-i-prognozy-na-2026/?ysclid=mq0ov53duv406180565* (дата обращения: 24.03.2026). – Текст : электронный.

УДК 699.812

Анализ вариантов временных зданий сборно-разборного типа для устройства огнезащитного покрытия металлоконструкций

Якунина О.А., студент*

* Ответственный за переписку: yakuninaolgaalekseevna@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. Значительную долю производственных зданий составляют стальные каркасы, которые не отвечаю требованиям безопасной эксплуатации, в связи с чем необходимо устройство огнезащиты. При значительных объёмах огнезащитной обработки металлических конструкций экономически обосновано выполнение данных работ на заготовительном этапе до монтажа в проектное положение.

Ключевые слова: огнезащита металлических конструкций, производственные здания.

Научный руководитель – доцент, канд. техн. наук Мартос Виталий Валерьевич.

В современном строительстве производственных зданий значительную долю занимают здания из металлокаркаса – их собственный вес сравнительно мал, а для возведения не требуется сложных условий и оборудования, как, например, для железобетонных зданий. Кроме того, металлоконструкции можно разобрать и использовать материалы повторно. Несмотря на ряд преимуществ, у стальных конструкций есть существенный недостаток – малый предел огнестойкости без обработки – R15, REI 15, что не соответствует требованиям безопасной эксплуатации.

Следовательно, в подавляющем большинстве случаев металлоконструкциям необходимо нанесение огнезащитного покрытия. Такая обработка требует строгого соблюдения требований и обеспечения определённых условий, а значит выполнить её на стройплощадке при больших объёмах работ рациональнее при организации промежуточного цеха обработки, а при отсутствии такого цеха необходимо везти готовые металлоконструкции из стационарного цеха по обработке огнезащитой. Во втором случае появляются дополнительные неудобства и задержки в процессе возведения. Для решения данной проблемы наиболее целесообразным является возведения мобильного цеха огнезащиты на стройплощадке или вблизи неё [1].

По опыту проектирования цехов огнезащиты выявлены следующие паромеры:

– Габариты здания – 24х60 м;

– Высота до крюка – 6 м;

– Грузоподъёмность крана – 10 т;

– Требуемая температура в помещении – не менее +5°С;

– Влажностный режим помещения – нормальный (до 60%).

Варианты каркаса производственного здания. Анализ с точки зрения пригодности в качестве сборно-разборного цеха.

1) Каркас на основе лёгких стальных тонкостенных конструкций с козловым краном.

Данный вариант представляет собой облегчённую каркасную систему, несущие элементы которой изготавливаются методом холодной штамповки из рулонной оцинкованной

стали. Технология ЛСТК предполагает высокую степень префабрикации: все элементы нарезаются по размеру, маркируются и имеют технологические отверстия, выполненные в заводских условиях [2; 3].

Монтаж осуществляется без применения сварки, на болтовых или самонарезных соединениях, что делает процесс быстрым и «сухим». Основным преимуществом является крайне малая масса элементов, позволяющая вести монтаж без использования тяжёлой грузоподъёмной техники, что значительно снижает логистические и монтажные затраты. Однако, в силу своей тонкостенности, такие элементы уязвимы к локальным повреждениям (вмятинам) при неаккуратной транспортировке, хранении или монтаже. Это снижает их практическую оборачиваемость при многократных циклах сборки-разборки. В рассматриваемом проекте, ввиду требуемой грузоподъёмности крана до 10 тонн, каркас из ЛСТК не способен нести нагрузки от крана. Поэтому в качестве грузоподъёмного механизма применяется козловой кран, который устанавливается на собственный, независимый рельсовый путь и фундамент. В этой концепции каркас из ЛСТК выполняет исключительно ограждающую и теплоизолирующую функции.

Ещё одним недостатком такого решения является то, что козловой кран занимает полезную площадь цеха, поскольку его опоры и рельсовые пути располагаются прямо на полу, ограничивая свободу перемещения и использования пространства.

2) Стальной каркас с козловым краном

В качестве несущих элементов используются профильные трубы (квадратного или прямоугольного сечения), а также тонкие двутавры и швеллеры. Этот материал значительно прочнее ЛСТК и устойчив к деформациям.

Процессы его производства и монтажа более трудоёмки, чем в случае с ЛСТК, и требуют квалифицированных монтажников. Соединения элементов могут выполняться на сварке или болтах, что обеспечивает высокую надёжность узлов. Главным преимуществом является высокая долговечность и устойчивость к механическим повреждениям при многократном монтаже/демонтаже, что обеспечивает высокий ресурс оборачиваемости элементов. Небольшой собственный вес конструкции позволяет применять более легкие типы фундаментов (свайно-ростверковые, малозаглубленные ленты). В данном случае, как и с ЛСТК, не рассматривается передача нагрузки от тяжёлого крана через надземную часть здания. Поэтому используется козловой кран на своём независимом основании. Как и в предыдущем варианте, это означает, что опоры и рельсы крана занимают часть полезной площади цеха, что может усложнять внутрицеховую логистику и ограничивать планировку.

3) Стальной каркас с мостовым подвесным краном

Данный тип каркаса является классическим решением для капитальных промышленных зданий. Он состоит из массивных колонн, ферм и балок, изготовленных из горячекатанных элементов. Они соединяются на сварке или болтах. Этот тип конструкции обладает максимальной несущей способностью и долговечностью, что делает его надёжным решением для стационарных объектов с высокими нагрузками [1].

В отличие от предыдущих вариантов, прочность такого каркаса достаточна для размещения на нём мостового подвесного крана. Это означает, что подкрановые пути и сам кран крепятся непосредственно к элементам каркаса, и вся нагрузка от него (собственный вес и вес груза) передаётся на несущие конструкции здания.

Ключевое преимущество такого решения – это полное освобождение полезной площади пола. Поскольку кран и его опоры располагаются наверху, всё пространство цеха остаётся доступным для размещения оборудования и перемещения транспорта.

Однако, этот вариант наименее пригоден для временного и модульного строительства. Большая масса элементов требует мощных подъёмных механизмов и сложной логистики. Процессы монтажа и демонтажа трудоёмки и затратны, а сам каркас, рассчитанный на

постоянные статические и динамические нагрузки, становится экономически нецелесообразен для объекта, предназначенного для многократной сборки.

4) Каркас из клееного бруса с мостовым краном

Клееный брус – это современный конструкционный материал, обладающий высокими прочностными и теплофизическими характеристиками. Элементы каркаса соединяются с использованием стальных узловых элементов и болтов. Конструкция из клееного бруса имеет меньший вес по сравнению с тяжёлым металлопрокатом, что упрощает логистику и монтаж. Одним из преимуществ данного варианта является меньшая уязвимость к агрессивным химическим средам, чем у стального каркаса.

Однако, несмотря на кажущуюся лёгкость, несущей способности клееного бруса недостаточно для прямого крепления мостового подвесного крана, предназначенного для подъёма грузов до 10 тонн. Применение такого крана потребует значительного увеличения сечения элементов каркаса (вплоть до колонн составного сечения) и усиления узлов, что сделает конструкцию очень дорогой. Если же такое решение будет реализовано, то его преимуществом станет освобождение пространства на полу. Однако, дерево уязвимо к механическим повреждениям при транспортировке и монтаже, а также к воздействию влаги и биопоражениям, что практически исключает возможность его многократного использования в промышленных условиях.

Таким образом, данный вариант не является оптимальным для временного цеха.

5) Сборный железобетонный каркас с мостовым краном

Сборный железобетонный каркас состоит из типовых колонн, ригелей и балок, изготовленных на заводе.

Этот материал обладает исключительной прочностью на сжатие, негорючестью и высокой долговечностью. Конструкция является наиболее массивной и надёжной, что позволяет ей нести очень большие нагрузки, в том числе от мостовых подвесных кранов. Как и в случае с тяжёлым металлокаркасом, подвесной кран в этом варианте позволяет полностью освободить полезную площадь пола.

Для упрощения и ускорения монтажа компанией Peikko разработаны узлы сопряжения колонн с фундаментом при помощи анкерных болтов. При помощи данных анкерных болтов и закладной детали, установленной в тело колонны, с заранее выполненными отверстиями, происходит монтаж, выверка и надежное закрепление колонны [4; 5]. Применение таких конструктивных решений способствует снижению трудоёмкости монтажа и интенсификации строительства (рис.1).

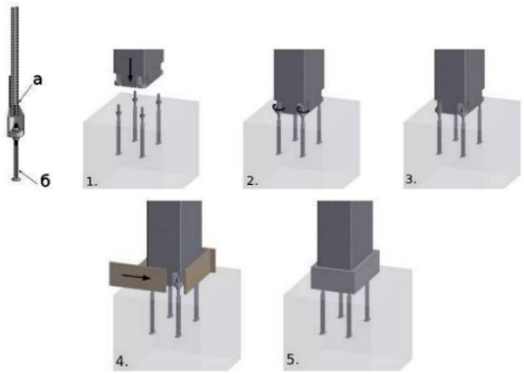


Рисунок 1 – Узловое соединение PEC компании Peikko и стадии монтажа колонны с применением системы PEC: а – башмак колонны; б – анкерный болт; 1 – установка колонны на выверенные гайки; 2 – накручивание верхних гаек; 3 – затяжка верхних гаек; 4 – заливка базы колонны безусадочным раствором; 5 – готовое соединение [5]

Таблица 1 – Сравнительный анализ конструктивных решений для здания цеха огнезащиты

Критерий	1. ЛСТК с козловым краном	2. Стальной каркас с козловым краном	3. Стальной каркас с мостовым краном	4. Клееный брус с мостовым краном	5. Сборный железобетон с мостовым краном
Масса и требования к фундаменту	Очень малая масса. Сам каркас не требует массивного, дорогостоящего фундамента.	Малая масса. Требует более прочного фундамента, чем ЛСТК.	Высокая масса. Требует массивного, фундамента глубокого заложения.	Малая масса. Требует схожих с тонкостенным прокатом фундаментов.	Очень высокая масса. Требует самого массивного и дорогостоящего фундамента.
Логистика	Простая. Элементы компактные и лёгкие, однако требуют аккуратной транспортировки	Простая. Элементы имеют средний вес и габариты, что упрощает их транспортировку и хранение.	Более сложная. Большие габариты и вес элементов	Простая. Элементы относительно легкие, но требуют бережного обращения.	Очень сложная. Огромная масса и габариты элементов, требующие спецтранспорта и кранов высокой грузоподъёмности.
Технология монтажа и демонтажа	Высокотехнологичная. «Сухой» монтаж на болтах, не требует сварки. Быстро и эффективно.	Средне-технологичная. Требует сварки или болтовых соединений, а также квалифицированных монтажников.	Низкотехнологичная. Требует мощной техники и высококвалифици-рованных бригад.	Средне-технологичная. Требует бережного обращения и квалифицированных плотников.	Очень низкотехнологичная Требует мощнейшей техники и специализирован-ных бригад.
Оборачи-ваемость и ресурс	Низкая. Уязвимость к повреждениям при транспортировке и монтаже.	Высокая. Устойчивость к механическим повреждениям при многократном использовании.	Средняя. Большая масса, трудоёмкость демонтажа и высокий риск повреждения покрытия.	Низкая. Материал подвержен сколам и трещинам, что снижает ресурс.	Крайне низкая. Хрупкость элементов делает их непригодными для повторного использования.
Огнезащита	Сложная. Требует обшивки огнестойкими материалами.	Умеренная. Требует огнезащитных покрытий.	Умеренная. Требует огнезащитных покрытий.	Средняя. Древесина горит, но при больших сечениях сохраняет несущую способность.	Высокая. Является негорючим материалом.
Работа с краном	Козловой кран. Устанавливается на собственный фундамент.	Козловой кран. Устанавливается на собственный фундамент.	Мостовой кран. Нагрузка от крана передается на каркас здания.	Мостовой кран. Требует значительного усиления каркаса и узлов.	Мостовой кран. Нагрузка от крана передается на каркас здания.
Использование полезной площади	Ограничено. Рельсы и опоры крана занимают место на полу.	Ограничено. Рельсы и опоры крана занимают место на полу.	Максимальное. Полностью освобождает площадь пола.	Максимальное. Полностью освобождает площадь пола.	Максимальное. Полностью освобождает площадь пола.
Экономическая эффективность	Средние капитальные затраты, риски	Оптимальное соотношение капитальных	Низкая. Высокие затраты на	Низкая. Уязвимость материала	Очень низкая. Крайне высокие

	снижения эффективности за счёт повреждений	затрат и долговечности.	начальном этапе и логистику.	снижает рентабельность.	затраты на логистику.

На основании проведённого сравнительного анализа, учитывая ключевые критерии для мобильного многократно используемого здания – оборачиваемость, технологичность монтажа, логистику и экономическую эффективность – оптимальным признан вариант 2: стальной каркас с козловым краном. Данный вариант обеспечивает наилучший баланс между прочностью, долговечностью, пригодностью для многократного монтажа и умеренными затратами на логистику и фундамент, что соответствует цели исследования.

Список использованных источников

1. Сират Джавед Особенности быстровозводимых зданий промышленного назначения // Мировая наука. 2023. №3 (72). URL:

2. Остапенко, И. И. Инновации в области каркасных зданий из лстк (легкие стальные тонкостенные конструкции) / И. И. Остапенко, А. А. Брянцев // Тенденции и перспективы развития современного научного знания : материалы XIV Международной научно-практической конференции, Москва, 06–07 апреля 2015 года / Научно-информационный издательский центр «Институт стратегических исследований». – Москва: Научно-информационный издательский центр «Институт стратегических исследований», 2015. – С. 174-183. – EDN TVDUUV.

3. Буцук, И. Н. Легкие стальные тонкостенные конструкции в строительстве (ЛСТК) / И. Н. Буцук, И. Г. Мельникова // Технологии XXI века: проблемы и перспективы развития : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Уфа, 10 февраля 2016 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2016. – С. 61-64. – EDN VLHAFF.

4. Мирсаяпов, И. Т. Узлы сопряжения железобетонных колонн с фундаментами / И. Т. Мирсаяпов, Р. Г. Гайнетдинов, И. Р. Салимзянов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2024. – № 2(68). – С. 124-135. – DOI 10.48612/NewsKSUAE/68.11. – EDN KUZPTA.

5. Суур-Аскола П. Технологически усовершенствованный продукт от компании Peikko–тросовая петля PVL //Жилищное строительство. – 2013. – №. 3. – С. 21-23. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheski-usovershenstvovannyy-produkt-ot-kompanii-peikko-trosovaya-petlya-pvl* (дата обращения: 20.08.2025).

Экологическая и техносферная безопасность

УДК 331.453

Государственный аудит промышленной безопасности при эксплуатации подъемных сооружений объектов строительства

*Абражеева П.С. *, студент;*

* Ответственный за переписку: polinaabrazheeva@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье анализируется современное состояние государственного контроля (надзора) в области промышленной безопасности применительно к эксплуатации подъемных сооружений (ПС) на объектах строительства. На основе анализа положений Федерального закона № 248-ФЗ, Федерального закона № 116-ФЗ, а также подзаконных актов, регламентирующих деятельность Ростехнадзора, выявлены правовые и организационные разрывы между строительным и промышленным надзором. Методом исследования послужил анализ статистических данных об авариях, несчастных случаях и инцидентах с ПС за 2022-2025 гг. В результате исследования обоснована необходимость внедрения нормативного документа для государственного аудита промышленной безопасности при эксплуатации ПС, как формы оценки систем управления рисками эксплуатирующих организаций. Предложен авторский подход к структуре нормативного документа, регламентирующего проведение аудиторских проверок на этапе эксплуатации ПС.

Ключевые слова: промышленная безопасность; подъемные сооружения; башенные краны; государственный контроль (надзор); риск-ориентированный подход; государственный аудит; система управления промышленной безопасностью; строительная площадка; аварийность; Ростехнадзор; профилактика нарушений; строительный надзор.

Введение

Современный этап развития градостроительной деятельности в Российской Федерации характеризуется усложнением технологических процессов и насыщением строительных площадок сложной, многофункциональной, высокопроизводительной техникой. Подъемные сооружения (ПС) – от башенных кранов до грузопассажирских подъемников – стали неотъемлемым элементом при реализации любого инвестиционно-строительного проекта. Однако статистика аварийности, к сожалению, свидетельствует об обратной стороне этого процесса: ежегодно на строительных объектах происходят инциденты, связанные с падением грузов, разрушением металлоконструкций кранов или травмированием работников, находящихся в зоне действия этих механизмов.

Вступивший в силу Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в РФ» (в ред. от 29.12.2025) [1] кардинально изменил цель надзорной деятельности, сместив акцент с карательных мер на профилактику и управление рисками. Однако практическая реализация риск-ориентированного подхода при эксплуатации ПС на объектах строительства сталкивается с рядом серьезных проблем. В частности, существует институциональный разрыв между нормами Приказа Ростехнадзора от 26.11.2020 № 461 (ред. от 22.01.2024) «Об утверждении федеральных норм и правил в области

промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» [2] и требованиями строительного надзора, установленными Постановлением Правительства РФ от 30.06.2021 № 1087 (ред. от 23.09.2025) «Об утверждении Положения о федеральном государственном строительном надзоре» [3].

Целью данной статьи является не просто описание нормативной базы, а выявление проблематики в системе государственного аудита безопасности ПС и выработка конкретного предложения по ее устранению через разработку нового ведомственного документа.

Нормативно-правовая основа и разграничение компетенций

Анализ нормативной базы позволяет утверждать, что деятельность Ростехнадзора в этой сфере регулируется сразу несколькими актами, находящимися в сложной иерархической взаимосвязи. Базовым законом является ФЗ № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [4], который относит стационарно установленные грузоподъемные механизмы к опасным производственным объектам 4 класса опасности. Однако здесь возникает первая проблема: не каждое ПС на строительной площадке является стационарным, и не всякая строительная площадка регистрируется как ОПО.

Ключевым подзаконным актом выступает Приказ Ростехнадзора от 26.11.2020 № 461 (ред. от 22.01.2024) «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» [2]. Эти правила детально регламентируют «жизненный цикл» ПС: монтаж и наладка, эксплуатация до технического освидетельствование и вывода из эксплуатации (утилизация). Особое внимание в ФНП уделяется эксплуатации и порядку действий при аварии или инциденте, что напрямую связано со статистикой, которая проанализируется далее.

С точки зрения организации надзорных мероприятий, Постановление Правительства № 401 (ред. от 03.10.2025) закрепляет статус Ростехнадзора как главного контролера в сфере технологической безопасности. В свою очередь, Постановление № 1082 (ред. от 02.03.2026) конкретизирует порядок федерального надзора в области промышленной безопасности [5], а Постановление № 1087 (ред. от 23.09.2025) – в области строительного надзора [3]. Как магистрант, специализирующийся в этой области, я вижу здесь проблему: Постановление № 1087 регулирует надзор за соблюдением требований проектной документации, но проектная документация не всегда включает в себя детальный план эксплуатации ПС с учетом износа оборудования к моменту завершения строительства, которое может длиться несколько лет в зависимости от ряда объективных причин.

Методология исследования и анализ аварийности

Методологическую основу данного исследования составил комплексный подход, включающий анализ правовых норм (формально-юридический метод), а также изучение статистических данных и актов расследования аварий, опубликованных на официальном сайте Ростехнадзора. Для целей данной статьи были проанализированы открытые данные за период 2022–2025 годов по объектам строительства в Центральном и Приволжском федеральных округах.

По данным ежеквартальных отчетов Ростехнадзора [6], порядка 35% от общего числа несчастных случаев со смертельным исходом в строительстве прямо или косвенно связаны с эксплуатацией подъемных сооружений. Типичные сценарии аварий повторяются: разрушение крана при подъеме груза, превышающего грузоподъемность (около 40% случаев), падение монтируемых конструкций из-за неисправности грузо-захватных приспособлений (25%), а также наезды и травмирование персонала в зоне работы крана (20%).

Интересно, что в 2025 году зафиксирован рост инцидентов [6] на объектах, находящихся на финальной стадии строительства (кровельные, фасадные работы). В этот период башенные краны часто эксплуатируются с нарушениями режима труда и отдыха машинистов, а также в условиях, когда подкрановые пути частично демонтированы для благоустройства территории.

Анализ актов расследования [6] показывает, что прямой причиной в случаях является «человеческий фактор»: 60 % «низкая квалификация стропальщиков и рабочих люльки», либо отсутствие должного производственного контроля со стороны лица, ответственного за безопасное производство работ с применением ПС. Однако коренная причина лежит в плоскости отсутствия независимого аудита состояния системы управления промышленной безопасностью (СУПБ) на строительной площадке. Существующие проверки, как формальный, носят либо плановый, либо характер по факту происшествия, но не системный аудиторский.

Проблемы реализации государственного контроля в условиях действия № 248-ФЗ

Федеральный закон № 248-ФЗ [1] ввел такие инструменты, как профилактический визит, объявление предостережения и мониторинг безопасности. Эти виды контроля должны были снизить давление на бизнес. На практике, применительно к ПС, возникла проблема: инспектор Ростехнадзора при проведении профилактического визита не имеет права выдать предписание об устранении нарушений, если только не увидит угрозу жизни и здоровью. Но дефекты ПС часто носят скрытый характер (трещины в металле, износ тормозных колодок, неисправность ограничителя грузоподъемности, концевых выключателей, ветровой защиты, координатной защита, трещины в сочленении узлов траверс), которые требуют инструментального контроля.

В результате мы наблюдаем парадокс: количество внеплановых проверок по № 248-ФЗ [1] сократилось, а количество аварий, по данным Ростехнадзора за 2025 год [6], не демонстрирует устойчивой тенденции к снижению. Организации формально проводят техническое освидетельствование ПС, но часто – силами аффилированных структур или с фальсификацией результатов. Не проводится также своевременно периодическое техническое обслуживание, как указывается в Руководстве по эксплуатации заводов-изготовителей, из-за дороговизны этих работ или отсутствия квалифицированного персонала

Именно здесь, на мой взгляд, возникает потребность в новой форме надзора – государственном аудите промышленной безопасности. В отличие от классической проверки, аудит должен оценивать не только сам факт наличия документа, но и компетентность лиц, его подписавших, а также реальную эффективность внутренних контрольных процедур при эксплуатации подъемных сооружений (ТО-1, ТО-2, Сезонное обслуживание).

Авторское предложение по разработке положения об аудиторских проверках

Подытоживая анализ статистики и нормативных коллизий, считаю необходимым выступить с инициативой о разработке нового ведомственного нормативного документа.

Предложение: Разработать и внедрить «Положение о порядке проведения государственного аудита систем управления промышленной безопасностью при эксплуатации подъемных сооружений на объектах капитального строительства».

В структуру данного Положения, на мой взгляд, должны войти следующие ключевые разделы, которые логически вытекают из выявленных недостатков:

1) Цели и задачи аудита. В отличие от контроля, цель аудита здесь – не штраф, а независимая оценка способности организации управлять рисками аварий, несчастных случаев

и инцидентов на ПС. Аудит должен проводиться на этапе эксплуатации ПС, когда риск человеческой ошибки максимален.

2) Объекты и периодичность. Предлагается включить в перечень объектов аудита не только сами ПС (краны, подъемники, вышки), но и документацию о подготовке персонала (машинистов, стропальщиков, рабочих люльки) – то есть «человеческий капитал», который часто является слабым звеном. Проведение тестирования (опроса) этой категории работников на знания ЛНА в области строительства с применением ПС. Периодичность: не реже одного раза в год для объектов 4 класса опасности.

3) Методика проведения. Аудит должен проводиться с использованием риск-ориентированного подхода. Если на объекте произошел инцидент без последствий (обрыв стропа, зацеп груза, работа с неисправным ограничителем грузоподъемности, ограничителя нагрузки крана), это сигнал для проведения внепланового аудита. К проведению аудита необходимо привлекать независимых сертифицированных экспертов в области ПС, совместно инспектором Ростехнадзора.

4) Правовые последствия. Внедрение механизма, при котором наличие положительного аудиторского заключения является обязательным условием для получения разрешения на ввод объекта в эксплуатацию (Постановление № 1087) [3]. Это создаст экономический стимул для застройщиков содержать ПС в исправном состоянии и обеспечить безопасную и своевременную сдачу объектов в эксплуатацию, так как любая авария, несчастный случай и инцидент приостанавливает работу от 3 до 30 суток.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что действующая система государственного контроля (надзора), реформированная в соответствии с ФЗ № 248-ФЗ [2], эффективно справляется с профилактикой явных, очевидных нарушений, но не закрывает потребность в глубоком аудите систем управления промышленной безопасностью при эксплуатации ПС на объектах строительства. Строительная отрасль остается зоной повышенной аварийности от начала строительства объекта до его завершения.

Предлагаемое внедрение института государственного аудита и разработка соответствующего Положения позволит перейти от реактивной модели (реагирования на уже случившиеся инциденты) к проактивной, что в полной мере соответствует духу реформы контрольно-надзорной деятельности.

Список использованных источников

1. Российская Федерация. Законы. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации : Федеральный закон № 248-ФЗ : текст с изменениями и дополнениями на 29 декабря 2025 года : [принят Государственной Думой 22 июля 2020 года : одобрен Советом Федерации 24 июля 2020 года]. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: *http://pravo.gov.ru* (дата обращения: 30.03.2026).

2. Российская Федерация. Приказы. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» : Приказ Ростехнадзора от 26 ноября 2020 г. № 461 : текст с изменениями и дополнениями на 22 января 2024 года. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: *http://pravo.gov.ru* (дата обращения: 30.03.2026).

3. Российская Федерация. Постановления. Об утверждении Положения о федеральном государственном строительном надзоре : Постановление Правительства РФ от 30 июня 2021 г. № 1087 : текст с изменениями и дополнениями на 23 сентября 2025 года. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: *http://pravo.gov.ru* (дата обращения: 30.03.2026).

4. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов : Федеральный закон № 116-ФЗ : текст с изменениями и дополнениями на 29 декабря 2025 года :

[принят Государственной Думой 20 июня 1997 года : одобрен Советом Федерации 2 июля 1997 года]. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: *http://pravo.gov.ru* (дата обращения: 30.03.2026).

5. Российская Федерация. Постановления. О федеральном государственном надзоре в области промышленной безопасности : Постановление Правительства РФ от 30 июня 2021 г. № 1082 : текст с изменениями и дополнениями на 2 марта 2026 года. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: *http://pravo.gov.ru* (дата обращения: 30.03.2026).
6. Анализ правоприменительной практики Ростехнадзора за 2024–2025 гг. – Текст : электронный // Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору : официальный сайт. – URL: *http://www.gosnadzor.ru* (дата обращения: 30.03.2026).

УДК 331.45

Обеспечение безопасности и охраны труда на стройплощадке с применением искусственного интеллекта

*Бревнов Н.Е. *, студент*

* Ответственный за переписку: nikitkp00@mail.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы высокого уровня травматизма и нарушений правил охраны труда на строительных площадках. Предложены пути их решения на основе внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ). Проанализированы ключевые направления применения ИИ в России: компьютерное зрение для контроля средств индивидуальной защиты (СИЗ) и опасных зон, предиктивная аналитика для прогнозирования рисков, использование дронов и роботизированных систем. Приведены примеры компаний («Самолёт», ПИК, Росатом, «Завод Москабель»), которые уже используют ИИ для повышения безопасности труда. Даны рекомендации по поэтапному внедрению ИИ на строительных предприятиях России. Показано, что применение ИИ позволяет снизить количество нарушений на 20–80%, сократить травматизм на 20–35%, повысить производительность труда.

Ключевые слова: искусственный интеллект, охрана труда, строительная площадка, компьютерное зрение, средства индивидуальной защиты, предиктивная аналитика, промышленная безопасность, нейронные сети.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность» ННГАСУ, Забелин Виктор Алексеевич

Введение

Строительная отрасль в России традиционно относится к числу наиболее травмоопасных, что на сегодняшний день является актуальной проблемой. По данным Ростехнадзора, в государственном реестре опасных производственных объектов содержится около 200 тыс. объектов, функционирующих на территории страны. Проблема высокого уровня производственного травматизма в строительстве обусловлена сложностью технологических процессов, многообразием задействованных механизмов, а также значительной долей человеческого фактора. Более 70% несчастных и смертельных случаев на стройке происходит из-за нарушений правил охраны труда, при этом около 6% случаев травматизма напрямую связаны с нарушением требований по использованию средств индивидуальной защиты (СИЗ) [1, 2].

В последние годы искусственный интеллект (ИИ) активно внедряется в различные сферы экономики, в том числе в строительство. По данным аналитиков «Дом.РФ», вклад AI-технологий в отечественную строительную отрасль к 2028 году превысит 1 трлн рублей. Российский рынок ИИ-решений в 2022 году достиг 647 млрд рублей, что на 17,3% больше предыдущего года [1]. Одним из важных направлений становится повышение безопасности на объектах и мониторинг соблюдения правил охраны труда. Внедрение интеллектуальных

систем позволяет перейти от реактивного подхода (реагирования на инциденты) к проактивному – предотвращению несчастных случаев ещё до их возникновения.

Цель: обосновать эффективность ИИ для повышения безопасности на стройплощадках и предложить алгоритм внедрения.

Задачи:

1) Проанализировать ключевые технологии ИИ (компьютерное зрение, предиктивная аналитика, дроны, роботы) для контроля безопасности.

2) Изучить примеры внедрения ИИ в компаниях и оценить полученные результаты.

3) Определить экономические и социальные эффекты (снижение нарушений, травматизма, штрафов).

4) Указать основные проблемы внедрения (качество видео, защита данных, интеграция с существующими системами).

5) Разработать практический поэтапный алгоритм внедрения ИИ на строительных предприятиях.

Ключевые технологии искусственного интеллекта для обеспечения безопасности на стройплощадке

1.1. Компьютерное зрение для контроля СИЗ и опасных зон

Компьютерное зрение – наиболее распространённое и наглядное применение ИИ в охране труда. Системы видеоаналитики в режиме реального времени отслеживают выполнение требований безопасности. Нейросети с высокой точностью распознают, используют ли сотрудники каски, защитные очки, перчатки, спецодежду и другие средства защиты. Система мгновенно фиксирует нарушение и отправляет уведомление ответственному лицу [1, 2].

В России успешно применяются такие решения. Например, группа компаний «Самолёт» уже несколько лет использует систему интеллектуального мониторинга на основе компьютерного зрения и видеоаналитики. Данные, поступающие с камер, фотоловушек и дронов, обрабатываются нейросетью, которая фиксирует нарушения и сигнализирует о них. В результате девелопер сократил число инцидентов до нуля, а количество штрафов, связанных с отсутствием оградительных сооружений, снизилось в три раза [1].

Российские учёные разработали нейросеть, которая отслеживает наличие каски у строителей. Она может не только уведомить об этом ответственных лиц, но и самостоятельно заблокировать рабочему доступ к оборудованию, пока он не наденет каску. Систему можно настроить и на другие средства защиты – сигнальные жилеты, респираторы [1]. Другая отечественная разработка использует панорамные камеры, установленные в каски рабочих.

Эффективность внедрения подтверждается практическими результатами. Система Qmonitoring, основанная на технологии компьютерного зрения, за первый месяц эксплуатации зафиксировала 64 инцидента на одном объекте, после чего количество нарушений сократилось на 80%. В другом случае внедрение GPU-инфраструктуры привело к росту точности выявления нарушений техники безопасности с 65 до 97,8%, а время реагирования на инциденты сократилось с 8 минут до 15 секунд [3].

Помимо контроля СИЗ, ИИ позволяет безошибочно определять присутствие человека в зонах работы тяжелой техники или под высоковольтным напряжением, предотвращая фатальные ошибки. Алгоритмы могут распознавать падение человека, что критически важно для работников на удаленных или опасных участках, а также контролировать, держится ли сотрудник за перила на лестнице. Видеодетекторы огня способны заметить возгорание на открытых площадках быстрее традиционных датчиков [2].

1.2. Предиктивная аналитика для прогнозирования рисков

Предиктивная аналитика – качественно новый способ применения машинного обучения в строительной отрасли. Она позволяет анализировать огромные массивы данных и выявлять скрытые закономерности, предсказывая возможные инциденты. Проанализировав статистику компании по несчастным случаям за несколько лет, ИИ может выдать прогноз по возможным инцидентам и указать менеджменту на «опасные» места. Для анализа используются данные и изображения, полученные непосредственно со стройплощадок [1, 2].

Датчики на оборудовании собирают информацию о вибрации, температуре и других параметрах. Если показатели начинают отклоняться от нормы, система может спрогнозировать поломку и предложить провести техническое обслуживание до того, как произойдет авария. Подобные модели также анализируют данные о происшествиях, личные и профессиональные характеристики сотрудников, чтобы с высокой точностью (до 85%) предсказывать риски несчастных случаев [2].

В России предиктивная аналитика также находит применение. Внедрение технологий ИИ на базе предиктивных моделей позволяет снизить количество дефектов на 25–30%. Системы анализируют информацию о прошлых и текущих проектах, погоде, материалах и других факторах, показывая, с какой вероятностью стройка может затянуться и на сколько. Более «продвинутые» решения прогнозируют сроки, возможные проблемы и предлагают, как сократить риски или исправить ситуацию [3].

1.3. Дроны, роботизированные системы и IoT-датчики

Помимо компьютерного зрения и предиктивной аналитики, существуют и другие перспективные направления применения ИИ в охране труда на стройплощадках:

– Использование дронов и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Дроны с ИИ проводят аэросъёмку, измеряя объёмы работ, высоту конструкций и прогресс в реальном времени. Беспилотники могут оснащаться тепловизорами и газоанализаторами для мониторинга опасных зон [1, 4];

– Автоматизация опасных и рутинных задач с помощью роботизированных систем. На «Заводе Москабель» роботы-манипуляторы, оснащённые системой компьютерного зрения, заменили четырёх человек в одну смену, которые теперь не контактируют с вредными веществами и не занимаются тяжёлым физическим трудом. Производительность труда на этих линиях выросла от 33 до 40 процентов [3];

– Использование IoT-датчиков и носимых устройств. Сенсоры и IoT-устройства собирают данные о состоянии оборудования, микроклимате и физическом состоянии работников (пульс, температура, утомление) в режиме реального времени. Эти данные интегрируются с системами ИИ для комплексного анализа рисков [2].

Преимущества внедрения ИИ в России

Внедрение ИИ-технологий даёт экономию до 8% от бюджета проекта, а на больших стройках это сотни миллионов рублей. Снижение затрат на 7–15%, ускорение проектов на 20–40%. По данным международных исследований, внедрение ИИ снижает простои на 15–30%, сокращает травматизм до 30% и повышает производительность труда на 20% [2]. В России компании вроде ГК ПИК и Росатома уже используют ИИ для анализа данных с камер и датчиков, интегрируя его с ТИМ (BIM) и ФГИС ЦС [1].

Для наглядной демонстрации эффекта от внедрения ИИ в охрану труда на стройплощадках ниже представлены обобщённые данные по результатам пробных проектов (таблица 1).

Таблица 1 – Экономические и социальные эффекты от внедрения ИИ на строительных объектах РФ

Показатель	До внедрения ИИ	После внедрения ИИ	Изменение, %
Количество нарушений СИЗ в месяц (на 100 чел.)	45	9	– 80
Время реагирования на инцидент, мин	8	0,25 (15 с)	– 96,9
Точность выявления нарушений, %	65	97,8	+ 50,5
Травматизм (случаев на 1000 чел./год)	12	8	– 33
Штрафы от ГИТ за нарушения ОТ, тыс. руб./год	850	170	– 80

Исходя из таблицы, даже на начальном этапе внедрения ИИ демонстрирует высокую эффективность. При этом затраты на развёртывание системы (камеры, серверное оборудование, лицензии на ПО) окупаются за счёт снижения штрафов, уменьшения простоев и страховых выплат в среднем за 6–12 месяцев [2, 3].

Создание более безопасной рабочей среды способствует сохранению кадров в отрасли, которая уже испытывает стресс от нехватки квалифицированных рабочих. При внедрении систем ИИ формируется база данных для разработки системы мотивации и ответственности подрядчиков на основе фактических показателей безопасности [5].

Часть существующих камер видеонаблюдения на строительных площадках имеет низкое разрешение и ограниченный обзор, что снижает точность алгоритмов компьютерного зрения и приводит к ложным срабатываниям. Ограничения работы алгоритмов связаны с зонами низкой видимости и частичным перекрыванием объектов. Также существует необходимость защиты данных и обеспечения конфиденциальности информации, а также вопросы интеграции с существующими системами управления [1, 4].

Рекомендации по поэтапному внедрению ИИ на строительных предприятиях России

На основе анализа успешных российских практик можно предложить следующий алгоритм внедрения:

1) Аудит текущего состояния – оценка существующей системы видеонаблюдения, выявление «слепых зон», определение критических зон риска (работа на высоте, зоны движения техники).

2) Пробный проект на одном объекте – выбор типовой стройплощадки, установка дополнительных камер с высоким разрешением, запуск системы компьютерного зрения для контроля СИЗ и опасных зон.

3) Обучение нейросетей на реальных данных – сбор не менее 10 000 размеченных изображений с конкретной площадки для повышения точности распознавания (учёт особенностей униформы, освещения, погодных условий).

4) Интеграция с существующими системами – подключение к Единой системе управления охраной труда, BIM-модели, автоматическое формирование предписаний и уведомлений.

5) Обучение персонала – проведение инструктажей для рабочих и ИТР о работе новой системы, разъяснение целей (контроль безопасности, а не тотальная слежка) для снижения сопротивления.

6) Масштабирование – распространение на все объекты компании, подключение мобильных камер и дронов.

Заключение

1) Технологии искусственного интеллекта, в первую очередь компьютерное зрение и предиктивная аналитика, являются эффективным инструментом повышения безопасности и охраны труда на строительных площадках. Они позволяют в режиме реального времени контролировать соблюдение правил безопасности, выявлять опасные ситуации и прогнозировать риски.

2) Российский опыт внедрения систем ИИ (группа компаний «Самолёт», ГК ПИК, «Завод Москабель» и др.) демонстрирует значительное снижение количества нарушений (на 20–80%), сокращение травматизма (на 20–35%) и повышение производительности труда.

3) Наиболее перспективными направлениями применения ИИ являются автоматический контроль использования средств индивидуальной защиты, мониторинг опасных зон, прогнозирование инцидентов на основе больших данных, использование дронов и роботизированных систем, а также интеграция с BIM-моделями для создания цифровых двойников строительных объектов.

4) Для успешного внедрения ИИ необходимо решить ряд задач: модернизация существующей инфраструктуры видеонаблюдения, обеспечение высокого качества исходных данных для обучения нейросетей, разработка нормативно-правовой базы и стандартизация требований к системам ИИ в области охраны труда.

5) Разработан поэтапный алгоритм внедрения ИИ на строительных предприятиях, который позволяет избежать лишних затрат, повысить точность распознавания нарушений и сделать строительные площадки действительно безопаснее.

Список использованных источников

1. Охрана труда в строительстве: искусственный интеллект в обеспечении безопасности [Электронный ресурс] // СберПро. – 2025. – URL: *https://sber.pro/publication/tuda-ne-hodi-kak-ai-obespechivaet-bezopasnost-truda-na-stroike/* (дата обращения: 06.04.2026).

2. Искусственный интеллект в охране труда: Новая эра безопасности для вашего предприятия [Электронный ресурс] // Мостудэксперт. – 2025. – URL: *https://www.mostrudexpert.ru/infocentr/iskusstvennyy-intellekt-v-ohrane-truda-novaya-era-bezopasnosti-dlya-vashego-predpriyatiya/* (дата обращения: 06.04.2026).

3. Федоров, С. Контроль нарушений, охраны труда и промышленной безопасности на базе ИИ [Электронный ресурс] // РБК Компании. – 2025. – URL: *https://companies.rbc.ru/news/JZ8MvFKlA9/kontrol-narushenij-ohranyi-truda-i-promyishlennoj-bezopasnosti-na-baze-ii/* (дата обращения: 07.04.2026).

4. Игнатова, Е. В. Система интеллектуального контроля техники безопасности на строительных объектах / Е. В. Игнатова, М. С. Мишукова, А. С. Мишукова // Строительство и архитектура. – 2025. – Т. 13, № 2(47). – С. 6. – DOI 10.29039/2308-0191-2025-13-2-6-6. – EDN RIGQKX.C.

5. Коняев, В. Н. Эргономика и безопасность труда на строительных объектах: применение искусственного интеллекта для повышения безопасности и улучшения условий труда / В. Н. Коняев. – Текст : непосредственный // Исследования молодых ученых : материалы LXXXVII Междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2024 г.). – Казань : Молодой ученый, 2024. – С. 31–38. – URL: *https://moluch.ru/conf/stud/archive/521/18650* (дата обращения: 07.04.2026).

УДК 331.45

Обзорное исследование Kiout CHAT для охраны труда и его сравнение с универсальным чат – ботом

*Бунакова И.А. *, студент*

* Ответственный за переписку: bunakova09@gmail.com
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматриваются возможности использования Kiout Chat и универсального чат бота Chat CPT для охраны труда на рабочих местах, в том числе с повышенным уровнем рисков, а также сравнение эффективности выявления рисков. Установлено, что Chat GPT обладает общими знаниями, в то время как Kiout Chat имеет отраслевую базу, накопленную за 25 лет Клинским институтом охраны труда, однако выявлены занижения уровня рисков и неполноценность идентификации опасностей. Kiout Chat является перспективным инструментом для первичного анализа рабочего места.

Ключевые слова: Kiout Chat, универсальный чат бот, уровни риска, законодательная база, анализ.

Рабочие места с повышенным уровнем риска: горнодобывающая, химическая, металлургическая промышленность, строительные площадки, включающие в себя высотные работы предъявляют особые требования в управлении охраной труда. Традиционные методы контроля, такие как плановые проверки, периодические инструктажи, оказываются недостаточно оперативными. Они могут фиксировать состояние на момент инспекции, но не способны отслеживать динамику развития опасности и выявлять признаки приближающегося инцидента. Специалист по охране труда физически не может одновременно анализировать все сигналы и данные с оборудования. Чтобы улучшить мониторинг опасностей, в помощь специалистам приходят технологии искусственного интеллекта, которые способны обрабатывать информацию и выявлять большую часть риском.

В свободном доступе представлены как универсальные решения – Chat GPT от OpenAI, Yandex GPT, Giga Chat, так и специализированные отраслевые чат – боты, разработанные непосредственно для задач охраны труда и промышленной безопасности. Kiout CHAT, созданный Клинским институтом охраны труда и позиционируется как первый в России специализированный нейросетевой помощник для специалистов по охране труда. Сравнение Kiout CHAT и ChatGPT для анализа уровней рисков важно по нескольким критериям:

1. Юридическая обоснованность
2. Идентификация профессиональных рисков
3. Полнота выявления опасности
4. Точность оценки уровня риска
5. Специализированные инструменты

Рабочие места с высоким уровнем риска характеризуются не только большим количеством опасностей, но и постепенным накоплением негативного воздействия различных вредных факторов на организм работника, что в последствии может привести к хроническим заболеваниям, нарушению здоровья и снижению работоспособности. Универсальные модели не обучены отраслевым данным и с высокой вероятностью могут пропустить специфические комбинации опасных факторов и дать юридически некорректную рекомендацию, отсылая не на те статьи Трудового кодекса и ГОСТ. По сравнению с ними, Kiout CHAT юридически

оснащен и предлагает отраслево – ориентированный ответ, который может быть эффективным для первичного анализа и систематизацией опасностей.

Исследований в области сравнения специализированных и универсальных чат – ботов применительно с к рабочим местам практически не представлено. Имеющиеся исследования сфокусированы на эффективности искусственного интеллекта в сравнении с оценкой специалиста. По данным статьи Тимофеевой С.С. «Цифровизация и искусственный интеллект в охране труда» [1], успешно функционирует Единая информационная система охраны труда (ЕИСОТ), в которой зарегистрировано 70 000 организаций, накоплено 1,8 млн отчетов о специальной оценке для более 30 млн рабочих мест. Во многие предприятия успешно включены датчики, системы мониторинга, системы идентификации по лицу – Face ID, которая обеспечивает допуском к работе при наличии обязательных СИЗ. На данный момент организации уже активно пользуются кабинетом по охране труда, в котором ведется реестр в сфере обучения сотрудников и загружаются СОУТ, а затем на почту и госуслуги приходит уведомление. На сайте Минтруда искусственный интеллект проводить проверку всех загруженных протоколов по СОУТ и уведомляет об ошибках [2]. Эта система создана в рамках Единой общероссийской справочно – информационной системы по охране труда (ЕИСОТ) и регулируется Постановлением Правительства РФ от 24.12.2021 г. № 2464 [3] и Федеральным законом от 28.12.2013 N 426-ФЗ [4].

В нашей статье мы сравним эффективность Kiout CHAT и ChatGPT при фиксации рисков на рабочем месте, а также корректность ссылок на ГОСТ и нормативы. Для проверки каждой системы на базе искусственного интеллекта, выполнили запрос по фиксации опасностей на автосервисе. Были выделены следующие зоны: зоны с электрощитком, зона с пожарным щитом, зона потолка с висящими проводами, зона ремонтных работ. На основе ответов можно выделить следующие принципиальные различия:

Chat CPT представляет универсальную языковую модель, обученную на широком объеме данных. Применительно к охране труда, особенно при анализе рисков и опасностей на рабочем месте, у него есть определенные ограничения. Он не имеет встроенной специализированной базы нормативно – правовых актов в сфере охраны труда, при ответе ссылается на ГОСТ без указания пункта или для разных рисков может применять одни и те же ссылки. Это означает, что при запросе оценки риска, чат дает общую информацию о возможных рисках на рабочем месте, если дополнительно не уточнить дать ответ с ссылками на нормативные документы.

Kiout Chat, разработанный Клинским институтом охраны и условий труда, предназначен как специализированный инструмент в области охраны труда. Его ключевым отличием является встроенная отраслевая база, накопленная за 25 лет работы института [5]. Сайт имеет регистрацию, после которой специалист может воспользоваться необходимыми инструментами. Помимо фиксаций опасных ситуаций на рабочих местах, на сайте также представлены: анализ опасных ситуаций, создание инструкций по охране труда, аудит, оценка профессиональных рисков, оценка состояний СИЗ, юридический помощник. Данное разделение позволяет выбрать нужную функцию для последующей работы с ботом для поиска нужных актов, ГОСТ, СанПиН, пунктов Трудового кодекса и анализа рисков и состояния рабочего места. При выполнении запроса боту можно дополнительно уточнить вид работ, должность запрашиваемого, наименование организации, предварительно заполнив анкету. Для инструмента фиксации опасных ситуаций прикрепляются фотографии анализируемого рабочего места. Если перед запросом не была указана дополнительная информация, бот предоставит характеристику рабочего места с последующей характеристикой состояния оборудования, территории, СИЗ, нахождения химических веществ. Чат выводит перечень выявленных нарушений требований охраны труда в виде таблицы с указанием для каждого нормативного документа и номера пункта, а также меры по снижению рисков с сроками их устранения. В конце ответа предоставляется форма предписания по результатам проверки и анализа опасных ситуаций.

Несмотря на положительные стороны Kiout CHAT, эмпирические исследования показывают некоторые ограничения. В исследовании Тимофеевой С.С., проведенного на золотоизвлекательной фабрике, было установлено, что чат бот идентифицировал 10 и 11 профессиональных рисков, в то время как специалисты по охране труда 16 и 17 видов риска [6]. Следовательно, уровень средних рисков, выявленных чат ботом, практически в 1,5 раза ниже, чем при экспертной оценке специалистами. Таким образом Kiout CHAT может пропускать часть вредных факторов, однако каждый идентифицированный риск сопровождается ссылкой на нормативный документ.

В заключении можно сказать, что Kiout CHAT представляет собой перспективным, но не самодостаточным инструментом для фиксации повышенных уровней риска на рабочем месте. Он эффективен в качестве помощника в первичном анализе и идентификации опасностей, а также как юридический справочник. Общая проверка зон повышенной опасности должна оставаться за специалистами охраны труда. В сравнении с Kiout Chat, Chat CPT, не имея законодательной базы, обладает общими поверхностными знаниями и не может рассматриваться как альтернатива специализированному чат – боту.

Список использованных источников

1. Тимофеева С.С. Цифровизация и искусственный интеллект в охране труда – Текст: электронный // XXI век. Техносферная безопасность : электронный журнал – 2024 – Т. 9. № 3. – С. 280-295. – URL: *https://journals.istu.edu/technosfernaya_bezopastnost/journals/2024/03/articles/06* (дата обращения 27.03.2026)

2. Минтруд России: Единая общероссийская справочно-информационная система по охране труда: [сайт]. – г. Москва, 2012 – URL: *https://lkot.mintrud.gov.ru/* (13.04.2026). – Режим доступа: для зарегстрированных пользователей. – Текст : электронный

3. О порядке обучения по охране труда и проверке знания требований охраны труда: Постановление Правительства РФ от 24.12.2021 г. № 2464 : сайт / НормативКонтур. – Екатеринбург, 2009 – URL: *https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=442665#h160* (дата обращения 13.04.2026). – Текст : электронный

4. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ : сайт / НормативКонтур. – Екатеринбург, 2009 – URL: *https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=455233* (дата обращения 13.04.2026). – Текст : электронный

5. Kiout CHAT – искусственный интеллект в охране труда : [сайт]. – г. Клин, 2023 – URL: *https://chat.kiout.ru/* (дата обращения 26.03.2026). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. – Текст : электронный

6. Тимофеева С.С., Касимов И.Р., Али Е.Б. Применение искусственного интеллекта в оценке профессиональных рисков золотоизвлекательной фабрики – Текст: электронный // Управление техносферой: электронный журнал – 2025. – Т.8. Вып.4. – С. 753–768. – URL: *https://technosphere-ing.ru/ru/technosphere/issue/32/3213* (дата обращения 02.04.2026)

УДК 574.00

Анализ возможности применения фиторемедиации для очистки почв от нефтепродуктов

Гаврилова Е.В., студент; Самарина А.К., студент; Пикулина Е.В., студент; Гусейнова С.М., старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии*

* Ответственный за переписку: ArinaSamarina2304@yandex.ru
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема загрязнения почв нефтепродуктами на урбанизированных территориях, обусловленная интенсивной хозяйственной деятельностью человека. Подробно рассмотрен метод фиторемедиации как перспективное направление биологической очистки, основанное на способности растений поглощать, накапливать и расщеплять загрязняющие вещества, а также стимулировать активность почвенных микроорганизмов. Описаны основные механизмы фиторемедиации (фитоэкстракция, фитодеградация, фитоволатилизация, ризодеградация, фитостабилизация), её преимущества (возможность применения непосредственно на загрязнённой территории, низкие затраты, неинвазивность) и недостатки (экспериментальный статус, зависимость от климатических условий). Приведён перечень растений-деструкторов углеводородов. На основе данных Росприроднадзора дана оценка уровня загрязнения почв в Нижнем Новгороде. С учётом климатических особенностей Нижегородской области предложены перспективные виды растений для фиторемедиации.

Ключевые слова: фиторемедиация, почвенные токсиканты, углеводороды, нефть, нефтезагрязнения, растения.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии ННГАСУ Гусейнова Саяд Мухтаровна.

Согласно данным, представленным в исследовании «Очистка почвы от нефтяных загрязнений с помощью растений», нефть и нефтепродукты относятся к числу наиболее распространённых и типичных антропогенных поллютантов природных сред. Нефть – это сложная смесь углеводородов с примесью различных соединений, которые могут биоаккумулироваться (накапливаться в организме), обладают токсичностью, а некоторые, такие как бензол и бензо[а]пирен признаны мутагенами и канцерогенами. Нефть и нефтепродукты оказывают негативное воздействие на состояние почв, способны привести к изменениям в их структуре, составе и свойствах, что отрицательно сказывается на их плодородии. Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами оказывает негативное воздействие на растения, главным образом из-за изменения их физико-химических свойств и торможениия интенсивности биологических процессов. Естественное самоочищение природных объектов от нефтяного загрязнения – длительный процесс. Поэтому все большую актуальность приобретает рекультивация нефтезагрязненных почв – фиторемедиация [1, 2].

Целью работы является анализ возможности применения фиторемедиации для очистки почв от нефтепродуктов. Для выполнения работы были поставлены следующие задачи:

– анализ актуальных научных публикаций по исследуемой теме, теоретических основ фиторемедиации как метода очистки почв от нефтепродуктов, включая её механизмы, преимущества и недостатки;

– оценка уровня загрязнения почв на урбанизированных территориях Нижнего Новгорода на основе открытых данных Росприроднадзора;

– выявление перспективных видов растений для фиторемедиации с учётом климатических условий Нижегородской области;

– предложение рекомендаций по применению фиторемедиационных технологий для восстановления почв на загрязнённых территориях.

Фиторемедиация – одно из новых направлений биологической очистки, основанное на применении растений их способности поглощать и накапливать загрязнения в своих частях, а также активизировать деятельность почвенных микроорганизмов в борьбе с загрязнениями, обеспечивая их необходимыми питательными элементами [3].

Фиторемедиация входит в состав более широкого понятия – биоремедиации, которая представляет собой комплекс методов очистки вод, грунтов и атмосферы с использованием биологических объектов: растений, грибов, насекомых, червей и других организмов.

Накопленный опыт применения биоремедиационных технологий позволил определить наряду с преимуществами и недостаток – проблему приживаемости штаммов-деструкторов в открытой экосистеме. Основная задача биоремедиации – обеспечение стабильного функционирования микроорганизмов в очищаемой почве. Наиболее эффективно использовать для этого растения, так как их ризосфера может обеспечить высокую численность микробной популяции и ее поддержание [4].

В настоящее время выделяют несколько подходов фиторемедиации:

1) фитоэкстракция – поглощение, транслокация и аккумуляция загрязнителя в растениях. Процесс лежит в основе очистки почв от тяжелых металлов и радионуклидов;

2) фитодеградация – после поглощения растениями происходит ферментативное расщепление и/или связывание молекул поллютантов в клетках растения;

3) фитоволатилизация – улетучивание загрязняющих веществ из растений с поверхности стеблей, либо через устьица листьев вместе с транспирационным потоком;

4) ризодеградация (фитостимулиция) – повышение эффективности микробного разложения поллютантов за счет активации почвенной микрофлоры в прикорневой зоне (ризосфере);

5) фитостабилизация – частичная стабилизация поглощенного поллютанта на поверхности или внутри корней либо в ризосфере [5].

Эффективность каждого из перечисленных подходов напрямую зависит от правильного выбора вида растений, способных выживать в условиях загрязнения и активно участвовать в деградации нефтепродуктов. Растения, обладающие способностью к фиторемедиации углеводородных загрязнителей, относятся к различным ботаническим семействам. Среди мятликовых (*Poaceae*) житняк Смита (*Agropyron smithii*), бородач Жерарда (*Andropogon gerardi*), колосняк канадский (*Elymus canadensis*) и соргаструм поникающий (*Sorgastrum nutans*) участвуют в разложении полициклических ароматических углеводородов, тогда как овсяница красная (*Festuca rubra*) и плевел многоцветковый (*Lolium multiflorum*) эффективны при загрязнении нефтью и дизельным топливом. Просо прутьевидное (*Panicum virgatum*) и плевел многолетний (*Lolium perenne)* характеризуются способностью к деградации широкого спектра углеводородов. Среди бобовых (*Fabaceae*) люцерна посевная (*Medicago sativa*) и соя (*Glycine max*) участвуют в разложении бензола и ПАУ, морковь обыкновенная (*Daucus carota*) из семейства зонтичных (*Apiaceae*) также эффективна в отношении ПАУ. Такие растения, как тополь дельтовидный (*Populus deltoids Marsh*) и ива (*Salix sp*.) обладают быстрым ростом, имеют более глубокое укоренение, высокую транспирацию, а также способны к ремедиации ароматических углеводородов, таких как бензол, толуол и ксилолы [1].

Злаки часто высаживают вместе с деревьями в качестве первичного метода восстановления. Они обеспечивают огромное количество мелких корней в поверхностном слое почвы, что является эффективным методом при связывании гидрофобных загрязняющих веществ, таких как полициклические ароматические углеводороды. Злаки часто высаживают между рядами деревьев, чтобы обеспечить достаточную стабилизацию грунта [1].

Бобовые растения, такие как люцерна (*Medicago Sativa*), клевер (*Trifolium hybridum*), и горох могут быть использованы для восстановления азота на почвах. Вульпия мышехвостниковая (*Vulpia myuros*), рожь (*Elymus зр.*), клевер (*Trifolium зр.)* также были успешно использованы в поглощении нефтехимических отходов. После уборки урожая травы могут быть утилизированы как компост или сожжены {1].

Для обоснования выбора фиторемедиации как приоритетного метода восстановления урбанизированных территорий Нижнего Новгорода был проведен сравнительный анализ основных групп технологий очистки, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика методов очистки почв от нефтепродуктов

Метод	Преимущества	Недостатки	Экономические аспекты применения	Примеры применения
Механический / Термический – выемка грунта, сжигание или промывка.	Высокая скорость очисти; полное удаление поллютантов с участка.	Уничтожение почвенной биоты и структуры; не применяется на больших площадях; высокий углеродный след.	Требуется обеспечение тяжелой техники, транспортировка грунта на полигоны (5000 – 15000 руб/м3).	Разлив мазута в Анапе. После ЧС использовалась выемка и вывоз загрязненного грунта на специализированные предприятия [6].
Биоремедиация – внесение штаммов – деструкторов	Широкая возможность использования живых систем; не приводит к существенным изменениям почвенные показатели.	Низкая скорость биодеградации токсиканта; необходимость проведения предварительного обследования загрязненного участка.	Относительно низкая стоимость биопрепарата (400 – 800 руб/га).	Рекультивация нефтезагрязненных почв Томской области. На основе аборигенных штаммов родов *Acinetobacter* и *Oleomonas* был создан биопрепарат «Абориген», после полевых испытаний на 8 участках было снижение содержание нефтепродуктов в 12,4 раза за 3 месяца [7].
Фитомередиация	Восстановление почвенной структуры и гумуса; усиление ризосферой микрофлоры; эстетичность ландшафта.	Длительный период очистки; ограничение по глубине корневой системы; зависимость от климатических условий.	Низкая стоимость, основные затраты представляют собой покупку семян/саженцев (300 – 6000 руб/га).	Фитомередиация загрязненных почв в условиях Северо-Западного Кавказа. Райграс многоукосный и клевер луговой способствовали снижению нефтепродуктов в зависимости типа почв на 69 – 89% от первоначального содержания [8].

Тем самым, сравнительный анализ методов свидетельствует о том, что фиторемедиация обладает рядом принципиальных преимуществ применительно к задачам восстановления урбанизированных территорий. С целью оценки потенциала применения данного метода в условиях Нижнего Новгорода был проведён анализ локальных данных о загрязнении почв на основе карты (смотреть рисунок 1).

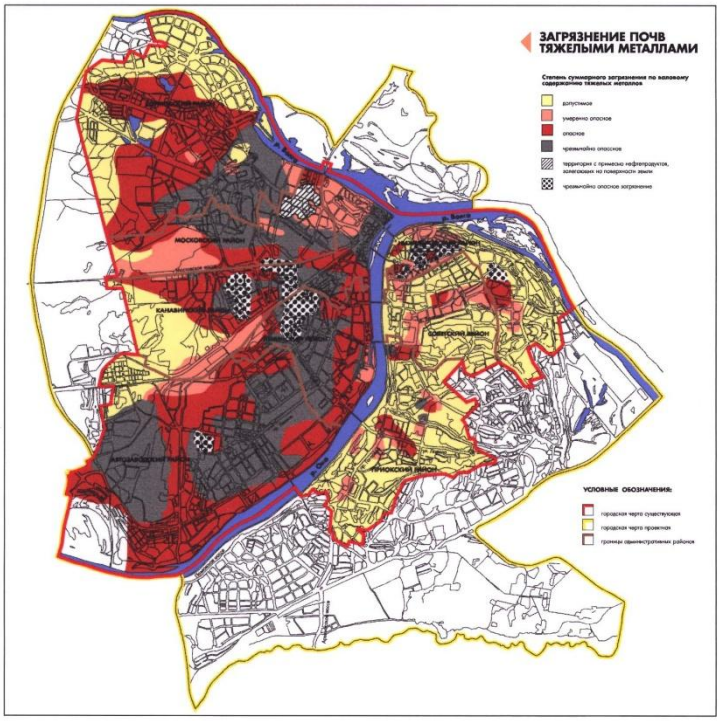


Рисунок 1 – Карта загрязнения почв тяжелыми металлами на территории Нижнего Новгорода [9]

Пространственный анализ картографического материала Нижнего Новгорода позволяет детализировать результаты и выделить локальные участки с критическим уровнем загрязнения (показатель – чрезвычайно опасное загрязнение) почв. Большая часть заречной территории Нижнего Новгорода подвержена интенсивному загрязнению почв тяжелыми металлами и нефтепродуктами. Участки, с наибольшем уровнем загрязнения, встречаются на территориях: Ленинского, Канавинского, Нижегородского и Автозаводского районов. На данных территориях расположено большое количество промышленных объектов, интенсивное транспортное сообщение, включая железнодорожную инфраструктуру, что создает условие для хронических утечек и аккумуляцию углеводородов в верхних горизонтах почвы. Также встречается участок с наибольшим количеством примесей нефтепродуктов, залегающих на поверхности земли, находящийся в микрорайоне Бурнаковский, так как здесь исторически сложилась зона промышленных объектов, связанных с нефтепереработкой и хранением топлива. Таким образом, на перечисленных территориях города почвенный покров находится в состоянии сильной антропогенной деградации, что требует его восстановления, которое с высокой эффективностью может быть обеспечено методом фиторемедиации.

Выбор растений для восстановления почв определяется почвенно-климатическими условиями и урбанистическими ограничениями. Наиболее подходящими считаются злаки (плевел, овсяница), бобовые (люцерна, клевер) и древесные (ива, тополь), так как они адаптированы к дерново-подзолистым почвам, умеренно-континентальному климату региона, толерантны к уплотнению и засолению почв в условиях городской среды, а также обогащают почвы питательными элементами, фитостабилизируют тяжелые металлы и обеспечивают фитодеградацию ароматических углеводородов, также имеют низкую стоимость высадки и агротехнического содержания.

Таким образом, были выявлены участки загрязнения почв тяжелыми металлами и нефтепродуктами на территории Нижнего Новгорода, предложен комплекс растений, адаптированных к условиям города, которые в перспективе могут быть использованы для фиторемедиации с целью очистки почв от загрязняющих веществ.

Список использованных источников

1. Юнусова, Д. М., Очистка почвы от нефтянных загрязнений с помощью растений / Д. М. Юнусова, Е. Н. Елизарьева // Форум молодых ученых. – 2016. – №4. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-pochvy-ot-neftyanyh-zagryazneniy-s-pomoschyu-rasteniy* (дата обращения: 01.04.2026). – Текст : электронный.

2. Тотубаева, Н.Э., Возможности использования высокогорных растений для фиторемедиации нефтезагрязненных грунтов / Н. Э. Тотубаева, М. Б. Жумабаева, К. А. Кожобаев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – URL: *https://natural-sciences.ru/article/view?id=37398* (дата обращения: 01.04.2026). – Текст : электронный.

3. Хлыбов, К. Н. Разработка подходов к биоремедиации нефтезагрязненных земель / К.Н. Хлыбов ; Тольяттинский государственный университет. – Тольятти, [б. г.]. – URL: *https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/5713/1/Хлыбов%20К.Н._ЭРТб_1301.pdf* (дата обращения: 01.04.2026). – Текст : электронный.

4. Янкевич, М. И. Биоремедиация почв: вчера, сегодня, завтра / М. И. Янкевич, В. В. Хадеева, В. П. Мурыгина // Биосфера. – 2015. – №2. – URL: *https://cyberleninka.ru/article/n/bioremediatsiya-pochv-vchera-segodnya-zavtra* (дата обращения: 02.04.2026). – Текст : электронный.

5. Лапушкин, М. Ю. Фиторемедиация как метод рекультивации земель, загрязненных хлорорганическими соединениями / М. Ю. Лапушкин, Н. Н. Лукьянова, Г. К. Васильева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2022. – Т. 2021,№ 4. – URL: *https://mivh.editorum.ru/ru/nauka/article/48696/view* (дата обращения: 02.04.2026). – Текст : электронный.

6. ЧС в Керченском проливе: все о ликвидации последствий к этому часу // РИА Новости Крым : [сайт]. – URL: *https://crimea.ria.ru/20250115/chs-v-kerchenskom-prolive-vse-o-likvidatsii-posledstviy-k-etomu-chasu-1143359436.html* (дата обращения: 02.04.2026). – Текст : электронный.

7. Франк, Ю.А. Повышение эффективности ремедиации нефтезагрязненных почв в природно-климатических условиях севера Томской области и сопредельных регионов с применением аборигенных микроорганизмов / Ю. А. Франк, К. Л. Никитчук, А. А. Сапега [и др.]. – URL: *https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44167413* (дата обращения: 02.04.2026). – Текст : электронный.

8. Швец, А. А. Фиторемедиация загрязненных нефтью почв в услових Северо-Западного Кавказа / А. А. Швец. – Краснодар, 2009. – URL: *https://kubsau.ru/upload/iblock/90b/90b59452bc23fd84ae681cfb29e9fa74.pdf* (дата обращения: 02.04.2026). – Текст : электронный.

9. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) // Росприроднадзор : [сайт]. – URL: *https://rpn.gov.ru/documents/legal/international/* (дата обращения 09.04.2026).– Текст : электронный.

УДК 69. 658.5.

Разработка эффективных процессов бетонных работ с учётом психоэмоционального состояния бетонщиков

*Летуновский В.В. магистрант; Розанцева Н.В. *, доцент кафедры ОС, канд.тех.наук*

*Ответственный за переписку:nrozanceva@lan.spbgasu.ru
Санкт-Петербургский государственный архитектурно строительный университет, Санкт-Петербург.

Аннотация: Статья посвящена исследованию влияния условий труда при монолитном строительстве на психоэмоциональное состояние бетонщиков и разработке эффективных производственных процессов с учётом этого фактора, что позволяет осуществить не только экономию ресурсов, но и напрямую инвестировать в человеческий капитал. Психоэмоциональное состояние бетонщиков напрямую коррелирует с качеством укладки смеси и уровнем травматизма. Цель – превратить бетонные работы из «боя с материалом» в контролируемый технологический процесс за счёт снятия ментальной нагрузки (предсказуемость, механизация, ритмичность). Предлагаемые решения (химические замедлители схватывания, механизированная вибрация, логистика Just-in-Time, лазерный контроль уровня) позволяют, как показал расчет, сократить приведенные трудозатраты почти вдвое – с 0,77 до 0,403 чел.-ч/м³, что соответствует интегральному коэффициенту эффективности Keff_labor = 1,91. При этом главный результат лежит не только в экономике, но и в человеческом измерении: исчезновение «страха дедлайна», снижение болевого синдрома от вибрации и обретение ритмической безопасности труда.

Ключевые слова: монолитное строительство, психоэмоциональное состояние, стресс, эффективность производства, технологические решения, безопасность труда.

Введение

Монолитное строительство, позволившее значительно повысить качество и скорость строительных работ, стало во главе индустриализации XX века, однако эта технология и сегодня остаётся одной из самых трудоёмких. За масштабами бетонных конструкций скрывается человеческий фактор, часто остающийся в тени. Работа с бетоном сопряжена с комплексным воздействием на организм человека, включающим экстремальные физические нагрузки, хронический стресс, вызванный строгими временными рамками схватывания смеси, а также постоянное влияние шума и вибрации. Дополнительным негативным фактором является высокая концентрация в воздухе попадающих в процессе работы не только частиц пыли, но и вредных паров, выделяемых самой смесью, что оказывает серьезное воздействие на дыхательную систему работающих бетонщиков.

Эти факторы напрямую влияют на эффективность производства: традиционные методы организации работ порождают скрытые потери времени до 40% из-за стресса, усталости и конфликтов в бригаде, что неизбежно сказывается на безопасности труда и качестве конечного продукта.

Цель данной работы – не просто констатировать наличие проблем, а предложить обоснованные наиболее эффективные процессы производства бетонных работ. Основными задачами исследования были изучение взаимосвязи между характером бетонных работ и психоэмоциональным состоянием работников, и предложение конкретных технологических

решений. Ведь оптимизация технологии под психофизиологию человека – это прямая инвестиция в производительность, позволяющая одновременно снизить нагрузку на персонал и повысить экономическую эффективность.

Материалы и методы

Основные факторы психоэмоционального стресса.

Работа с бетоном – это не просто тяжелый физический труд, но и постоянное психологическое испытание. В эпоху первых пятилеток психика строителей подвергалась колоссальному давлению: нечеловеческие физические нагрузки при дефиците питания, хронические перебои с материалами и сверхвысокие сдельные нормы создавали атмосферу перманентного стресса. В этом специфическом «эмоциональном сообществе», где неудачи часто списывались на происки врагов, родился уникальный феномен – «бетонная лихорадка» [1]. Это состояние, сродни наркотической ломке, овладевало рабочими при задержке поставок. Современники описывали прибытие грузовика с цементом как спасение с необитаемого острова.

Спустя десятилетия природа этого стресса предстала в ином свете. Если ранее «лихорадка» – это пик напряжения, то теперь, скорее после завершения смены наступает фаза опустошения. Традиционные методы монолитного строительства оказывают мощное негативное воздействие на психику рабочих. Хронический стресс снижает качество работы примерно на 40% и повышает травматизм на 60%. Это не просто усталость, а полная психологическая отстранённость. Мозг словно помещается в кокон информационного вакуума, теряя способность адекватно реагировать на внешние раздражители, автор статьи лично наблюдал ситуацию в процессе смены, когда один из бригадиров, выйдя после титанической заливки подвала в узком, тёмном пространстве, двигался с механически, не замечая опасностей –направляясь прямо в зону риска, потому что для него не существовало ничего, кроме выполненной задачи. Этот эпизод – яркая иллюстрация прямой корреляции: экстремальные условия труда напрямую продуцируют изменённые состояния сознания, многократно повышая риск травматизма.

Для глубокого понимания проблемы необходимо структурировать ключевые факторы, симптомы и последствия, представленные в табл.1.

Таблица 1 – Основные факторы влияния [2]

Фактор	Механизм воздействия, симптомы проявления
Физические перегрузки	Длительная работа в вынужденных позах, тяжелый ручной труд + постоянный шум, вибрация → перегрузка → хроническое напряжение и боль, тремор → психическое истощение, раздражительность.
Технологический цейтнот	Ограниченное время жизни бетона (max 1,5–2 часа) → задержки, неритмичная логистика → фрустрация, срыв рабочего ритма, режим аварийной мобилизации без восстановления, паника, рост аварийности, снижение качества работ (брак, травмы) → хронический стресс контроля, снижение мотивации к самосохранению, снижение когнитивных функций (память, внимание).
Монотонность операций	Повторяющиеся циклы → притупление бдительности, автоматическое функционирование с отключением критического мышления, уход в изменённые состояния, формирование токсичной культуры труда

Вышеперечисленные факторы свидетельствуют о необходимости внедрения более эффективных технологических процессов. Ключевые решения: химические замедлители схватывания, механизированная вибрация (виброрейки, наружные вибраторы), логистика Just-in-Time, лазерный контроль уровня.

Для снижения тревожности и повышения производительности рекомендованы следующие изменения по ранжированию процессов, соответствующих степени влияния на психоэмоциональную разгрузку. представленных в табл. 2.

Таблица 1 – Приоритетность внедрения в соответствии со степенью воздействия

Ранг	Процесс	Ключевой психологический эффект
1	Модификаторы бетона, продление жизнеспособности смеси до 4–6 часов	Снятие паники из-за времени, что снижает уровень кортизола (гормона стресса).
2	Механизация вибрации, переход на виброрейки (для полов) и наружные вибраторы (для стен)	Резкое снижение физической усталости – главного фактора депрессии на стройке. Уход от болевого синдрома улучшает атмосферу в коллективе.
3	Логистика Just-in-Time, цифровое планирование прибытия транспорта с интервалом 15–20 минут	Снижение хаоса, появление ритма, появляется предсказуемый цикл
4	Лазерный контроль уровня	Контроль и уверенность в результате. Скрытые простои из-за стресса (до 40%)

Наиболее эффективными мерами являются внедрение химических добавок-замедлителей и механизация вибрации. Они напрямую устраняют главные причины стресса: страх дедлайна и физическое истощение. Такой подход позволяет одновременно снизить психоэмоциональную нагрузку на персонал и повысить экономическую эффективность.

Результаты исследования

Ожидаемый результат: снижение конфликтов в бригаде в 2–3 раза и рост качества работ на 30–40%, что окупит затраты за счет отсутствия переделок.

Был проведен сравнительный расчет эффективности на примере условной плиты 200 м³.

Методика расчета трудозатрат при переходе от стандартной технологии (СТ) к эффективной (ПЭ) с учетом психоэмоционального фактора представлена в табл.3.

Таблица 1 – Расчет нормативных трудозатрат (без учета скрытых потерь) по ЕНиР (усредненно на 1 м³ бетонных работ) [3; 4]

Операция	Норматив СТ (чел.-ч/м³)	Норматив ПЭ (чел.-ч/м³)	Механизмы/ результаты	Расчет дополнительных потерь рабочего времени от психоэмоционального состояния
Прием, укладка, разравнивание	0,28	0,22	Лазер + виброрейка/ быстрее	Простои из-за неритмичной подачи бетона-15%
Уплотнение (вибрация)	0,15	0,08	Наружные вибраторы/ работают параллельно	Перерывы на «отдых от вибрации» 12%(регламентные + нерегламентные)
Заглаживание / финиш	0,12	0,06	Меньше правок из-за точного уровня	Переделки брака (недовибрированные зоны, перекосы)– 8%
				Конфликты / потери кооперации-5%.
Итого чистые операции	0,55	0,36	Экономия 34,5%	Итого: скрытые потери времени-40%*(Коэффициент потерь Kloss = 1+0,4)

*Необходимо учесть, что, благодаря замедлителю, механизации и JIT [5; 6], эти потери снижаются до 12% (остается только регламентированный отдых), и Коэффициент потерь Kloss_eff = 1+0,12.

Запишем итоговые приведенные трудозатраты:

$$\text{ТЗ} = \text{Норматив} \times Kloss \quad (1)$$

стандартная технология (СТ): ТЗ = 0,55 чел.-ч/м³ × 1,4 = 0,77 чел.-ч/м³

эффективная технология (ЭТ): ТЗ = 0,36 чел.-ч/м³ × 1,12 = 0,403 чел.-ч/м³

Согласно этому:

абсолютная экономия: 0,77–0,403 = 0,367 чел.-ч/м³

относительная эффективность: (0,77/0,403) ≈1,91раза (т.е. трудозатраты снижаются почти вдвое)

При этом не учтены: снижение больничных (вибрационная болезнь), уменьшение текучести, повышение качества (отсутствие переделок в гарантийный период).

Для удобства сравнения разных технологий был выведен интегральный коэффициент эффективности трудозатрат:

$$Keff\ labor = \frac{\text{ТЗст}}{\text{ТЗэт}} \quad (2)$$

Заключение

Феномен «бетонной лихорадки» в эпоху индустриализации служит назидательным уроком: решая задачи государственной важности, нельзя забывать о человеческом факторе. Профилактика стресса – это не слабость, а высшая форма профессионализма

Защита психического здоровья бетонщиков требует перехода от инженерных решений к психологическим, включая обязательные перерывы для восстановления, техники «заземления» после смены, усиленный контроль безопасности на выходе из зоны заливки, а также регулярный скрининг и обучение для раннего распознавания симптомов выгорания и диссоциации.

Научная новизна предлагаемого исследования заключается в рассмотрении бетонных работ не просто как источника физических перегрузок, а как специфического психотравмирующего процесса с собственной фазностью: ожидание, напряженная концентрация и пост-вакуум.

Это обосновывает необходимость разработки не общих, а «фазочувствительных» реабилитационных программ, нацеленных на купирование тревоги, поддержание ясности сознания и мягкое возвращение в реальность.

Внедрение предложенных процессов (замедлители схватывания, механизация вибрации, JIT-логистика, лазерный контроль) снижает фактические трудозатраты примерно на 48%, в расчете применен выведенный коэффициент (1) экономической эффективности – 1,9 к производительности труда бетонщиков. Экономия достигается также за счёт прямого сокращения операций, что оказывает важное воздействие на психоэмоциональные факторы (стресс, усталость, конфликтность).

Список использованных источников

1. Святослав Дубовенко «Ты забываешь всех знакомых и родственников и идёшь на шахту». Как строили московское метро [Электронный ресурс] – URL: *https://vatnikstan.ru/history/mos-metro-1930/?ysclid=mnn5ypskt4882482453* (Дата обращения 6.04.2026)

2. Гредел Т.Е. Промышленная экология / Т.Е.Гредел, Б.Р.Алленби /Пер.с англ. Под ред. Э.В. Гирусова (Серия «Зарубежный учебник»). – М.: Изд-во ЮНИТИ, 2004. – 239 с.

3. Сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Вып. 1 Здания и промышленные сооружения/Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1987.

4. Свод правил СП 435.1325800.2018 «Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 26 ноября 2018 г. N 746/пр)

5. Мугак Т.А., Терехин И.А. Применение концепции just-in-time на отечественных предприятиях // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 7. – С. 141–143. – URL: *https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=34163*

6. Just-in-time (JIT) manufacturing [Электронный ресурс]. – URL: *https://www.knowledgehut.com/tutorials/project-management/just-in-time-jit-manufacturing* (дата обращения: 15.03.2026)

УДК 504.06

Исследование методов повышения эффективности флотационных аппаратов для очистки воды

*Лукашев М.И. *, студент; Волкова В.Н., канд. техн. наук, доцент ИСО ДВФУ*

* Ответственный за переписку: lukashev.mi@students.dvfu.ru
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ), Политехнический институт (Школа), Инженерно-строительное отделение, Россия, г. Владивосток

Аннотация. Расширенный обзор современных методов интенсификации работы флотационных аппаратов для очистки промышленных и сточных вод от сложных многокомпонентных загрязнителей. Классическая флотация имеет серьезные ограничения по дисперсности извлекаемых частиц (снижение эффективности при размере менее 25 мкм) и уровню энергозатрат. В работе детально проанализированы три перспективных направления модернизации. Первое – конструктивно-гидродинамическое, включающее применение безнапорной флотации с вихревыми смесительными устройствами и нанесением силикатных эмалевых покрытий для создания высоких сдвиговых напряжений. Второе – волновое, основанное на виброакустическом воздействии на резонансных частотах, что позволяет эффективно удалять мелкодисперсный микропластик. Третье – физико-химическое, базирующееся на ионной флотации с точным контролем водородного показателя для извлечения редкоземельных металлов. Также рассмотрены гибридные технологии, совмещающие флотацию с мембранной микрофильтрацией. Сравнительный анализ показывает, что выбор метода напрямую зависит от физико-химических свойств поллютанта, а комбинированный подход является ключом к созданию эффективных технологий глубокой водоочистки.

Ключевые слова: флотация, очистка сточных вод, вихревое смесительное устройство, виброакустическое воздействие, микропластик, ионная флотация, гибридные технологии.

Научный руководитель – старший преподаватель инженерно-строительного отделения Политехнического института ДВФУ Козин А. В

Введение

Очистка промышленных и поверхностных вод является одной из важнейших и наиболее сложных экологических задач современности. Сточные воды современных предприятий часто характеризуются многокомпонентным составом, включающим стойкие эмульгированные нефтепродукты, частицы микропластика различных фракций и растворенные ионы тяжелых и редкоземельных металлов. Традиционные методы механической и биологической очистки далеко не всегда способны эффективно справиться с подобными дисперсными и высокотоксичными примесями.

Флотация, будучи универсальным сепарационным процессом, широко применяется в водоочистке, однако классические флотационные аппараты имеют ряд существенных физических ограничений. В частности, эффективность процесса флотации значительно снижается, когда размер флотируемых частиц становится менее 25 мкм [1, 2]. Это требует

разработки новых подходов к генерации пузырьков воздуха и управлению гидродинамикой потока.

Целью данного исследования является комплексный сравнительный анализ современных инновационных методов повышения эффективности флотационных аппаратов с использованием экспериментальных данных, таблиц и конструктивных схем. При подготовке структуры обзорной статьи и систематизации данных применялись инструменты искусственного интеллекта.

Конструктивные и гидродинамические методы

В процессе очистки нефтесодержащих промышленных стоков традиционная напорная флотация часто демонстрирует недостаточную эффективность. При использовании напорных флотаторов повышение рабочего давления (свыше $4{,}0 \cdot 10^5$ Па) приводит к негативным эффектам: увеличивается средний размер пузырьков из-за высокой начального пересыщения воды воздухом, а водовоздушная смесь излишне разбавляется при смешивании с очищаемой водой. В результате степень очистки в горизонтальных флотаторах может составлять не более 30%.

Перспективным решением данной проблемы является переход к безнапорной флотации с использованием водовоздушных эжекторов и вихревых смесительных устройств (ВСУ). ВСУ обеспечивают высокую дисперсность пузырьков воздуха за счет создания значительных касательных напряжений на границе раздела «воздушный пузырек – жидкость».

Дальнейшая гидродинамическая интенсификация достигается путем изменения площади смоченного периметра аппарата: внутри ствола ВСУ соосно устанавливается стержень или труба меньшего диаметра. Нанесение силикатных эмалевых покрытий на внутреннюю поверхность ствола ВСУ и наружную поверхность центрального стержня позволяет формировать в пристенной области потока экстремально высокие сдвиговые напряжения (рис. 1).

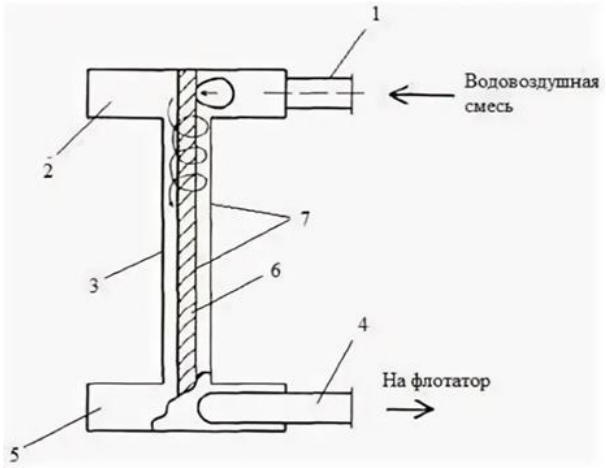


Рисунок 1 – Схема вихревого смесительного устройства (ВСУ) с эмалевым покрытием: 1 – подводящий трубопровод; 2 – входная камера; 3 – ствол (вихревая камера); 4 – центральный стержень; 5 – выходная камера; 6 – выходной трубопровод; 7 – эмалевое покрытие [2]

Подобная конструкция позволяет формировать в пристенной области потока высокие сдвиговые напряжения, что ведет к эффективному диспергированию пузырьков и повышению степени очистки стоков [3].

Волновые методы интенсификации

Серьезной глобальной угрозой стало загрязнение водной среды микропластиком – синтетическими полимерными частицами размером менее 5 мм. Существующие очистные сооружения не адаптированы для целевого удаления таких загрязнителей. Особенно остро проблема стоит с частицами размером менее 0,1 мм (например, из АБС-пластика), которые ведут себя как устойчивая дисперсная взвесь, не выпадают в осадок и практически не флотируются в стационарных условиях, повышая общую мутность воды.

Для интенсификации первичных стадий очистки было предложено использовать виброакустическое воздействие на флотационную систему. Экспериментальные установки, оснащенные пьезоэлектрическими акселерометрами и генераторами вибрации, позволили определить резонансную частоту системы.

Опытным путем доказано, что воздействие вибрацией синусоидальным сигналом на резонансной частоте (105,5 Гц) позволяет радикально ускорить процесс разделения фаз для мелких частиц. По сравнению с контрольными образцами (вода без вибрации), флотация мелких фракций микропластика существенно улучшается, что объективно подтверждается оптическими методами – снижением мутности воды (табл. 1).

Таблица 1 – Изменение мутности воды при вибрационном воздействии по сравнению с контрольным образцом

Показатель	Контрольный образец	Опыт 2.1	Опыт 2.2	Опыт 2.3
Уровень мутности, %	100	79	81	78

Согласно полученным данным, эффективность извлечения мелких фракций микропластика под воздействием вибрации возрастает в среднем на 20,6% [4].

Физико-химические и гибридные технологии

При переработке бедного техногенного сырья и очистке разбавленных промышленных стоков возникает задача извлечения растворенных ионов металлов, в частности, высокотоксичных редкоземельных элементов (РЗЭ). В этом случае применяется метод ионной флотации с использованием поверхностно-активных веществ (ПАВ), играющих роль собирателей.

При добавлении додецилсульфата натрия (SDS) эффективность извлечения критически зависит от водородного показателя (pH) среды. Исследования извлечения ионов иттербия (III) показывают, что в кислой среде флотация практически не идет (коэффициент распределения минимален), а при переходе в слабощелочную зону показатели резко возрастают (табл. 2).

Таблица 2 – Зависимость коэффициента распределения ионов иттербия от уровня pH при ионной флотации

Уровень pH	Концентрация Yb^{+3} в водной фазе, 10^4 моль/л	Концентрация Yb^{+3} в органической фазе, 10^3 моль/л	Коэффициент распределения
1.86	6.59	1.56	2.3
6.40	0.25	2.40	95.4
7.06	0.07	1.58	281.3
8.30	0.06	2.27	403.7

Как видно из таблицы 2, максимальное извлечение ионов иттербия (III) достигается при pH = 8,30 [5]. Это объясняется тем, что металл переходит в пенный продукт в форме основного дигидроксоиттербия додецилсульфата именно в зоне гидратообразования.

Кроме строгой настройки pH, эффективность водоочистки значительно возрастает при использовании гибридных установок, комбинирующих разные методы сепарации. Среди перспективных направлений:

– интеграция процессов флотации и мембранной микрофильтрации в одном резервуаре;

– в таких установках барботирование воздуха не только служит транспортом для частиц, но и предотвращает критическое загрязнение (фоулинг) погруженных керамических мембран;

– комбинирование флотации и биосорбции;

– свободно взвешенная мертвая биомасса (например, отходы фармацевтического брожения) используется для сорбции токсичных металлов из сложных многокомпонентных водных растворов, после чего нагруженный сорбент отделяется методом флотации растворенным воздухом.

Заключение

Анализ современных тенденций показывает, что для повышения эффективности флотационных аппаратов не существует единого универсального решения. Выбор оптимального метода и параметров процесса строго зависит от природы, размеров и физико-химических характеристик загрязнителя.

Для глубокой очистки от эмульгированных нефтепродуктов наиболее эффективны конструктивные и гидродинамические модификации, в частности, безнапорная флотация с использованием эмалированных вихревых смесителей, позволяющих генерировать микропузырьки без повышения энергозатрат на сжатие воздуха. При удалении мелкодисперсных стойких фракций микропластика (размером менее 0,1 мм) отличные результаты показывает волновой метод – виброакустическое воздействие на резонансных частотах. Для извлечения ценных растворенных ионов редкоземельных металлов из техногенных стоков ключевую роль играет физико-химический контроль уровня pH при осуществлении ионной флотации с добавлением собирателей.

Внедрение гибридных подходов (флотация с микрофильтрацией или биосорбцией) позволяет нивелировать недостатки классических систем. Комплексное применение проанализированных методов способно обеспечить создание современных, высокорентабельных и энергосберегающих технологий глубокой очистки промышленных и сточных вод, что внесет весомый вклад в защиту экологической среды.

Список использованных источников

1. Kyzas, G. Z. Flotation in Water and Wastewater Treatment / G. Z. Kyzas, K. A. Matis // Processes. – 2018. – Vol. 6. – P. 116. *https://doi.org/10.3390/pr6080116*

2. Peleka, E. N. Hydrodynamic aspects of flotation separation / E. N. Peleka, K. A. Matis // Open Chem. – 2016. – Vol. 14. – P. 132-139.

3. Rizayev, A. N. Ways to improve flotation wastewater treatment processes / A. N. Rizayev, Z. Musayev // European Journal of Research Development and Sustainability. – 2021. – Vol. 2. – № 12. – P. 190–191.

4. Ivanov, M. Research of vibroacoustic influence on flotation microplastic / M. Ivanov, A. Soloveva // MATEC Web of Conferences. – 2020. – Vol. 320. – P. 00008. *https://doi.org/10.1051/matecconf/202032000008*

5. Lobacheva, O. L. Ion Flotation of Ytterbium Water-Salt Systems An Innovative Aspect of the Modern Industry / O. L. Lobacheva // Water. – 2021. – Vol. 13. – P. 3493. *https://doi.org/10.3390/w13243493*

УДК 616.6

Методы контроля биологического фактора в АО «Нижегородский водоканал»

Укладова В.П., студент; Москалева А.Д., студент;*

* Ответственный за переписку: veronikaukladova317@gmail.com
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», г. Нижний Новгород

Аннотация. В докладе описаны методы контроля биологического фактора согласно нововведениям, по специальной оценке, условий труда. Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии биологического фактора (работы с патогенными микроорганизмами) на рабочих местах работников, непосредственно осуществляющих работы по обслуживанию и ремонту канализационных сооружений и сетей жилищно-коммунального хозяйства, в том числе производственного оборудования на этих объектах, осуществляется без проведения исследований (испытаний) и измерений на основе результатов производственного контроля условий труда по биологическому фактору на рассматриваемых рабочих местах. Целью производственного контроля является обеспечение безопасности и безвредности для человека вредного воздействия объектов контроля путём отбора проб сточной жидкости, лабораторных исследований и визуального контроля. Регламентированы процедуры отбора, транспортировки и хранения проб, а также методы исследования сточной воды на яйца гельминтов и цисты кишечных простейших. В рамках экспериментальной части исследовательской работы были выращены образцы бактерий E. coli – индикатора фекального загрязнения. Для обнаружения E. coli произведён посев воды на дифференциальные лактозные среды с инкубацией при температуре 44 °C. По результатам ферментации до кислоты и газа был получен положительный ответ на наличие E. coli. Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности эффективного применения предложенных методов контроля для оценки эпидемиологической опасности воды и риска возникновения кишечных инфекций в рамках производственного контроля на предприятии.

Ключевые слова: биологический фактор, производственный контроль, сточные воды, E. coli, яйца гельминтов, цисты кишечных простейших, специальная оценка условий труда, канализационные сооружения.

Научный руководитель – Забелин Виктор Алексеевич, Старший преподаватель

Введение

Согласно нововведениям по специальной оценке условий труда, отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии биологического фактора (работы с патогенными микроорганизмами) на рабочих местах работников, непосредственно осуществляющих работы по обслуживанию и ремонту канализационных сооружений и сетей жилищно-коммунального хозяйства, в том числе производственного оборудования на этих объектах, осуществляется без проведения исследований (испытаний) и измерений, на основе результатов проведения производственного контроля условий труда по биологическому фактору на рассматриваемых рабочих местах [1].

Целью производственного контроля является обеспечение безопасности и (или) безвредности для человека и среды обитания вредного влияния объектов производственного

контроля путем отбора проб сточной жидкости, лабораторных исследований воды и визуального производственного контроля [2].

Отбор проб, транспортировка, хранение и подготовка к исследованию

Отбор проб регламентируется методическими указаниями МУК 4.2.2314-08 «Методы санитарно-паразитологического анализа воды».

Для производственного контроля по биологическому фактору пробы сточных вод отбирают на входе в очистные сооружения.

Количество сточной воды на одну пробу должно быть не менее: неочищенной (до поступления на очистные сооружения) – 1 литр.

Отбор проб сточных вод проводят в резиновых перчатках с помощью емкостей объемом 200 – 500 мл.

Пробы этикетируются, регистрируют в журнале и доставляют в лабораторию, где их хранят в прохладном месте не более суток. В этикетке обязательно разборчиво указывается фамилия и должность отборщика пробы и представителя учреждения, на территории которого отбирались пробы [3].

Отбор проб сточной жидкости в рамках производственного контроля может производиться как аккредитованной организацией, так и пробоотборщиками подразделений АО «Нижегородский водоканал».

Пробы воды отправляются в аккредитованную лабораторию для дальнейшего исследования. Допускаются проведения исследований в химико-бактериологических лабораториях АО «Нижегородский водоканал».

Исследование сточной воды на яйца гельминтов

В каждую пробу сточных вод добавляют один из следующих коагулянтов: сульфат алюминия, сульфат железа(III) или сульфат меди(II) в дозе 0,5 – 0,6 г/л и тщательно размешивают. Полное осветление стоков наступает через 40 – 50 мин. После слива надосадочной жидкости осадок помещают (равномерно распределяя) в пробирки объемом 100 – 250 мл и центрифугируют в течение 3 мин. при 1000 об./мин. Воду сливают, а к осадку добавляют 2 – 4 мл 3 %-ного раствора соляной кислоты для растворения хлопьев коагулянта. Смесь размешивают и центрифугируют, жидкость сливают, а осадок обрабатывают по методике Романенко [4].

Исследование сточной воды на цисты кишечных простейших

Пробы сточной воды отстаивают в течение 12 – 16 часов, затем надосадочную жидкость сливают, осадок переносят в центрифужные пробирки и центрифугируют 5 минут при 1000 об./мин. Надосадочную жидкость удаляют, осадок переносят на предметное стекло, добавляют консервант и исследуют под световым или люминесцентным микроскопом.

Жизнеспособные цисты кишечных простейших остаются в составе этих консервантов неокрашенными. Дегенерирующие цисты окрашиваются красителем в фиолетовый цвет [4].

Перечень форм учета и отчетности по вопросам, связанным с осуществлением производственного контроля по биологическому фактору

По производственному контролю составляются [2]:

1) Отчеты по организации производственного контроля по биологическому фактору;

2) Протоколы отбора проб и исследований сточной жидкости;
3) Отчет о выполнении программы производственного контроля.

Таблица 1 – Показатели производственного контроля

№ п/п	Объект	Показатели	Кратность
1	Сточная вода	Микробиологические показатели: – ОКБ; – E.coli; -Колифаги; -Энтерококки; -Яйца гельминтов	1 раз в сезон

Таблица 2 – Визуальный производственный контроль

№ п/п	Тема проверки	Исполнитель	Кратность
1	Контроль санитарного состояния зданий и сооружений	Все работники подразделения	Ежедневно
2	Охрана труда	Руководитель подразделения, ведущие инженеры	Ежемесячно

Описание экспериментальной части исследовательской работы

В качестве экспериментальной работы были выращены примеры бактерий E.coli.

E. coli – таксономический представитель семейств Enterobacteriaceae – это грамотрицательные, оксидазоотрицательные, не образующие спор палочки, ферментирующие лактозу с образованием кислоты и газа в течение 18 – 24 часов [3].

E. coli – индикатор недавнего фекального загрязнения, свидетельствующий о потенциальной эпидемиологической опасности воды и риске возникновения кишечных инфекций [3, 5].

Для обнаружения E. coli был произведен посев исследуемой воды на фильтре на дифференциальные лактозные среды с последующей инкубацией посева микроорганизмов при температуре (44 +/– 0,5) °С [3].

При наличии выросших на мембранных фильтрах характерных колоний с металлическим блеском и с отпечатком проводят их дальнейшую иденфикацию для подтверждения принадлежности к бактериям E. coli [3].

Колонию пересеяли в пробирку со средой, содержащей цитрат агар. Среду перед посевом прогревали до температуры 44 – 45 °С. Посевы немедленно переносили в термостат для инкубации при температуре (44 +/– 0,5) °С в течение (21 +/– 3) ч [3].

При ферментации до кислоты и газа был дан положительный ответ на наличие E. coli.

Предложенные методы производственного контроля биологического фактора (включая исследования на яйца гельминтов, цисты кишечных простейших и E. coli) позволяют эффективно оценивать эпидемиологические риски на канализационных сооружениях. Результаты могут быть использованы для отнесения условий труда к классу (подклассу) при специальной оценке условий труда.

Вывод

В результате выполненной работы установлено, что методическое обеспечение производственного контроля биологического фактора в АО «Нижегородский водоканал» полностью соответствует актуальным требованиям специальной оценки условий труда [1, 3]. Показано, что отнесение условий труда к классу (подклассу) при воздействии патогенных микроорганизмов может осуществляться без дополнительных инструментальных измерений, на основе регламентированных процедур отбора проб сточной жидкости, их лабораторного анализа и визуального контроля [1, 2].

Экспериментально подтверждена эффективность предложенных методов идентификации индикаторных микроорганизмов. В ходе исследований выявлено, что посев сточной воды на дифференциальные лактозные среды с последующей инкубацией при температуре 44 +/-0,5 °С позволяет достоверно регистрировать наличие E. coli по ферментации лактозы с образованием кислоты и газа [3]. Полученные положительные результаты свидетельствуют о возможности использования E. coli в качестве надежного индикатора фекального загрязнения, что напрямую характеризует эпидемиологическую опасность воды и риск возникновения кишечных инфекций на объектах канализационного хозяйства [3, 5].

Таким образом, совокупность представленных методов контроля биологического фактора является достаточной, эффективной и рекомендуемой для применения на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства с целью минимизации профессиональных и эпидемиологических рисков

Список использованных источников

1. О специальной оценке условий труда : Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ (ред. от 24.07.2023). – Москва, 2013.

2. Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней : СанПиН 3.3686-21 (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 4). – Москва, 2021.

3. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы санитарно-бактериологических исследований объектов окружающей среды, воздуха и контроля стерильности в лечебных организациях : методические указания : МУК 4.2.2942-11 (утв. Роспотребнадзором 15.07.2011). – Москва : Роспотребнадзор, 2011. – 23 с.

4. Романенко Н.А., Падченко И.К., Чебышев Н.В. Санитарно-паразитологические исследования воды. – Москва : Медицина, 1996.

5. Биологические факторы на рабочих местах медицинских работников [Электронный ресурс] // БУ «Республиканский центр общественного здоровья и медицинской профилактики, лечебной физкультуры и спортивной медицины» Минздрава Чувашии. – 2020. – 10 апреля. – Режим доступа: *https://cheb-crb.med.cap.ru/press/2020/4/10/biologicheskie-faktori-na-rabochih-mestah-medicins4* (дата обращения: 09.04.2026). – Текст: электронный.

6. Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению : Приказ Минтруда России от 21.11.2023 № 817н. – Москва, 2023.

Всероссийская научно-техническая конференция по итогам исследовательских работ студентов архитектурно-строительных специальностей им. В.В. Найденко

Сборник докладов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
603000, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.
http://www. nngasu.ru, rector@nngasu.ru