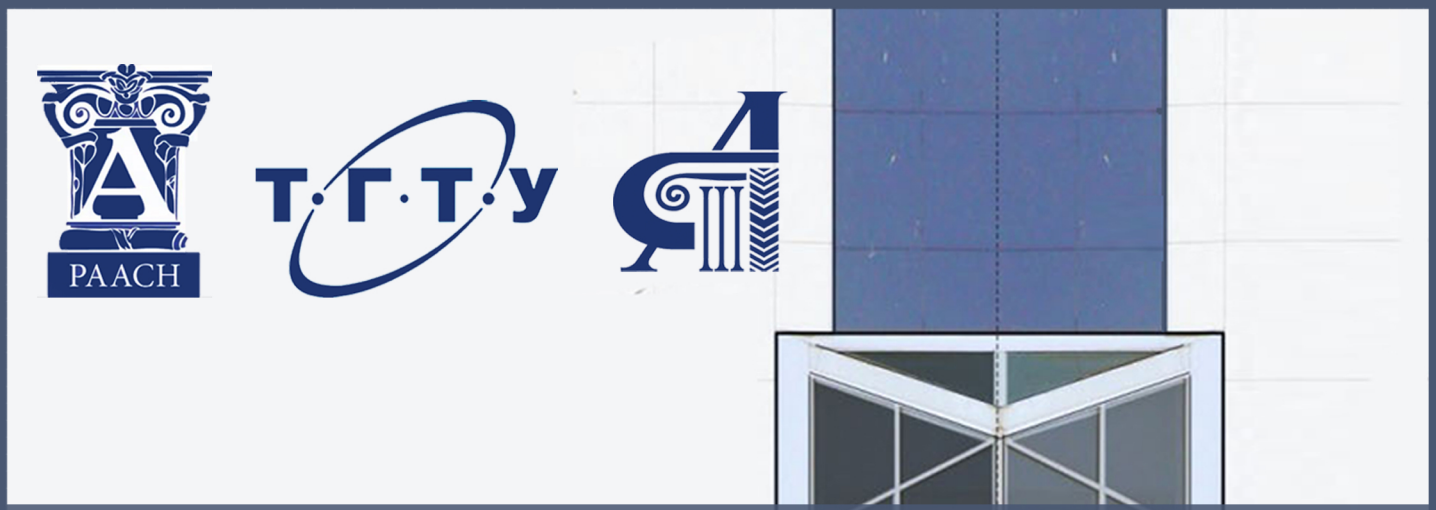


УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНА: АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ

МАТЕРИАЛЫ
XI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

НАПРАВЛЕНИЕ КОНФЕРЕНЦИИ
«ВЫЗОВЫ, СТРАТЕГИИ И РЕШЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ»



Тамбов, 28-29 мая 2025 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия архитектуры и строительных наук
Правительство Тамбовской области
Администрация города Тамбова
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНА: АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ

Материалы
XI Международной научно-практической конференции

НАПРАВЛЕНИЕ КОНФЕРЕНЦИИ
«ВЫЗОВЫ, СТРАТЕГИИ И РЕШЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ»

Тамбов, 28–29 мая 2025 г.

Научное электронное издание

Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2025

УДК 69
ББК 38
У81

Редакционная коллегия:

П. В. Монастырев (отв. редактор),
К. А. Андрианов, С. М. Ведищев, В. А. Гавриков, Т. Ф. Ельчищева, О. В. Умнова,
А. А. Мамонтов, С. А. Мамонтов, А. В. Милованов, Ю. Е. Глазков

У81 **Устойчивое развитие** региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы XI Международной научно-практической конференции. Направление конференции «Вызовы, стратегии и решения комплексного развития территорий» / отв. ред. П. В. Монастырев ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2025. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium IV ; RAM 512 Mb ; необходимое место на HDD 53,0 Mb ; Windows 7/8/10/11 ; дисковод CD-ROM ; мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8265-2934-8

Представлены научные статьи ведущих российских и зарубежных ученых и специалистов, преподавателей, аспирантов, соискателей и студентов по основным научным направлениям конференции. Рассмотрены вопросы: архитектуры; градостроительства; дизайна; расчета строительных конструкций; проектирования строительных материалов; проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог; реконструкции и реставрации зданий; автомобильного хозяйства и безопасности дорожного движения; транспортной логистики; агроинженерии; профессионального образования.

Материалы конференции могут быть полезны научным, инженерно-техническим работникам научно-исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателям, аспирантам, студентам вузов технического профиля.

Сборник статей входит в наукометрическую базу РИНЦ (eLibrary.ru).

УДК 69
ББК 38

Организаторы конференции и издательство не несут ответственности за материалы, опубликованные в сборнике. Все материалы даны в авторской редакции и отображают персональную позицию участника конференции.

Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком. Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.

ISBN 978-5-8265-2934-8

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Попов Н. С., Толстых С. Г., Баламутова А. А.
РИСКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ 8

Акулова И. И., Славчева Г. С., Бабенко Д. С.
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ РЕГИОНА В КОНТЕКСТЕ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ 13

Попов А. В.
АРХИТЕКТУРА ВУЗОВ В РОССИИ 18

Леденева Г. Л.
АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ 20

Молоткова Н. В., Монастырев П. В., Гавриков В. А., Гуськов А. А., Зеленин Г. В.
ОПЕРЕЖАЮЩАЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ЖКХ В ТАМБОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ: КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ 23

СЕКЦИЯ 1. АРХИТЕКТУРА, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И ДИЗАЙН

Агапов И. С., Кожухина О. Н.
ВИДЫ И ТИПЫ АРЕНДНОГО ЖИЛЬЯ В РФ: АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО РЫНКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ 32

Видякина С. А., Додонова М. А., Спицына Е. А.
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ФОЛЬКЛОРА В АРХИТЕКТУРЕ ОБЪЕКТОВ ОБРАЗОВАНИЯ 36

Грязнова В. В.
ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШКОЛ-ИНТЕРНАТОВ В СТРАНАХ ВОСТОЧНОЙ АЗИИ. СПЕЦИФИКА И ТЕНДЕНЦИИ (НА ПРИМЕРЕ КИТАЯ) 39

Ельчищева Т. Ф., Морозова А. А.
СТИЛЬ «МОДЕРН» НА ФАСАДАХ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ «КРАСНЫЕ КАЗАРМЫ» 47

Ельчищева Т. Ф., Севастьянова К. А.
КОНЦЕПЦИЯ РЕСТАВРАЦИИ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ 52

Ельчищева Т. Ф., Скляр В. Е.
ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ НА ЧЕЛОВЕКА 58

Иванов М. Э.
КОМПЛЕКСНОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ В СВЕТЕ ЗАКОНА ОБ ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ 63

Иванищев Н. А., Кожухина О. Н.
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТИПОЛОГИЯ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ 66

Карасова И. Ю., Гришова Т. А.
ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ РЫНОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДА ТАМБОВА 70

Карасова И. Ю., Гришова Т. А.
РЕКОНСТРУКЦИЯ ДОХОДНЫХ ДОМОВ, ПРИЕМЫ СРЕДОВОЙ АДАПТАЦИИ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ 75

Карасова И. Ю., Филимонова Е. П.
ИЗУЧЕНИЕ АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ СЕЛЬСКИХ УСАДЕБ ТАМБОВСКОЙ ГУБЕРНИИ И ОБЛАСТИ 79

Кокорина О. Г., Петченко И. С., Чугреева Ю. А.
ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНИРОВКИ И АРХИТЕКТУРЫ СОЛОМБАЛЫ 88

Кравчук Е. И., Леденева Г. Л.
СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ КЛУБНОГО ДОМА: ОБЩЕНИЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 93

Кузнецов И. В.
АСПЕКТ ИНФОРМАТИВНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «УНИВЕРСАЛЬНОГО ДИЗАЙНА» 95

Кузнецова Н. В., Севодина К. В.
МОБИЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ: ТИПОЛОГИЯ, ПРЕИМУЩЕСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ 99

Кузнецова Н. В., Сечнев С. В.
ХРАМ ВОСКРЕСЕНИЯ ХРИСТОВА В СЕЛЕ ГАГАРИНО ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ: СОСТОЯНИЕ И СТРАТЕГИИ СОХРАНЕНИЯ 104

Кузьмина С. В., Викарчук А. А., Еремеева А. Ф.
НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВЕЛЬСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ 109

Левинский И. И.
ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ БЕЗ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ 115

Литвинова Н. А., Матвеева И. В., Шишкин Д. М.
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ СОЦИАЛЬНО-БЫТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТЕРРИТОРИЙ МАССОВОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ 120

Мамугина В. П.
РИСУНОК В АРХИТЕКТУРНО-ДИЗАЙНЕРСКОМ ОБРАЗОВАНИИ 122

Охотников Л. С., Чмир Ю. Э.
АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ 125

Петронюк И. С., Никифоренко Е. М.
ИСТОРИЯ ИСКУССТВ В СИСТЕМЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ АРХИТЕКТОРОВ 129

Рассолова С. С., Новикова В. Е., Еремеева А. Ф.
НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ КОТЛАС-СОЛЬВЫЧЕГОДСК-КОРЯЖМА 132

Резайкин И. В., Бусуек А. Ю., Еремеева А. Ф.
ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНИРОВКИ И АРХИТЕКТУРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ АРХАНГЕЛЬСКА 136

Сокольская О. Н., Аваадех Хаммам И. Х.
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМОЙ ЗАСТРОЙКИ С УЧЕТОМ ВЫСОКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В СТРАНАХ ОАЭ 143

Сокольская О. Н., Аваадех Хаммам И. Х., Литвяк М. В.
ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ОТРАЖЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КРАСНОДАРА 147

Сокольская О. Н., Бурачевский Д. А., Гусев М. А.
РОЛЬ АЭРАЦИИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ 151

Старкова Т. В., Григорьева А. С.
НАСЛЕДИЕ В ДЕТАЛЯХ: ИССЛЕДОВАНИЕ И СОХРАНЕНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ОКОННЫХ НАЛИЧНИКОВ 154

Шеина С. Г., Федоровская А. А., Атаева А. М., Климов Д. В.
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕВИТАЛИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ 159

СЕКЦИЯ 2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Алисова А. А., Волкова Д. С.
ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ 164

Алисова А. А., Наземи Ф., Волкова Д. С.
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕЛКОЗАГЛУБЛЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ 168

Анпилов С. М., Умнова О. В., Маркин И. А.
РАСЧЕТ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ БИЗОН ППУ-260 ПРИ ВАРИАЦИИ ТОЛЩИН НАСТИЛА И ПРОЛЕТОВ В СООТВЕТСТВИИ С СП260. 1325800. 2016 171

Булгаков А. Г., Савченко Н. С., Шубин И. Л.
МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ, ИНСТРУМЕНТЫ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА 182

Грибановский Д. Л.
ПРЕИМУЩЕСТВО РАСЧЕТОВ ГАЗОВОЙ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «SOLID WORKS» 187

Гришина А. В., Баранов Ю. А., Корчагина О. А.
СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ И РАСЧЕТ ПОВЕРХНОСТНОЙ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ АНТИКОРРОЗИЙНОЙ ОБРАБОТКЕ ФЕНОЛСПИРТАМИ НА ПРИМЕРЕ БРУСОВОГО СООРУЖЕНИЯ В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ 190

Жоголева О. А., Маликова Е. А.
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ И НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СФЕРЕ СОДЕРЖАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРИВАТИЗИРОВАННЫМ ЖИЛИЩНЫМ ФОНДОМ 192

Котова Е. В., Данилов Е. В.
СЛОЖНОСТИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КРУЖАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ LVL: УЧЕТ НЕЛИНЕЙНОСТИ И АНИЗОТРОПИИ МАТЕРИАЛА 197

Кузнецов В. А., Кузнецова Ю. И., Федорова Э. В., Сламихина А. Ю., Сузюмов А. В.
ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ АНКЕРНЫХ КРЕПЛЕНИЙ ДЕРЕВЯННОЙ КАРКАСНОЙ СТЕНОВОЙ ПАНЕЛИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ 201

Лазарев А. А., Федотов И. Ю.
ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ САМОВОЛЬНОМ УТЕПЛЕНИИ ФАСАДОВ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ И УЯЗВИМОСТЬ ОКОННЫХ БЛОКОВ 204

Минаков Д. В.
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НВФ ДЛЯ ЖИЛОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД 208

Меляков Д. А., Пятова Е. А., Киселева О. А.
ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО АКУСТИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ КОНЦЕРТНОГО ЗАЛА ДЕТСКОЙ МУЗЫКАЛЬНОЙ ШКОЛЫ № 2 ИМ. В. К. МЕРЖАНОВА В Г. ТАМБОВ 216

Наземи Ф., Волкова Д. С.
СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ 219

Николюкин А. Н., Монастырев П. В.
НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ ФЕРМ 223

Пусенков А. Г., Козунова О. В.
НЕЛИНЕЙНЫЙ РАСЧЕТ ЛЕНТОЧНОГО ФУНДАМЕНТА НА ДВУХСЛОЙНОМ ОСНОВАНИИ С НАКЛОННЫМ СЛОЕМ С УЧЕТОМ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ. ВЕРИФИКАЦИЯ С ЭКСПЕРИМЕНТОМ 225

Сайкина Л. Р., Муравьев Д. А., Киселева О. А.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВНУТРЕННЕГО И НАРУЖНОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО УТЕПЛЕНИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ДОМОВ 50-Х…70-Х ГОДОВ 230

Семенов Д. А.
ПОСТАНОВКА В ПРОИЗВОДНЫХ И РЕШЕНИЕ МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ 233

Серебряков И. С.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЕРЕВЯННЫХ СКАТНЫХ КРОВЕЛЬ 240

Сигачева С. А., Корчагина О. А.
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЯНОГО ОБОГРЕВА ФУТБОЛЬНОГО ПОЛЯ НА СТАДИОНЕ «СПАРТАК» 248

Сухова Д. А., Макаров А. М.
МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ РЕЕСТРА ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В ЭЛЕКТРОННОМ ДОКУМЕНТООБОРОТЕ 251

Толчеева В. И., Сайкина Л. Р., Сузюмов А. В.
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПО ТОЛЩИНЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СТЕН, ПРОХОДЯЩИХ ЧЕРЕЗ НИХ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ, НА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ ШКОЛЫ «СКОЛКОВО 254

Тумасов Э. А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СМЕЩЕНИЙ ГРУНТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ 257

Умнова О. В., Гриднев А. В.
КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕФАБ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ 260

Умнова О. В., Гриднев А. В.
СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ЖИЛОГО ЗДАНИЯ ИЗ ПРЕФАБ-МОДУЛЕЙ В ЛИНЕЙНОЙ И ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ 263

Умнова О. В., Гриднева Я. И., Сорокина М. С., Тюкова А. А.
BIM-МОДЕЛЬ КАК СРЕДСТВО РАЗРАБОТКИ И ОБОСНОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДВУХ ВАРИАНТОВ КОЛИВИНГА ПОВЫШЕННОЙ КОМФОРТНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КАМПУСА ТГТУ 269

Умнова О. В., Сорокина М. С., Гриднева Я. И., Тюкова А. А.
BIM-МОДЕЛЬ КАК СРЕДСТВО РАЗРАБОТКИ СМЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДВУХ ВАРИАНТОВ ЗДАНИЯ КОЛИВИНГА ПОВЫШЕННОЙ КОМФОРТНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КАМПУСА ТГТУ 272

Умнова О. В., Тюкова А. А., Сорокина М. С., Гриднева Я. И.
BIM-МОДЕЛЬ КАК СРЕДСТВО РАЗРАБОТКИ И ПОИСКА КОЛЛИЗИЙ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ДВУХ ВАРИАНТОВ ЗДАНИЙ КОЛИВИНГА ПОВЫШЕННОЙ КОМФОРТНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КАМПУСА ТГТУ 282

Федосов С. В., Петрухин А. Б., Нармания Б. Е.
МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СРЕДАХ, НА ОСНОВНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА 295

Худяков А. В., Бин Альшк А. М. А. С.
ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ПОДОШВЫ ФУНДАМЕНТОВ НА ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ НАКЛОННОГО ПЕСЧАНОГО ОСНОВАНИЯ 298

Худяков А. В., Белоглазов А. Ю., Буланова В. А.
ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕКРЫТИЙ И ПОКРЫТИЙ 303
Щекина Д. Л., Киселева О. А.
МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ, ПРИМЕНИМЫЕ ДЛЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ 305

СЕКЦИЯ 3. СОВРЕМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Агеева Я. Д.
ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ 311
Артамонова О. В., Закатов А. Б.
ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО МИКРО- И НАНОДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЯ 315
Бондарев Б. А., Бондарев А. Б., Жидков В. К., Колобанов А. С.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПОЛИЭФИРНОГО ПОЛИМЕРБЕТОНА, АРМИРОВАННОГО СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРОЙ 318
Бредихин В. В.
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА 324
Булгаков А. Г., Хольшемахер К., Асеев В. Ю.
РОБОТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА АРМИРОВАННЫХ БАЗАЛЬТОВЫМ ВОЛОКНОМ БЕТОННЫХ ПЛИТ 328
Вавренюк С. В., Вавренюк В. Г., Русанова Т. Ю., Фарафонов А. Э., Малюк В. В.
ХАРАКТЕРНЫЕ ОШИБКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОНТАЖНЫХ ЗАЗОРОВ В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ СТЕН С ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКОЙ ПОД ШТУКАТУРКУ 335
Иванов А. С.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЛАХТА ЦЕНТР 2 338
Ильина Л. В., Вишняков Н. С., Шихалев А. Е.
ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ 341
Ильина Л. В., Цекарь Д. А., Кабаков И. А.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАБОРА ПРОЧНОСТИ В ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ВВЕДЕНИИ КОМПЛЕКСНОГО МОДИФИКАТОРА 346
Киселева О. А., Ефанов В. О., Уксова А. А., Никулина А. Э., Козлов И. А., Прокудина Д. В., Соколин Е. С.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРК-ОТЕЛЯ ДЛЯ СЕМЕЙНОГО ОТДЫХА В С. ТУЛИНОВКА 350
Лесовик В. С., Дудченко В. А., Салил Мурад Яхья Моххамед.
РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГОРОДОВ ЛНР И ДНР 355
Малюк В. В., Малюк В. Д., Вавренюк С. В.
ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СРЕДЫ НА БЕТОН КОНСТРУКЦИЙ ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ 358
Михайлова Ю. Р.
ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЗАЩИТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ 363
Мотылев Р. В., Нечай А. А.
УГЛЕРОДИСТЫЙ БЕТОН И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ 367
Силкин А. А.
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОБЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛЫ ТЭЦ: ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 373
Таскалиев А. Т., Монастырев П. В., Ельчищева Т. Ф.
ИЗГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПОКИ ШИПОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ 377
Шеина С. Г., Русина А. А.
ЗЕЛЕНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ 383

СЕКЦИЯ 4. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ, АВТОМОБИЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО, БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Алексеенко Е. В.
МЕТОД РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ МОЩНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЫСТРОВОЗВОДИМОГО РЕМОНТНОГО ЦЕХА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПАРКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН НА ОБЪЕКТЕ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 389

Бармина О. В., Матвеева И. В., Чекалов Р. А.
ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ВЕЛОИНФРАСТРУКТУРЫ ... 392

Бондарев Б. А., Канищев А. Н., Борисов А. Е.
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ГРУНТОВ: АНАЛИЗ ПЕРВОНАЧАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭТИХ МАТЕРИАЛОВ ... 397

Бондарев Б. А., Ярцев В. П., Бондарев А. Б., Жидков В. К., Колобанов А. С.
ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ... 400

Бредихин В. В.
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ... 405

Жажа Е. Ю., Морозова М. И., Афонин И. В.
ВРЕМЕННЫЙ ПОВЕРХНОСТНЫЙ ВОДООТВОД С ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА ... 408

Лямин Д. О., Андрианов К. А.
ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН ДОРОЖНОГО СЕРВИСА В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ ... 413

Лямин Д. О., Андрианов К. А.
АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОБЪЕКТАМИ ДОРОЖНОГО СЕРВИСА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ ... 418

Макаров А. М., Ермаков К. И.
ПРОБЛЕМЫ ПОДБОРА ШУМОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ В ГОРОДСКОЙ ЧЕРТЕ ... 421

Наместников Н. С., Хольшев Н. В., Глазков В. Ю., Букина М. А.
РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ РАЗГОНА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ ПОМОЩИ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ... 426

Стежко В. П., Кузякина М. В., Пелина А. Н.
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ ... 431

СЕКЦИЯ 5. ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА В АПК

Башкатов С. А., Брусенков А. В.
ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ КОРМОВЫХ КОРНЕПЛОДОВ ... 437

Доровских Д. В., Павлов А. Г., Доровских Н. Д., Мещеряков И. Н.
АНАЛИЗ СПОСОБОВ УЛУЧШЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОДОБАВОК ... 439

Доровских Д. В., Павлов А. Г., Доровских Н. Д., Мещеряков И. Н.
АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ... 444

Доровских Д. В., Павлов А. Г., Доровских Н. Д., Соловых Д. Д.
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ... 449

Кондратьев А. А., Брусенков А. В.
ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ... 452

Ложкина Е. Б.
КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ШНЕКОВО-ЛЕНТОЧНОГО СМЕСИТЕЛЯ ... 454

Рогожкин А. С., Глазков А. Ю., Выгузов М. Е., Башкатов С. А., Ведищев С. М., Прохоров А. В.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СМЕСИТЕЛЕЙ СУХИХ РАССЫПНЫХ КОРМОСМЕСЕЙ ... 457

Сантурян О. В., Ведищев С. М., Ложкина Е. Б., Кажияхметова А. А., Ковалева Т. М.
ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ ... 459

Старцев С. В., Павлов А. В., Нестеров Е. С.
РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЩЕЛЕВАНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР В САРАТОВСКОМ ЛЕВОБЕРЕЖЬЕ ... 461

Шапошников А. В., Брусенков А. В.
СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ ... 465

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 502/504
ББК 20.1

РИСКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Попов Николай Сергеевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»
e-mail: *eco@tstu.mail.ru*

Толстых Светлана Германовна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений»
e-mail: *svetlanatolstyh@mail.ru*

Баламутова Анна Андреевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», аспирант
e-mail: *8436931@gmail.com*

Аннотация. Предложен энтропийный подход авторов к изучению причин возникновения социально-экологической напряженности в случаях недостаточной осведомленности населения об экологической безопасности проектов территориального развития РФ и их потенциальных воздействиях на объекты окружающей среды. Неубедительность проведения общественных слушаний по проектам, в свою очередь, порождает слухи о негативных последствиях для населения и приводит к массовым протестным акциям. В докладе рассмотрена методология комплексной оценки рисков социально-экологического характера в проектах территориального развития, с последующей их интеграцией в энтропийную меру степени неопределенности состояния конкретной природо-промышленной системы. Также в докладе предложена модель распространения тревожных слухов, использующая величину энтропии системы, позволяющая оценить нарастание напряженности в обществе и своевременно сфокусировать внимание проектантов на недостатках предложенных проектных решений в аспекте социально-экологических последствий.

Ключевые слова: проектная деятельность; устойчивое развитие территорий; энтропия природо-промышленной системы; социально-экологическая напряженность; распространение слухов; моделирование.

Введение. Уровень общественного благосостояния в субъектах РФ зависит от характера пространственной организации производительных сил: выбора наилучших вариантов совместного размещения всех элементов хозяйства, комплексного использования трудовых и естественных ресурсов и преимуществ территориального распределения труда, скоординированного использования природного и экономического потенциалов отдельных территорий. Вместе с тем развитие территорий неминуемо затрагивает качественное состояние природных сред и условий жизнедеятельности населения [1]. В ряде случаев последствия от строительства новых или модернизации существующих объектов территориального развития оказываются негативными с точки зрения людей, проживающих на смежных территориях. Недостаточно тщательно разработанные проекты порождают недоверие у населения и способствуют возникновению социально-экологической напряженности в обществе.

Социально-экологическая напряженность (СЭН) является «характеристикой актуализации социально-экологических процессов в их взаимосвязи с реальной антропогенной нагрузкой на окружающую природную среду, позволяющей оценить связь между зачастую не воспринимаемыми человеком непосредственно, изменениями свойств и характеристик биосферы и реальной социальной жизнью» [2]. Рост СЭН во времени проходит ряд стадий:

– от «фонового» уровня, для которого характерна сбалансированность условий, порождаемых экологическими ситуациями с одной стороны и требованиями действующего законодательства с другой;

– до стадии «высокой» напряженности, характеризуемой возникновением и распространением слухов о грядущих проблемах для населения, обеспокоенностью его в снижении экологического благополучия, качества и удобства жизни, завершающейся выходом людей на протестные акции.

Под слухом здесь понимается информационное сообщение, распространяемое между людьми, без предоставления доказательства его достоверности [3].

Содержание доклада. Содержание доклада с краткими комментариями представлено на слайдах.

Слайд 1

Цель доклада: обсуждение энтропийного подхода к оценке рисков социально-экологической напряженности (СЭН) при проектировании объектов территориального развития.

Комментарий: В настоящее время расчетной методики оценки СЭН в литературе не представлено. Риск СЭН можно рассматривать как процесс выбора вариантов проектных решений в ситуации неопределенности, а собственно СЭН – как вероятность наступления неблагоприятного для человека и природы события, вызванного негативным влиянием человеческой деятельности.

Слайд 2

Нормативно-правовой базис пространственного развития России

1. Градостроительный Кодекс РФ от 29.12.2004 г. №190-ФЗ (с изм. и доп. вступ. в силу с 01.03.2025 г.).
2. Стратегия пространственного развития РФ на период до 2030 года, от 28 декабря 2024 г. № 4116-р.
3. О порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду. Постановление Правительства РФ от 28.11.2024 г. № 1644.
4. Распоряжение Г. Г. Онищенко 2.1.9: Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей природной среды и условиями проживания населения.

Комментарий: Впервые понятие «устойчивое развитие территорий» было юридически закреплено в Градостроительном Кодексе РФ от 29.12.2004 г., №190-ФЗ. Цели стратегии пространственного развития РФ заключаются в формировании сбалансированной системы расселения и территориальной организации экономики. В Постановлении Правительства РФ от 28.11.2024 г. № 1644 определена процедура оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) в связи с планируемой хозяйственной деятельностью. Распоряжение Г. Г. Онищенко является руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Перечисленные документы указывают на необходимость разработки комплексного подхода к оценке рисков социально-экологического характера.

Слайд 3

Постановка задачи формирования пространственной структуры экономического района.

«Определить вариант размещения объектов отраслей специализации района, комплексирующих производств и элементов производственной инфраструктуры межрайонного и общероссийского значения при условии минимизации суммарных приведенных затрат с учетом намеченного уровня жизни населения».

Комментарий: Представленный вариант вербальной постановки задачи формирования территориально-производственных комплексов (ТПК) отражает исключительную сложность проектных решений для вновь осваиваемых регионов РФ [6], но без учета возможных социально-экологических последствий, рассматриваемых в настоящем докладе.

Слайд 4

Выбор проектного решения.

Дано: множество допустимых проектных решений $\Omega^+ = \{w_i \in \Omega : Q_i > 0\}$, на котором требуется найти оптимальный вариант $w_i^* = \arg\min_{w_i \in \Omega^+} Q(w_i), i = \overline{1,r}$, где критерием выбора решения являются затраты по проекту Q:

$Q = \left[\sum_{t=0}^{T} (D_t - c_t)/(1+i)^t + \sum_{j=1}^{k_i} P_j(V_{ij}) B_{ij} \right]$, в котором первое слагаемое – чистая приведенная стоимость проекта, а второе выражает ущербы социально-экологического характера. Здесь $P_j(V_{ij})$ – вероятность негативных последствий от реализации проектов; B_{ij} – потери.

Комментарий: Сложность выбора оптимального варианта проекта помимо прочего, определяется характером негативных последствий V_{ij} в зоне его реализации и оценкой потерь B_{ij}.

Слайд 5	**Слайд 6**
Офорт Ф. Гойи «Сон разума рождает чудовищ».  	**Сюжет с митингом в Новохоперске.**  Источник: ridus.ru
Комментарий: В то время как человеческий разум призывает к бдительности и анализу состояний систем в условиях неопределенности, «сон разума» порождает фобии, обеспокоенность, подозрение, протест и прочие негативные явления в обществе.	**Комментарий:** Митинг как результат недоверия людей последствиями к строительству ГОК в Новохоперске Воронежской области.

Слайд 7

Объекты территориального развития (ОТР):

- земельные ресурсы;
- центры деловой и политической активности;
- производственно-промышленные комплексы;
- научные центры;
- объекты культурно-исторического назначения;
- зоны рекреации и туризма;
- муниципальные образования;
- жилые зоны.

Комментарий: Проектирование ОТР нуждается в особом внимании к проведению общественных слушаний с привлечением экспертов.

Слайд 8

Типизация рисков:

- Социальные (ухудшение здоровья, смена работы, качество жизни).
- Экологические (загрязнение воздуха и воды, дискомфорт, ...).
- Ресурсно-ландшафтные (разрушение территории и биоресурсов).
- Инфраструктурные (потери времени, средств связи, капитала).
- Эстетические (ухудшение качества ландшафта, смена пейзажа, рельефа).
- Другие.

Комментарий: Из этого слайда следует, что комплексная оценка рисков включает множество разнородных факторов воздействия на природу и общество.

Слайд 9

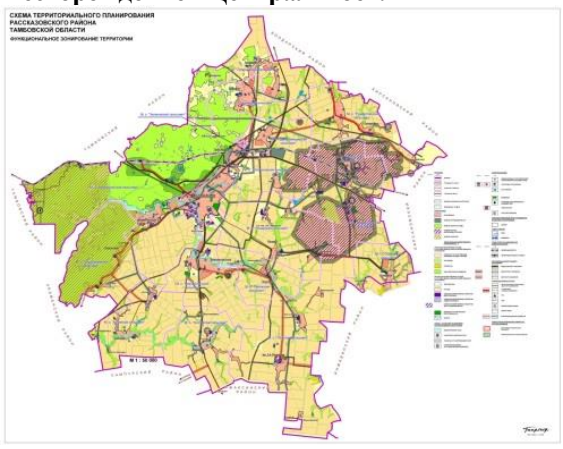
Факторы рисков в ОТР.



Комментарий: Конкретизация видов рисков, учитываемых в проектах территориального развития, представляет весьма сложную задачу, требующую применение методов математического моделирования.

Слайд 10

Месторождение «Центральное».

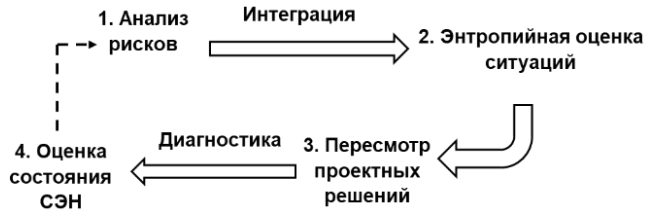


- Нарушение и загрязнение селитебных зон.
- Нарушение инфраструктур жизни обеспечения.
- Перенос опасных захоронений.
- Сокращение биоразнообразия.
- Другое.

Комментарий: На примере месторождения «Центральное» в Тамбовской области можно увидеть весь спектр факторов рисков, показанных на слайде № 9.

Слайд 11

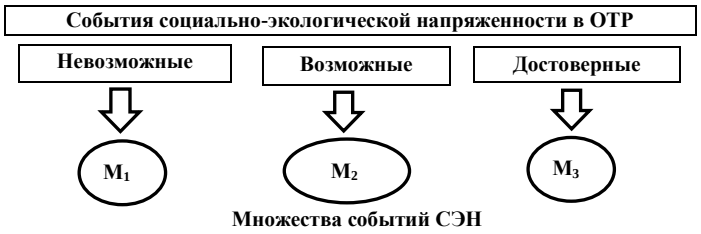
Методология энтропийного подхода к оценке СЭН.



Комментарий: На диаграмме представлена методология энтропийного подхода к оценке СЭН в триаде: анализ рисков – управление рисками – улучшение проекта.

Слайд 12

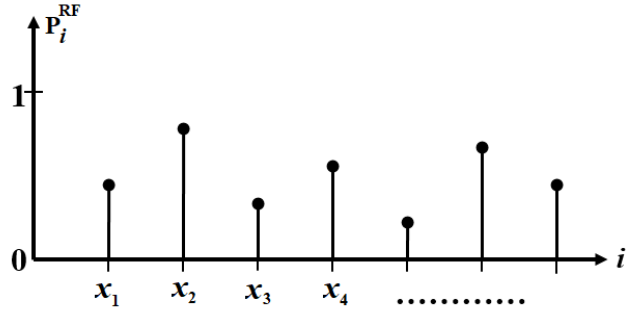
Типизация риск-факторов (*RF*) в проектах развития ОТР.



Комментарий: Для *RF* в M_1 вероятность СЭН нулевая. Для *RF* в M_3 очевидна СЭН, требующая обязательного пересмотра проектных решений. Для *RF* в M_2 необходима оценка вероятности СЭН и коррекция проектных решений согласно принципу «допустимого риска».

Слайд 13

Энтропийный критерий оценки СЭН.

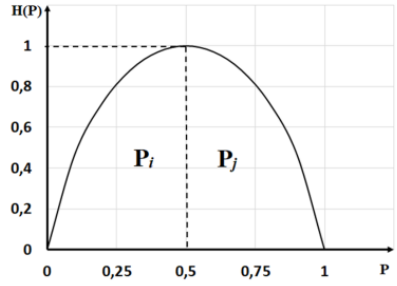


$$RF = \{x_i, P_i(x)\}; \quad \sum_{i=1}^{N} P_i(x) = 1; \quad H(RF) = \sum_{i=1}^{N} P_i(x) \ln P_i(x); \quad 0 \le H(RF) \le \ln N$$

Комментарий: Важно отметить, что энтропийный критерий находится в ограничениях между 0 и ln*N*, где *N* – общее количество учитываемых факторов риска x_i. При этом значения вероятности $P(x_i)$ находятся методом имитационного моделирования.

Слайд 14

Энтропия двух состояний *RF*.



Возможные состояния:

$(0 < P < 1) \in M_2$; $P(0) \in M_1$; $P(1) \in M_3$

Ожидаемый ущерб

$$Y = \sum_{i=1}^{n} P_i y_i$$

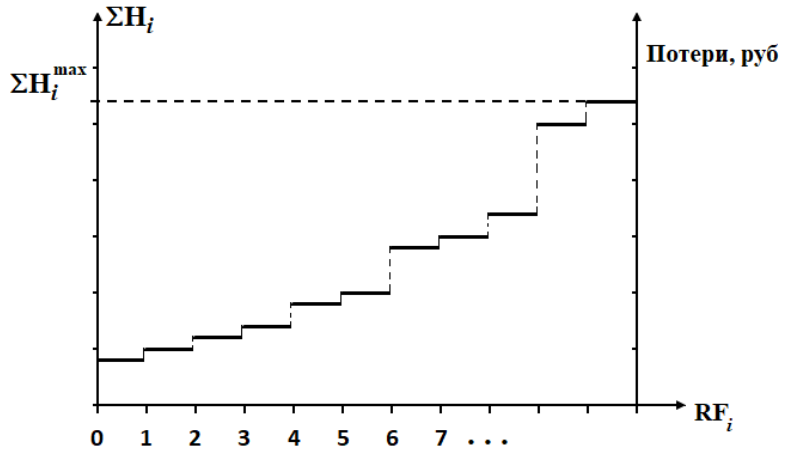
Ущерб допустимого риска

$$Y_{\text{д.р.}} = \sum_{i=1}^{n} P_{i\text{фон}} y_i$$

Комментарий: Для каждого риск-фактора *RF* возможны состояния P_i и P_j, в зависимости от значений которых вычисляется энтропия. Наибольшая неопределенность достигается при $P_i = P_j = 0{,}5$.

Слайд 15

Энтропия сложной системы.



Комментарий: При объединении независимых систем их энтропии складываются. Эта теорема применима для оценки СЭН в тех ситуациях, когда факторы риска x_i взаимно независимы. Иначе придется использовать значения условной энтропии.

Слайд 16

Модели распространения слухов.

$$N = N_0(1+r)^t; \quad (1)$$

$$N = N_0 \exp\left[\int_0^t r(\tau)dt\right], \quad (2)$$

где N_0, N – начальное и текущее число людей подверженных слухам; r – детерминированный, а $r(\tau)$ –вероятностный коэффициент передачи слухов между людьми.

Комментарий: Детерминированная модель (1) представлена в виде онлайн-калькулятора на сайте:

https://www.calculatorultra.com/ru/tool rumor-spread-calculator.html.

Вероятностная модель (2) предложена в настоящем докладе с условием, что в каждый момент времени t среднее значение $\bar{r} = \frac{1}{t}\int_0^t r(\tau)dt$ и дисперсия $\sigma^2 t$ распределены экспоненциально и не зависят от времени. При этом плотность вероятности $f(N(t)/N_0)$ является экспоненциальной, со средним числом контактов

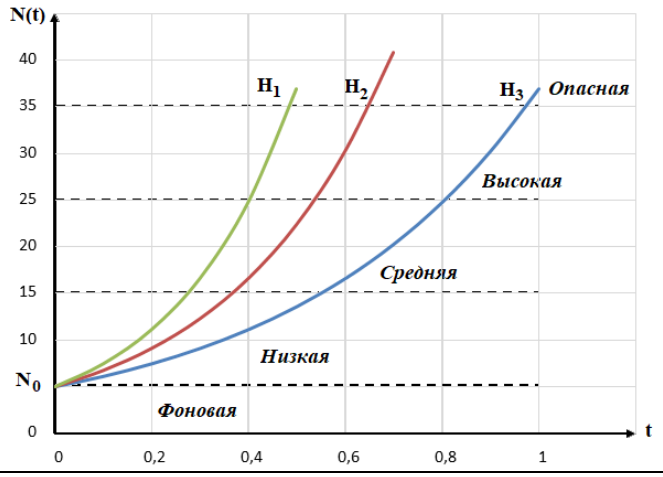
$$\hat{N}(t) = N_0 \exp(\bar{r}t) \quad (3)$$

при передаче слухов.

Слайд 17

Зависимость скорости распространения слухов от значений энтропии.

$$H_{экс} = 1 - \ln \bar{r}, \quad (4)$$



Комментарий: Значения энтропии природо-промышленной системы позволяют «проградуировать» и визуализировать степень тревоги у населения.

Заключение.

1. Рассмотрена методология комплексной оценки рисков СЭН в ситуациях неопределенности состояний системы.
2. Энтропийный критерий позволяет объединить различные по смыслу факторы риска в единый показатель.
3. Значения энтропии системы позволяют разработать шкалу социально-экологической напряженности, возникающей в ситуациях с недостаточной осведомленностью населения о проектных решениях.

Список использованных источников

1. О стратегическом планировании в Российской Федерации : федер. закон от 28.06.2014 г. № 172-ФЗ. – URL : https://www.consultant.ru/document/ cons_doc_LAW_164841/ (дата обращения: 16.06.2025).
2. Национальный атлас России, т. 2. Природа и экология. – М. : ГОСГИСЦЕНТР, 2024. – 495 с.
3. Allport, G. W. The psychology of rumor / G. W. Allport, L. Postman // Henry Holt and Company. – N.-Y., 1948 (printing). – 276 p.
4. Об утверждении Основ государственной политики регионального развития Российской Федерации на период до 2025 года : указ Президента Российской Федерации от 16.01.2017 г. № 13. – URL : http://www.kremlin.ru /acts/bank/41641 (дата обращения: 16.06.2025).
5. Баламутова, А. А. Пространственное измерение в проектах устойчивого регионального развития / А. А. Баламутова, Н. С. Попов, Л. Н. Чуксина // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В. И. Вернад-ского. – 2023. – № 2(88). – С. 38 – 53. doi: 10.17277/voprosy.2023.02.pp.038-053.
6. Моделирование формирования территориально-производственных комплексов = Modelling of territorial-production complexes formation / М. К. Бандман, О. П. Бурматова, В. В. Воробьева и др. ; отв. ред. М. К. Бандман. – Новосибирск : Наука, 1976. – 338 с.
7. Вергун, Н. М. Европейская стратегия пространственного развития в условиях глобализации и ее применимость
для развития российских регионов [Электронный ресурс] / Н. М. Вергун // Вестник РГГУ (серия Экономика. Управление. Право). – 2009. – № 3. – С. 189-200.
8. Моисеев, Н. Н. Природный фактор и кризисы цивилизации / Н. Н. Моисеев // Общественные науки и современность. – 1992. – № 5. – С. 84 – 95.
9. Тулупов, А. С. Актуальные вопросы оценки социальных и экологических рисков в отраслях народного хозяйства / А. С. Тулупов, А. Ф. Мудрецов // Экономика и социум: современные модели развития. – 2019. – Т. 9, № 3. – С. 388 – 399.
10. Сосунова, И. А. Экологическое благополучие как инновационный фактор национальной безопасности и цивилизационного развития Большой Евразии / И. А. Сосунова. – М. : УМЦ, 2024.
11. Земскова, Ю. В. Социальная напряженность (социально-экологический аспект анализа). Проблемы общественного сознания / Ю. В. Земскова. – 2009. – С. 89 – 94.

УДК 666.9:338.49
67.01.11: Общие вопросы строительства. Современное состояние и перспективы развития

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ РЕГИОНА В КОНТЕКСТЕ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Акулова Инна Ивановна
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций
akulovaii@yandex.ru

Славчева Галина Станиславовна
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии, строительных материалов, изделий и конструкций
gslavcheva@yandex.ru

Бабенко Дмитрий Сергеевич
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», младший научный сотрудник Академии развития строительного комплекса
babenko.dmitrii@bk.ru

Появление концепции комплексного развития территорий (КРТ) стало ответом на ряд вызовов, которые сформировались в РФ к 2021 г. и проявились в диспропорции сложившейся схемы расселения и локализации мест приложения труда, в отсутствии согласованности градостроительного потенциала с целями развития территорий, в широком распространении «маятниковой» миграции, в осуществлении текущей застройки при уже достигнутом пределе экстенсивного развития, увеличивающем нагрузку на имеющуюся инфраструктуру и, в конечном итоге, обусловливающем ухудшение городской среды в целом [1, 2].

После закрепления КРТ в ФЗ № 494 «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях обеспечения комплексного развития территорий» (от 30.12. 2020 г.) в регионах были разработаны программы комплексного развития городских округов, сельских территорий, промышленных зон и др. В реализации этих программ основная роль отводилась строительной отрасли и ее производственной базе.

В отраслевом документе – Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года (распоряжение Правительства РФ от 31.10 2022 г. № 3268-р), комплексное развитие территорий рассматривается как одна из основных задач по направлению, связанным с формированием градостроительных основ устойчивого и сбалансированного пространственного развития Российской Федерации. Указанное направление подкреплено необходимыми для решения соответствующих задач мероприятиями:

- анализ уровня отраслевого развития, состояния производственных фондов и обеспеченности ресурсами субъектов РФ для формирования сценариев пространственного развития территорий, обеспечивающих долгосрочный социально-экономический рост и сокращение диспропорции в сложившейся схеме расселения и мест приложения труда;
- организация разработки мастер планов субъектов РФ, способствующих сбалансированному планированию размещения мест приложения труда и проживания населения, эффективному использованию ресурсов и максимальной реализации социально-экономического, промышленного, инвестиционного и инновационного потенциалов территорий;
- формирование заказа для строительной отрасли на основе документов пространственного планирования, создающих предпосылки для беспрепятственного развития строительства, промышленности строительных материалов, транспортной и логистической инфраструктуры [1].

Принимая во внимание содержательную составляющую приведенных выше мероприятий, актуальной становится тема исследования, связанная с разработкой методики оценки производственного потенциала промышленности строительных материалов региона, которая предполагает решение следующих задач:

1) идентификация понятия и структуры производственного потенциала промышленного предприятия;
2) анализ состояния крупных и средних предприятий промышленности строительных материалов региона;
3) формирование системы показателей и разработка методики оценки производственного потенциала промышленного предприятия;
4) разработка методики оценки производственного потенциала промышленности строительных материалов региона [3 – 10].

Исследования опирались на комплексный, системный и квалиметрический подходы при этом использовались методы индукции, логического и статистического анализов, экспертных оценок и группировок [11 – 13].

Представленные разработки апробированы для ряда средних и крупных предприятий промышленности строительных материалов Воронежской области, выпускающих сборные железобетонные конструкции, силикатный и керамический кирпич.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-18-20051, https://rscf.ru/project/24-18-20051/



Формирование системы показателей производственного потенциала

Производственный потенциал предприятия отражает его возможности по выпуску конкурентоспособной продукции на основе эффективного использования основных фондов, материально-сырьевых и кадровых ресурсов, логистической инфраструктуры

Показатели оценки производственного потенциала промышленности строительных материалов

Технико-технологическая компонента
- Коэффициент физического износа ОПФ
- Доля активной части в общей стоимости ОПФ
- Соотношение коэффициентов обновления и выбытия ОПФ
- Фондовооруженность труда
- Коэффициент прогрессивности технологий

Материально-сырьевая компонента
- Коэффициент обеспеченности сырьевыми материалами
- Средняя материалоемкость продукции
- Коэффициент полноты использования сырьевых материалов
- Коэффициент использования техногенного сырья

Кадровая компонента
- Уровень обеспеченности трудовыми ресурсами
- Производительность труда
- Уровень квалификации персонала
- Коэффициент текучести кадров

Логистическая компонента
- Объем складских помещений
- Доля транспортных затрат в структуре себестоимости продукции
- Количество перевозок на 1-го работника
- Коэффициент использования складов

Методические подходы к оценке производственного потенциала промышленности строительных материалов региона

Методика расчета уровня производственного потенциала предприятия

$$УП_{\Pi j} = \sum_{q=1}^{Q} M_q \cdot УП_{qj} \qquad (1)$$

где q – вид структурной компоненты производственного потенциала, $q = 1,\dots,Q$; M_q – коэффициент весомости структурной компоненты q – того вида; $УП_{qj}$ - значение уровня состояния структурной компоненты q – того вида j – того предприятия

Уровень структурной компоненты производственного потенциала предприятия – интегральный показатель, формирующийся на основе суммирования относительных показателей, отражающих ее состояние, с учетом соответствующего коэффициента весомости

$$УП_{qj} = \sum_{i=1}^{n} M_{iq} \frac{P_{iqj}}{P_{iq}^{опт}} \qquad (2)$$

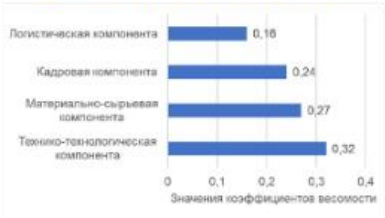
где n – количество показателей, характеризующих состояние структурной компоненты производственного потенциала q – того вида;
M_{iq} – коэффициент весомости i- того показателя структурной компоненты q – того вида ;
P_{iq} – значение i- того показателя структурной компоненты q – того вида j - того предприятия;
$P_{iq}^{опт}$ – наилучшее значение i- того показателя структурной компоненты q – того вида по предприятиям, вошедшим в аналитическую базу.

Методика расчета коэффициентов весомости структурных компонент и показателей производственного потенциала промышленного предприятия

Наименование показателя	Значение балльной оценки (М) по экспертам (r)			Средний коэффициент весомости $M^i = \sum M_{ir}/r$	Общая сумма средних коэффициентов весомости $\sum M^i$	Коэффициент весомости для каждого показателя $M_{i} = M^i / \sum M^i$
	1	...	r			
...	...	...	...	...	...	...

При этом должно выполняться условие: $\sum_{i=1}^{n} M_{ni} = 1$

Результаты оценки коэффициентов весомости структурных компонент производственного потенциала предприятия промышленности строительных материалов



Методические подходы к оценке производственного потенциала промышленности строительных материалов региона (продолжение)

Методика расчета уровня производственного потенциала промышленности строительных материалов региона

Группировка предприятий промышленности строительных материалов региона по уровню их производственного потенциала

Уровень статистического диапазона	Границы статистического диапазона	Качественная характеристика диапазона	Количество предприятий в группе, J	Фактическое среднее значение уровня производственного потенциала по группе предприятий, $УП_{ср}$
0	Менее 0,25	критически низкий	...	...
1	0,25 – 0,5	низкий	...	...
2	0,5 – 0,75	средний	...	...
3	Более 0,75	высокий	...	...

Схема расчета уровня производственного потенциала промышленности строительных материалов региона

$$УПР_{\Pi} = \frac{УП_{ср}^{0} \cdot J^{0} + УП_{ср}^{1} \cdot J^{1} + УП_{ср}^{2} \cdot J^{2} + УП_{ср}^{3} \cdot J^{3}}{J^{0} + J^{1} + J^{2} + J^{3}} \qquad (3)$$

Схемы расчета и критерии оценки показателей производственно-технического потенциала предприятия промышленности строительных материалов

Номенклатура показателей оценки производственно- технического потенциала предприятия промышленности строительных материалов

Показатель оценки и его сущность	Схема расчета показателя	Критерий оценки
Коэффициент физического износа активной части ОПФ по сроку службы показывает, насколько в среднем ОПФ предприятия утратили свою потребительскую стоимость	$K_{физ}^{сс} = \frac{T_ф}{T_н}$ где $T_ф$ и $T_н$ - соответственно фактический и нормативный срок службы элементов основных фондов (год., мес.)	Чем ближе значение $K_{физ}^{сс}$ к 1, тем больше величина износа ОПФ предприятия
Доля активной части в общей стоимости ОПФ характеризует прогрессивность структуры ОПФ и наличие возможности их использования с большей эффективностью	$Д_{акт} = \frac{ОФ_{акт}}{ОФ} \cdot 100\%$ где $О_{ФАКТ}$ и $\overline{ОФ}$ – соответственно стоимость активной части и среднегодовая стоимость ОПФ, р.	Если $Д_{акт} \geq 50$ %, то это свидетельствует о высокой технической оснащенности производства
Соотношение коэффициентов обновления и выбытия ОПФ отражает наличие (отсутствие) процесса обновления ОПФ на предприятии	$K_{сов} = \frac{k_{обн}}{k_{выб}} = \frac{ОФ_{вк} \cdot ОФ_{нг}}{ОФ_{у} \cdot ОФ_{кг}}$ где $k_{обн}$ и $k_{выб}$ - соответственно коэффициент обновления и коэффициент выбытия элементов основных фондов; $ОФ_{вк}$ и $ОФ_{у}$ – стоимость элементов основных фондов соответственно введенных и выведенных из эксплуатации в текущем году, р.; $ОФ_{нг}$ и $ОФ_{кг}$ – стоимость основных производственных фондов предприятия соответственно на начало и на конец текущего года, р.	Значение $K_{сов}$ >1 свидетельствует о наличии процесса обновления ОПФ на предприятии. Чем выше значение, тем активнее идет процесс обновления основных фондов
Фондовооруженность труда характеризует степень технической оснащенности труда работников предприятия	$Ф_{в} = \frac{\overline{ОФ}}{\overline{Ч_{сп}}}$ где $\overline{ОФ}$ – среднегодовая стоимость основных производственных фондов, р.; $\overline{Ч_{сп}}$ – среднесписочная численность работников предприятия, чел.	Чем выше $Ф_{в}$ тем выше степень технической оснащенности труда работников предприятия
Коэффициент прогрессивности технологий отражает уровень соответствия применяемых технологий современному уровню технического развития	$K_{прт} = A_1 \cdot K_{ма} + A_2 \cdot М_{т} + A_3 \cdot Q_{эл.м}$ где A_1, A_2, A_3 – коэффициенты весомости соответствующих показателей; $K_{ма}$ – относительный коэффициент автоматизации производства; $М_{в}$ – относительный показатель механовооруженности труда (техническая вооруженность); $Q_{кв.к}$ – относительный показатель съема продукции с 1 м² производственной площади	Чем выше значение $K_{прт}$ тем выше степень соответствия применяемых технологий современному уровню технического развития

Методика оценки производственно-технического потенциала предприятия

Общий методический подход к расчету уровня производственно-технического потенциала предприятия промышленности строительных материалов

$$УП_{птj} = \sum_{i=1}^{n} M_i \frac{P_{ij}}{P_i^{опт}}$$

где n – количество показателей, характеризующих производственно-технический потенциал промышленного предприятия;
M_i – коэффициент весомости i- того показателя;
P_{ij} – значение i- того показателя по j- тому предприятию;
$P_i^{опт}$ – наилучшее значение i- того показателя по группе предприятий.

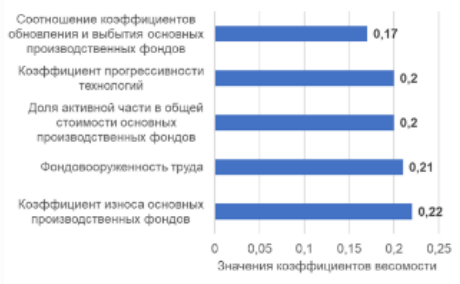
Развернутая схема расчета

$$УП_{птj} = 0{,}22 \cdot \frac{K_{физ}^{сс\,min}}{K_{физj}^{сс}} + 0{,}21 \cdot \frac{Ф_{вj}}{Ф_{в}^{max}} + 0{,}2 \cdot \frac{Д_{актj}}{Д_{акт}^{max}} + 0{,}2 \cdot \frac{K_{пртj}}{K_{прт}^{max}} + 0{,}17 \cdot \frac{K_{совj}}{K_{сов}^{max}}$$

где $K_{физ}^{сс\,min}$ – минимальное значение коэффициента физического износа по сроку службы из группы предприятий;
$Ф_{в}^{max}$, $Д_{акт}^{max}$, $K_{прт}^{max}$ и $K_{сов}^{max}$ – максимальные значения соответственно фондовооруженности труда, доли активной части ОПФ, коэффициента прогрессивности технологий и соотношения коэффициентов обновления и выбытия из группы предприятий.

Производственно-технический потенциал предприятия промышленности строительных материалов формируется его технико-технологической компонентой на основе взаимосвязи применяемых технологий и соответствующих им основных производственных фондов

Результаты оценки коэффициентов весомости показателей, характеризующих уровень производственно- технического потенциала предприятия



Методика оценки производственно-технического потенциала предприятия (продолжение)

Схема расчета коэффициента прогрессивности технологий

Показатель формируется на основе суммирования произведений относительных показателей **автоматизации производства, механовооруженности труда, съема продукции с 1 м² производственной площади** и соответствующих коэффициентов весомости

$$K_{прт\,j} = 0{,}45 \cdot \frac{K_{аj}}{K_{а}^{max}} + 0{,}23 \cdot \frac{М_{вj}}{М_{в}^{max}} + 0{,}32 \cdot \frac{Q_{кв.мj}}{Q_{кв.м}^{max}}$$

где $K_{а}^{max}$, $М_{в}^{max}$, $Q_{кв.м}^{max}$ – максимальное значение соответственно коэффициента автоматизации, механовооруженности труда и съема продукции с 1-го м² производственной площади в соответствующих единицах измерения

Система показателей

коэффициент автоматизации производства:

$$K_{аj} = \frac{V_{аj}}{V_{общj}}$$

где $V_{аj}$ – объем технологических операций, произведенных с помощью автоматов и автоматических линий, р. или нат.ед.;
$V_{общj}$ – общий объем технологических операций по производству продукции на j- том предприятии, р. или нат.ед.

механовооруженность труда, р./чел.:

$$М_{вj} = \frac{\overline{ОФ_{актj}}}{\overline{Ч_{рj}}}$$

где $\overline{ОФ_{актj}}$ – среднегодовая стоимость активной части основных производственных фондов, р.;
$\overline{Ч_{рj}}$ – среднесписочная численность основных рабочих j- того предприятия, чел.

съем продукции с 1-го м² производственной площади, нат.ед./м²:

$$Q_{кв.мj} = \frac{Q_j^{п}}{S_{пj}}$$

где $Q_j^{п}$ – проектная мощность j- того предприятия, нат. ед.;
$S_{пj}$ –производственная площадь j- того предприятия, м².

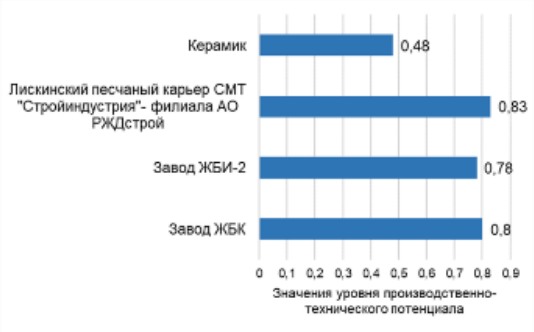
Результаты оценки производственно-технического потенциала предприятий промышленности строительных материалов Воронежской области

Исходные данные для расчета уровня производственно-технического потенциала предприятий промышленности строительных материалов Воронежской области

Наименование показателя	Значение показателя по предприятиям в 2023 г.				Наилучшее значение показателя
	Завод ЖБК	Завод ЖБИ-2	Лискинский ПК СМТ «Стройиндустрия»-филиала АО «РЖДстрой	Керамик	
Коэффициент физического износа активной части ОПФ по сроку службы	0,56	0,71	0,56	0,8	0,56
Доля активной части в общей стоимости ОПФ, %	41,6	56,1	71,6	30,0	71,6
Соотношение коэффициентов обновления и выбытия ОПФ	22,14	2,46	1,6	0	22,14
Фондовооруженность труда, тыс. р./чел.	577,8	611,3	656,5	487,1	656,5
Коэффициент прогрессивности технологий	0,56	0,79	0,94	0,43	0,94

Результаты оценки производственно-технического потенциала предприятий промышленности строительных материалов Воронежской области (продолжение)

Результаты оценки уровня производственно-технического потенциала предприятий промышленности строительных материалов Воронежской области



Диапазоны уровня производственно-технического потенциала предприятия промышленности строительных материалов

высокий – более 0,75
средний – 0,5 – 0,75
низкий – 0,25 – 0,5
критически низкий – менее 0,25

Из числа рассмотренных предприятий высоким уровнем производственно-технического потенциала обладают Лискинский ПК СМТ «Стройиндустрия»-филиала АО «РЖДстрой» со значением показателя 0,83, АО «Завод ЖБК» и АО «Завод ЖБИ-2» со значениями показателей соответственно 0,8 и 0,78, а низким уровнем ООО «Керамик» с показателем 0,48.

Список использованных источников

1. Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года (от 31 октября.2022 г.). – URL : http://static.government.ru› media/files/AdmXczBBUGfGNM8tz16r7RkQcsgP3LAm.pdf
2. Акулова, И. И. Проблемы, методология и стратегия управления развитием производственной базы регионального жилищно-строительного комплекса / И. И. Акулова, Е. М. Чернышов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2003. – № 7. – С. 82 – 84.
3. Анафияев, А. М. Производственный потенциал промышленных предприятий и его роль в национальной экономике / А. М. Анафияев // Colloquium-Journal. – 2022. – № 5–2(128). – С. 6 – 8.
4. Ибрагимова, Р. С. Экономический потенциал как концепция стратегического управления промышленным предприятием / Р. С. Ибрагимова, Д. С. Головкин // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2022. – Т. 17, № 4. – С. 474 – 486.
5. Kadirova Sh. Implementing sustainable practices in industrial enterprises: a pathway to economic potential growth // Economic Development and Analysis. – 2024. – Т. 2, № 4. – С. 94 – 98.
6. Леонова, Н. Г. Эффективное использование основного капитала и разработка стратегии развития производственного потенциала : монография / Н. Г. Леонова, Д. А. Нижник ; ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет». – Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2019. – 91 с.
7. Фомин, Н. Ю. Сущность, структура и факторы развития промышленно-производственного потенциала предприятия / Н. Ю. Фомин, А. И. Мухаметзянова // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2022. – № 6-2(88). – С. 223 – 228.
8. Камынин, Д. А. Методические подходы анализа экономического потенциала промышленных предприятий / Д. А. Камынин // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 10(135). – С. 1004 – 1006.
9. Интегральная оценка экономического потенциала промышленного предприятия / С. М. Степанова, Л. В. Голощапова, С. Н. Сперанский, Н. Е. Пахотин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2021. – № 1(391). – С. 5 – 10.

10. Akulova I. I., Slavcheva G. S. A new approach to identifying top priority step for increasing the building materials competitiveness / В сборнике : IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020) 6th-9th October 2020, Russky Island, Russia. – 2021. – P. 032030.

11. Квалиметрия в измерении конкурентоспособности / Г. Г. Азгальдов, А. В. Костин, А. И. Привень, В. В. Смирнов // Большой консалтинг. – 2014. – № 2. – С. 22 – 25.

12. Френкель, А. А. Определение весовых коэффициентов при объединении прогнозов / А. А. Френкель, А. А. Сурков // Вопросы статистики. – 2017. – № 12. – С. 3 – 15.

13. Акулова, И. И. Методический подход к оценке значимости факторов при прогнозировании развития экономических систем / И. И. Акулова, К. И. Гончаров, К. В. Хабаров // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 45 – 48.

УДК 727
67.03.03: Теория расчета сооружений и конструкций

АРХИТЕКТУРА ВУЗОВ В РОССИИ

Попов Алексей Владимирович
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», доктор архитектуры, профессор кафедры «Архитектура»
e-mail: da945@yandex.ru

В XXI веке в России и мире в высшей школе происходит переход от образовательной парадигмы, основанной на знаниях, к образовательной парадигме, основанной на компетенциях. Переход от «индустриальной» системы образования к «постиндустриальной», «информационной». Причин, толкающих человечество к такому переходу – множество.

В соответствии с этим, как представляется, должны измениться институты высшей школы и архитектурная среда, в которой они существуют – помещения, здания и комплексы зданий – кампусы вузов. Современный кампус вуза должен формироваться как многофункциональный комплекс зданий, создающих единую архитектурную среду для высшего образования, научных исследований, а также широкого спектра сопутствующих функций в системе «труд-быт-отдых» для всех участников данных процессов.

Формированию компетенций должна способствовать сама среда повседневного пребывания обучающихся – общественные пространства кампуса и его жилище – общежитие.

Комплексы и здания высших учебных заведений на современном этапе развития не могут функционировать как статичные, закрытые архитектурные объекты. Новым вызовом к материальной архитектурной среде высшей школы является количественный и качественный рост коммуникационных связей между учреждениями высшей школы (включая межотраслевые коммуникации) как в рамках нашей страны, так и в рамках международного сотрудничества. Современный вуз все более функционирует не как самостоятельная единица, а как звено в составе множества межрегиональных и международных систем взаимодействия. Развитие технологий производства и передачи знания, а также межвузовских коммуникаций в реальном и виртуальном пространстве влекут постоянные трансформации организационной модели высшего учебного заведения. Она непрерывно трансформируется, эволюционирует, развивается, формируя потенциальную модель, к которой стремится реальная статичная материальная архитектурная среда существования высшего учебного заведения. В современном темпе научно-технического прогресса уже заложено перманентное несоответствие потенциальной модели и реальной статичной материальной среды существования учреждения высшей школы – кампуса вуза.

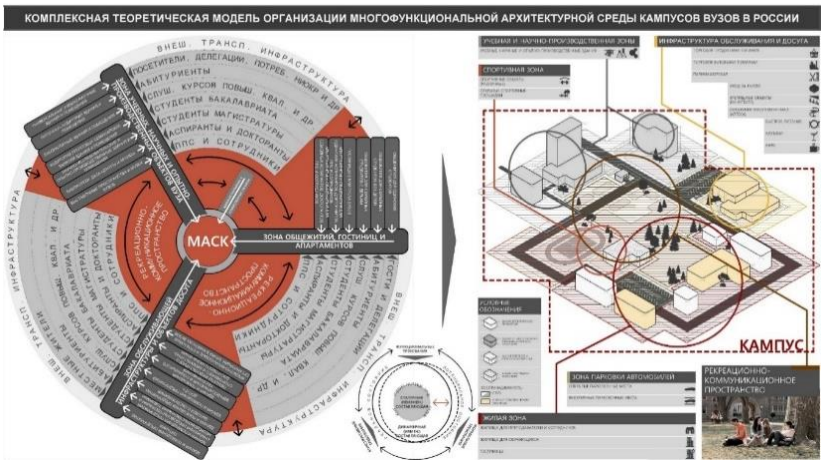


Рис. 1. Комплексная теоретическая модель организации многофункциональной архитектурной среды кампусов вузов в России

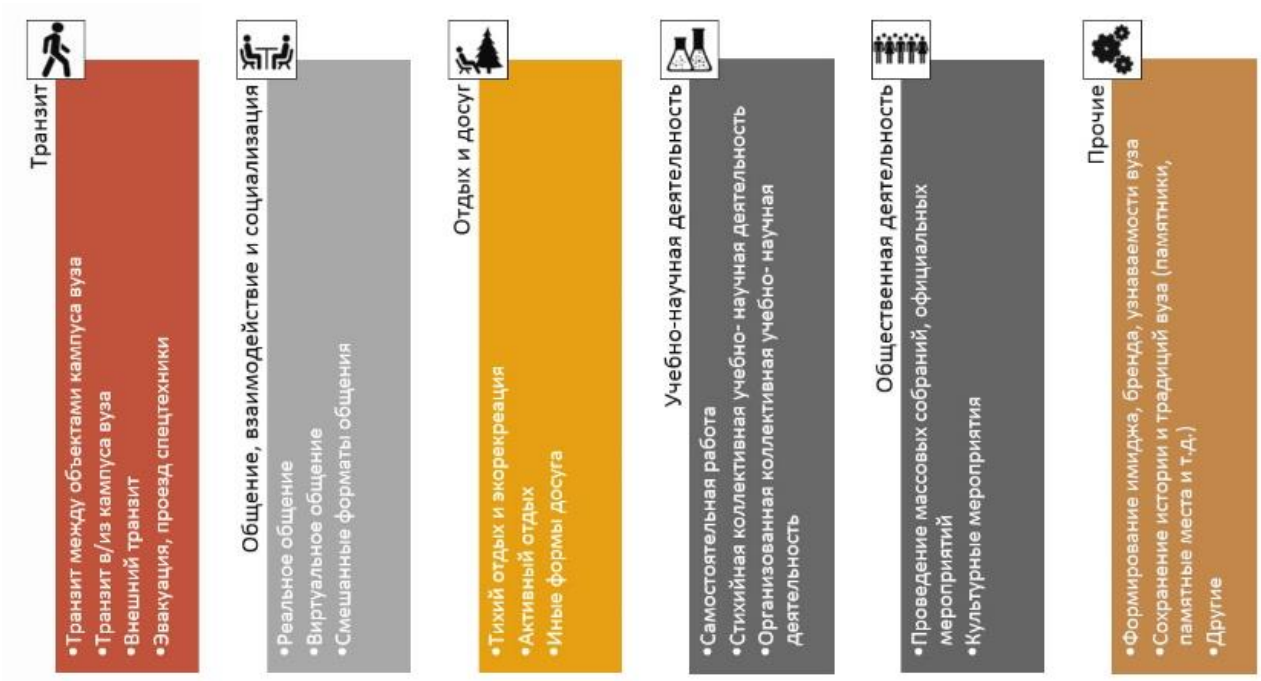


Рис. 2. Основные функции общественных пространств в кампусах высших учебных заведений

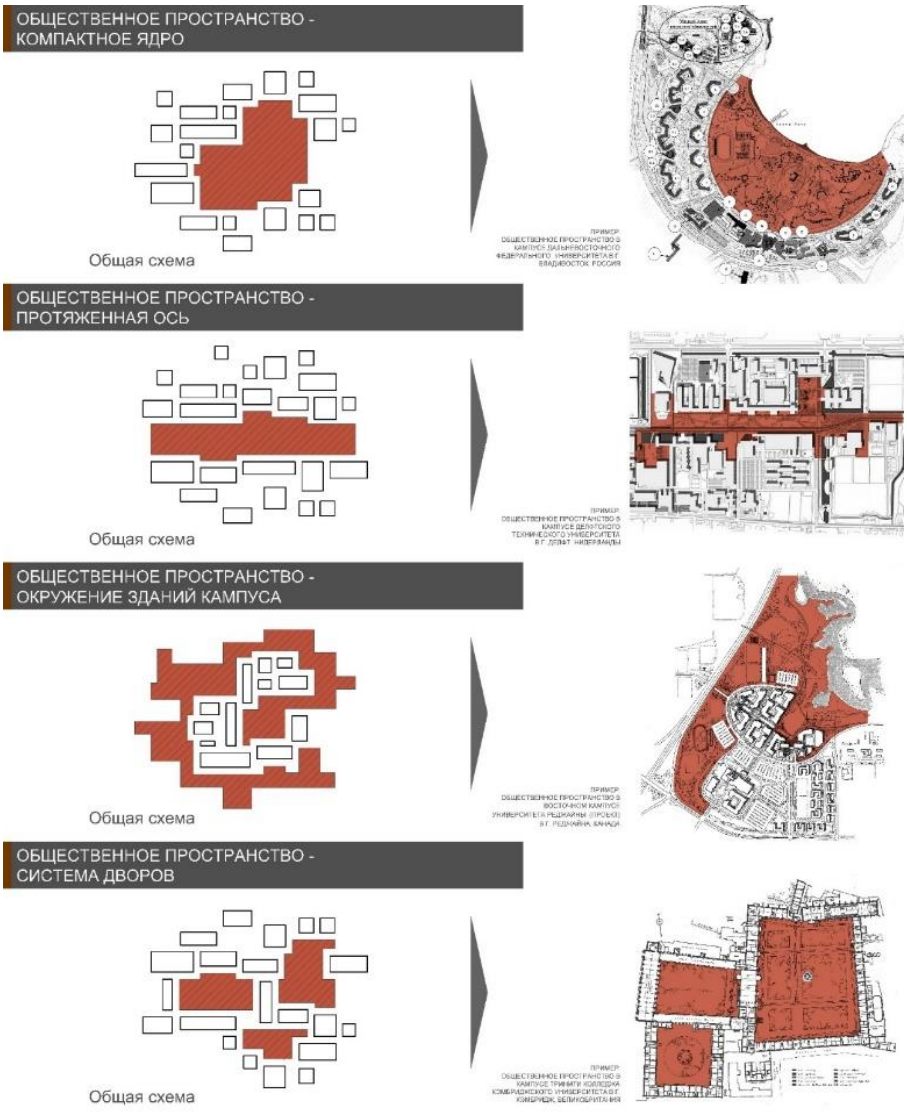


Рис. 3. Основные типы композиционного формирования открытых общественных пространств в кампусах высших учебных заведений

Список использованных источников

1. Гельфонд, А. Л. Общественные здания и общественное пространство. Дуализм отношений / А. Л. Гельфонд // ACADEMIA. Архитектура и строительство. – 2015. – № 2. – С. 21 – 33
2. Попов, А. В. Социологические аспекты архитектурного формирования жилища студенческой молодежи, социализация личности / А. В. Попов, Р. А. Казарян // Перспективы науки. – 2018. – № 4(103). – С. 46 – 52.
3. Палей, Е. С. Атриумные общественные пространства в современных университетских кампусах Европы / Е. С. Палей // Architecture and Modern Information Technologies. – 2017. – № 2(39). – С. 160 – 176.
4. Попов, А. В. Архитектура вузов (история, современное состояние, особенности проектирования) : монография / А. В. Попов. – М. : ИНФРА-М, 2024.
5. Киреева, Т. В. Университетский кампус – история возникновения и градостроительного развития (X – XIX вв.) / Т. В. Киреева // Вестник волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. – Волгоград : Волгоградский гос. архитектурно-строит. ун-т, 2012. – № 28. – С. 263 – 269.

УДК 711: Планировка в масштабе страны. Районная планировка.
Градостроительство. Анализ местности с точки зрения планировки
67.25.19: Планировка и застройка городов и населенных мест

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ

Леденева Галина Леонидовна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
профессор, кандидат архитектуры,
профессор кафедры «Архитектура и градостроительство»
ledeneva27@yandex.ru

Технологии не всегда идут в ногу со временем. Так было, когда возможности строительной базы отставали от архитектурной мысли, например, появлялись креативные идеи, но воплотить их не представлялось возможным. Сегодня мы переживаем обратный процесс: не успеваем осмыслить происходящее и это наиболее заметно в градостроительной практике.

В реализации стратегии устойчивого развития последних лет внимание было сосредоточено, в основном, на улучшении состояния сложившихся населенных мест. Сегодня все стремительно меняется, появляются новые задачи, которые ранее сложно было предвидеть. В хронологии последнего десятилетия это выглядит примерно так:

– значительное изменение климата. Очевидно, что с проблемой глобального потепления должны измениться и представления о проектировании объектов в особых условиях (например, отношение к вечной мерзлоте как основанию для возведения объектов), а, возможно, и сам выбор территории для поселений;

– пандемия и связанное с этим переселение из плотно населенных районов в отдаленные места;

– миграционные процессы, определяемые политической ситуацией. Массовое переселение людей в связи с военными конфликтами. Разрушены многие территории и здесь возникает вопрос, о том, а должны ли люди вернуться на прежние места, особенно туда, где уже ранее обозначились нерешаемые проблемы или возможно переформатирование территорий, релокация? Это касается, прежде всего, «вымирающих» сел, труднодоступных мест и т.д. Изменился и сам образ жизни людей, мобильность становится нормой, а вместе с этим меняется представление о форматах жилья, жизненном пространстве, его восприятие. Если в недавнем прошлом говорили о даче, как о «втором» жилье, то сегодня все больше наблюдается стремление к закреплению на множестве локаций. Вместе с этим меняются требования к жилому пространству. Оно должно приносить минимум хлопот в заботе об охране, эксплуатации и т.д. Люди отказываются от домов – вилл в пользу арендного жилья. А это уже не только планировочные, но и новые градостроительные задачи;

– смена экономической парадигмы. В ответ на санкционную политику появляются глобальные проекты, например, освоение северного морского пути, идея возрождения речных коммуникаций. Это не только логистика, но и создание инфраструктуры: поселения, порты, промышленность, дороги. Вместе с этим наметился вектор на возвращение к государственному планированию, на чем настаивают современные экономисты, но это не означает возвращения к прежним форматам государственного устройства, скорее к переосмыслению на новом временном этапе, благо опыт существования в данной парадигме в нашей стране имеется. Анализ этого опыта позволит в дальнейшем наметить свой уникальный путь развития, подобно тому, как это произошло в Китае.

Одним из глобальных проектов советской эпохи, не имевшем аналогов в мировом опыте по масштабу, стал послевоенный План преобразования природы, рассчитанный на период с 1949 – 1965 гг. – комплексный план научного регулирования природы в СССР. Целью этого проекта ставилось изменение климата на значительных территориях к юго-востоку от центра: предотвращение засухи, песчаных и пыльных бурь, для чего планировалась создание нескольких крупных государственных лесополос большой протяженности в степных

районах и системы орошения на площади 120 млн. га. План сопровождался всенародным подъемом, а Д. Шостакович написал свою «Песнь о лесах». Но преобразования затронули не только природу. Единовременно строилась инфраструктура: школы, клубы, капитальные жилые дома, электростанции. Жизнь советского села начала кардинально меняться, но, к сожалению, воплощение плана прервалось в самом начале его реализации, уже в 1953 году, со смертью «вождя» (рис. 1).

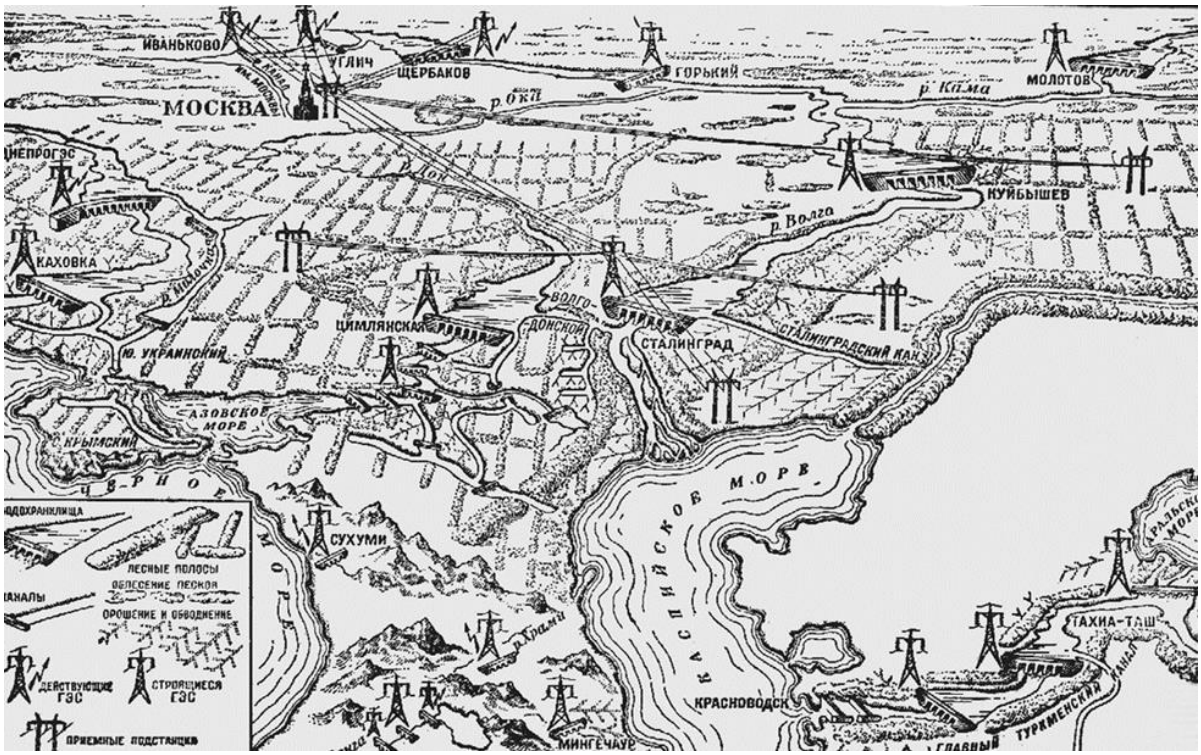


Рис. 1. Масштабы Плана преобразования природы 1949 г.

На территории Тамбовской области сохранился уникальный комплекс, который и сегодня в полной мере демонстрирует картину того, как могли бы выглядеть советские села, если бы удалось воплотить этот масштабный проект с участием государства. Это с. Ленинское Кирсановского района Тамбовской области, долгое время считавшееся образцовым, в недавнем прошлом – экспонент ВДНХ. В рамках реализации этого проекта здесь успели построить все запланированные на тот момент объекты: систему орошения, малую ГЭС, комплекс индивидуальных домов, гостиницу, школу, магазины, высадили все необходимые лесополосы. Климат здесь, действительно изменился и стал более комфортным не только для ведения сельского хозяйства, но и для проживания. Сегодня эта территория представляется памятником истории, который местные жители с гордостью называют парком советского периода (рис. 2).

Надо сказать, что и ранее на территории с. Ленинское проводились эксперименты мирового масштаба. В 1922 году была организована первая аграрная коммуна (Ирская коммуна), основанная реэмигрантами из Америки, которая стала своеобразной витриной образцового ведения хозяйства [1]. Посмотреть на стартап в советской глубинке приезжали в довоенные годы социологи и публицисты, аграрии и политики разных стран.

В 1931 году был с визитом известный драматург Бернард Шоу. Опыт организации и ведения хозяйства нашел отражение в работах американских публицистов. Прежде всего, это книга Э. Шевруда «Россия: чему мы можем поучиться» [2].

Важно отметить, что именно эту книгу и еще ряд других изучала группа современных экономистов – авторов бестселлера «Кристалл роста» [3], обсуждаемого сегодня на многих коммуникационных площадках страны. Интересен этот опыт и современным социологам, архитекторам и урбанистам (рис. 3).

Из еще более ранних глобальных проектов, затронувших эти места, важно упомянуть и градостроительные реформы Екатерины Великой, в результате которых дикое поле превратилось в пространство цивилизации, стало одним из любимых мест для обитателей множества образовавшихся здесь «дворянских гнезд», в числе которых фамилии Нарышкиных, Оболенских, Боратынских, Загряжских, Сатиных, Жемчужниковых и многих других.

Все указанные выше проекты, по своей сути, отражают то, что сегодня обозначено понятием стратегического мастер-плана, разработка которого начинается с формулирования миссии. «Создать цивилизационное пространство», «изменить климат», «создать площадку для эксперимента», «построить образцовое хозяйство – все это на современном языке представляется ключевыми задачами по реализации мастер-планов. Каждая задача решалась комплексом мероприятий, направленных на достижение целей, взаимодействием специалистов разных областей.



Рис. 2. Объекты, реализованные в колхозе им. В. Ленина в 1953–1954 гг. в рамках реализации Плана преобразования природы



Рис. 3. Первая сельскохозяйственная коммуна из Америки Общества технической помощи советской России (Ирская коммуна). Бернард Шоу, Эдди Шервуд, леди Астор, братья Гэмбл – свидетели эксперимента

Важно отметить тот факт, что долгие годы отсутствие практики масштабного государственного планирования привело к тому, что сегодня приходится многое вспоминать, так как задачи ставились «уже». Но, тем не менее, институт мастер-планирования возрождается.

Будущее приведенного в качестве примера села (с. Ленинское), очевидно, должно определяться как места эксперимента с популяризацией истории, широкой трансляцией достижений. Это в полной мере соответствовало бы стратегии устойчивого развития. Задачи: создание творческих лабораторий, экспериментально-образовательной площадки под брендом «Ирская коммуна» и других форматов в духе стартапа. Сегодня здесь уже возрождаются разные формы активности, проводимые студентами местных вузов. Результатом стало предотвращение деградации, начало благоустройства села. Студенческие коллективы предлагают различные проекты, поддерживающие это направление (сохранение и использование местных памятников, развитие посе-

лений, создание новых туристических локаций и т.п.), но одной из наиболее важных представляется проблема демографии, которая может отчасти решаться привлечением специалистов из других регионов и из-за рубежа. Тамбовская область в целом, испытывающая проблему сокращения населения, могла бы войти в пул пилотных регионов по работе с импатриантами по опыту прошлых лет.

Российское село, как и вся страна, переживает смену парадигмы развития. Если в недавнем прошлом акценты ставились на поддержании аграрного сектора, то теперь внимание переключается на выявление уникальности места, во многом, благодаря бурному росту индустрии туризма. В селе появляются нетипичные предприятия, система обслуживания, меняется уклад жизни и сама среда, стремящаяся по качеству к формату «между городом и деревней». Все это требует решения масштабных транспортных, социальных и многих других вопросов и без разумной доли государственного планирования здесь также не обойтись. «Если эксперимент будет сорван и кончится неудачей, если мир будет упорствовать в сохранении капиталистического развития, тогда я должен с большой грустью проститься с вами, мои друзья…». Эти слова, сказанные Бернардом Шоу, выдающимся мыслителем, свидетелем великого эксперимента, начавшегося в России 20-х годов, сегодня, как никогда, кажутся актуальными.

Список использованных источников

1. Малышев, Д. Коммуна имени Ленина. (Кирсановский район, Тамбовского округа) / Д. Малышев. – Воронеж : Коммуна, 1929 (тип. изд. «Коммуна»). – 30 с.
2. Eddy Sherwood. The Challenge of Russia – New York : Farrar & Rinehart, 1931. – P. 40 – 62.
3. Галушка, А. С. Кристалл роста: к русскому экономическому чуду / А. С. Галушка, А. К. Ниязметов, М. О. Окулов. – М. : Изд-во «Наше Завтра», 2021. – 360 с.

УДК 378.1
74.04: Организация образования

ОПЕРЕЖАЮЩАЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ЖКХ В ТАМБОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ: КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Молоткова Наталия Вячеславовна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доктор педагогических наук, профессор, первый проректор
e-mail: *molotkova.nv@tstu.ru*

Монастырев Павел Владиславович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук, доктор технических наук, директор Института архитектуры, строительства и транспорта, профессор кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: *monastyrev68@mail.ru*

Гавриков Владимир Александрович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта»
e-mail: *gammby-87@mail.ru*

Гуськов Артем Анатольевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта»
e-mail: *tyoma-1@mail.ru*

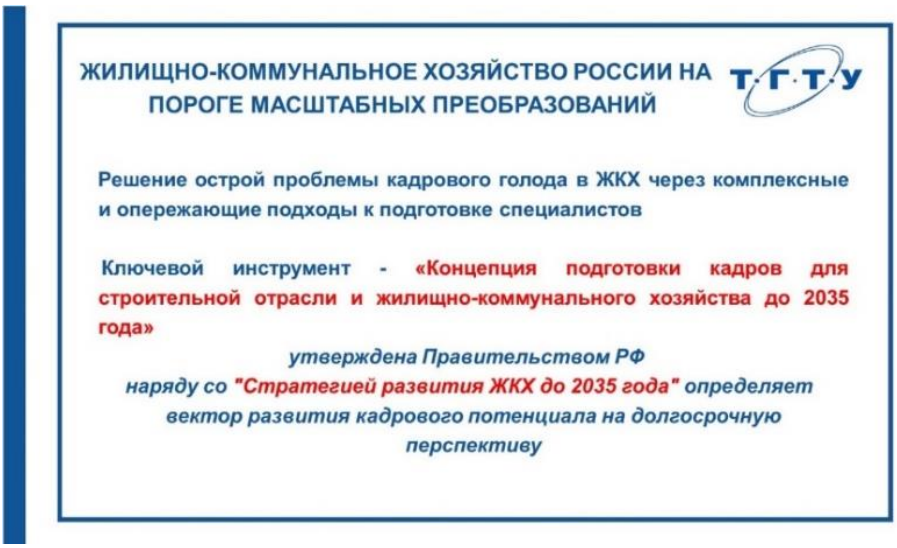
Зеленин Григорий Васильевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры «Городское строительство и автомобильные дороги»
e-mail: *zgv68rus@mail.ru*

Жилищно-коммунальное хозяйство России стоит на пороге масштабных преобразований, в центре которых – решение острой проблемы кадрового голода через комплексные и опережающие подходы к подготовке специалистов. В условиях износа инфраструктуры, внедрения цифровых технологий и растущих требований к качеству услуг, отрасль делает ставку на новое поколение профессионалов, способных работать в «умном» и высокотехнологичном секторе [1 – 8].

Ключевым инструментом в этом процессе стала утвержденная Правительством РФ «Концепция подготовки кадров для строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства до 2035 года». Этот документ, наряду со «Стратегией развития ЖКХ до 2035 года», определяет вектор развития кадрового потенциала на долгосрочную перспективу.

Ниже в формате слайдов показываются ключевые направления комплексных решений в этой сфере [9 – 34]:

– внедрение профессиональных стандартов;
– разработка новых и модернизация существующих образовательных программ;
– практико-ориентированное обучение и партнерство с бизнесом;
– формирование цифровых компетенций в профессиональной сфере;
– развитие «мягких» навыков (soft skills);
– модульный принцип построения программ;
– реализация дополнительных профессиональных программ;
– профориентация и популяризация профессий.







КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РЕШЕНИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Т·Г·Т·У

Практико-ориентированное обучение и партнерство с бизнесом

Стажировки и производственные практики студентов





КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РЕШЕНИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Т·Г·Т·У

Практико-ориентированное обучение и партнерство с бизнесом

Студенческие проекты - решение практических задач




КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РЕШЕНИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Т·Г·Т·У

Формирование цифровых компетенций в профессиональной сфере

Дисциплины учебного плана образовательной программы бакалавриата по направлению 08.03.01 Строительство

- **Модуль цифровых компетенций (Digital Skills):**
  - Информатика и основы искусственного интеллекта
  - Основы информационного моделирования в строительстве
  - Искусственный интеллект в строительстве
- **Программные средства в проектировании строительных объектов**
- **ТИМ-проектирование**
- **Системы автоматизированного проектирования строительных конструкций**

Магистерская программа 08.04.01.02 «Информационное моделирование в строительстве»

Центр коллективного пользования «ТИМ-технологии»



КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РЕШЕНИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Формирование цифровых компетенций в профессиональной сфере

Магистерская диссертация, посвященная разработке информационной модели здания ФНС России в г. Тамбове в программном комплексе RENGA





КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РЕШЕНИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Развитие "мягких" навыков (soft skills)

Федеральный общественно-просветительский проект «Школа мечты» реализуется в рамках федеральной программы капитального ремонта школ «Модернизация школьных систем образования»



- ***Казачья кадетская школа им. графа И.И. Воронцова-Дашкова, г.Тамбов***
- ***Многопрофильная кадетская школа им .Л.С. Демина, г. Тамбов***
- ***Мичуринский лицей***
- ***Школа-интернат для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья, д.Красненькое***

КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РЕШЕНИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Развитие "мягких" навыков (soft skills)

В рамках «Проектной среды ТГТУ» студенты разратывают проекты благоустройства дворовых территорий и общественных пространств муниципальных образований





КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РЕШЕНИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Развитие "мягких" навыков (soft skills)

Студенты в команде с профессорско-преподавательским составом Института разрабатывают проекты по сохранению объектов культурного наследия Тамбовской области



Проект восстановления храма Воскресения Христа в усадьбе Воейковых, с.Караул

КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РЕШЕНИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Модульный принцип построения программ в ТГТУ

Модульный принцип построения программ предполагает разделение учебного процесса на автономные организационно-методические блоки — *модули*. Каждый из них направлен на формирование одной компетенции или группы компетенций студента. Модули группируют несколько учебных дисциплин одной направленности.

Программа бакалавриата 08.03.01 Строительство: «Промышленное и гражданское строительство»

- Техническая эксплуатация и ремонт зданий
- Водоснабжение и водоотведение объектов капитального строительства
- Теплоснабжение и вентиляция зданий
- Электроснабжение и электропотребление зданий
- Основы сметного дела в строительстве

Магистерская программа 08.04.01 Строительство: «Техническая эксплуатация и реконструкция зданий»

- Техническая эксплуатация и проектирование текущего и капитального ремонта зданий и сооружений ЖКХ
- Технико-экономическое обоснование реконструкции, модернизации и капитального ремонта зданий и сооружений ЖКХ
- Инженерные изыскания при обследовании зданий, сооружений и городских территорий
- Мониторинг зданий и сооружений ЖКХ при реконструкции, модернизации, капитальном ремонте и технической эксплуатации
- Техническая экспертиза зданий и сооружений ЖКХ при реконструкции, модернизации и капитальном ремонте

КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РЕШЕНИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Реализация дополнительных профессиональных программ

Повышение квалификации и профессиональная переподготовка для физических лиц и представителей муниципальных образований



- ***Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура***
- ***Управление многоквартирным домом***

КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РЕШЕНИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Т·Г·Т·У

Профориентация и популяризация профессий



Мастер-классы по определению прочности бетона



Механизированное звено стройотряда «Молодая Гвардия» в ГК АСБ



Всероссийская акция «Неделя без турникетов»





Всероссийская ярмарка трудоустройства «Работа России. Время возможностей»

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ЖКХ В ТГТУ

Т·Г·Т·У

Среднее профессиональное образование

08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений

08.02.12 Строительство и эксплуатация автомобильных дорог, аэродромов и городских путей сообщения

10.02.05 Обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем

38.02.01 Экономика и бухгалтерский учет (по отраслям)

40.02.04 Юриспруденция

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ЖКХ В ТГТУ

Т·Г·Т·У

Высшее образование - БАКАЛАВРИАТ

07.03.01 Архитектура
07.03.04 Градостроительство
08.03.01 Строительство
09.03.01 Информатика и вычислительная техника
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
38.03.01 Экономика
38.03.02 Менеджмент
40.03.01 Юриспруденция
42.03.01 Реклама и связи с общественностью
54.03.01 Дизайн



Список использованных источников

1. Монастырев, П. В. Архитектурно-строительное образование в Тамбовском ГТУ: достижения и стратегия развития / П. В. Монастырев, Н. В. Кузнецова, О. В. Умнова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 3(53). – С. 8 – 16.

2. Монастырев, П. В. Профильный институт нового типа, как основа инновационного развития университета / П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : Междунар. науч.-практ. конф. Тамбов. ТГТУ. 25–26 сентября 2014 года. – С. 15 – 22.

3. Монастырев, П. В. Концепция преобразования факультета в институт в рамках реструктуризации университета / П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев // Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов, Белгород, 15 – 23 марта 2014 года ; Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. Том выпуск 13. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2014. – С. 157 – 165.

4. Монастырев, П. В. Образовательные программы Института архитектуры, строительства и транспорта как элементы инновационного развития экономики Тамбовской области / П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев, А. В. Милованов // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. Тамбов. ТГТУ. 27 июня 2016 года. – Изд-во Першина Р. В. – С. 8 – 14.

5. Монастырев, П. В. Институт архитектуры, строительства и транспорта ТГТУ в решении задач устойчивого развития региона: наука, образование, творчество / П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. – 2020. – С. 16 – 25.

6. Монастырев, П. В. Институт архитектуры, строительства и транспорта в проблемах устойчивого развития региона / П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев, В. А. Гавриков, Г. В. Зеленин // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – 2021. – С. 46 – 68.

7. Монастырев, П. В. Вклад института архитектуры, строительства и транспорта ТГТУ в устойчивое развитие региона / П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев, В. А. Гавриков, Г. В. Зеленин // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы X Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 45-летию Института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета, Тамбов, 13–14 июня 2024 года. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2024. – С. 44 – 74.

8. Акимов, П. А. Научные исследования и разработки Российской академии архитектуры и строительных наук: состояние, направления и перспективы развития / П. А. Акимов, Е. М. Чернышов, П. В. Монастырев // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. Тамбов. ТГТУ. 15–16 июня 2017 года. – Изд-во Першина Р. В. – С. 12 – 28.

9. Компетентностный подход при подготовке в системе бакалавриата / И. И. Мамаев, У. Чэнь, Н. В. Молоткова, П. В. Монастырев // Перспективы науки. – 2015. – № 12(75). – С. 15 – 20.

10. Актуальность образовательных программ прикладной магистратуры в области энергоэффективного строительства / Е. С. Мищенко, П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2016. – № 4(62). – С. 203 – 209.

11. Мищенко, Е. С. Образовательная программа проекта MARUEEB как элемент системы инновационного развития региона / Е. С. Мищенко, П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев // Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур : сб. материалов III Междунар. конф. Екатеринбург. УрФУ. 16–17 мая 2017 года. – С. 463 – 472.

12. Мищенко, Е. С. Разработка образовательной программы в области повышения энергетической эффективности зданий / Е. С. Мищенко, П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев // Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур : сб. материалов II Междунар. конф. Екатеринбург. УрФУ. 27–27 мая 2016 года. – Информационный портал УрФУ http://www.urfu.ru. – С. 166 – 171.

13. Перспективы взаимодействия вузов России и Китая при проектировании образовательных программ в сфере архитектуры и дизайна в рамках межвузовских ассоциаций / У. Чэнь, И. И. Мамаев, Н. В. Молоткова, П. В. Монастырев // Вестник Тамбовского университета. – 2016. – Т. 21, вып. 1(153). – С. 11 – 16.

14. Проектирование образовательных программ архитектурных вузов Китая / У. Чэнь, И. И. Мамаев, Н. В. Молоткова, П. В. Монастырев // Вестник Тамбовского университета. – 2015. – Т. 20, вып. 12(152). – С. 13 – 18.

15. Мищенко, Е. С. Разработка, реализация, оценка качества образовательных программ в области энергоэффективного строительства / Е. С. Мищенко, П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев // Актуальные вопросы, достижения и инновации науки XXI века : Третья национальная науч.-практ. конф. молодых ученых. – 2018. – Вып. 58. – С. 36 – 39.

16. Разработка образовательной программы в области повышения энергетической эффективности зданий / Е. С. Мищенко, П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев, А. А. Сергеева // Роль и перспективы молодежи в развитии «Зеленой экономики : Междунар. науч. конф. 27 – 30 июня 2016 г. г. Гянджа, Азербайджанская республика. – С. 49 – 53.

17. Учет позиции работодателя при проектировании образовательных программ в области BIM-технологий / Е. С. Мищенко, П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев, С. А. Струлев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2019. – № 2. – С. 106 – 115.

18. Мищенко, Е. С. Аспекты разработки образовательных программ в области BIM-технологий с учетом работодателей / Е. С. Мищенко, П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы 5-й Междунар. науч.-практ. конф. Тамбов, ТГТУ. 24–25 мая 2018 года. – С. 385 – 392.

19. Мищенко, Е. С. Формирование результатов обучения магистра в области энергоэффективного строительства / Е. С. Мищенко, П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 3(65). – С. 156 – 165.

20. Ауад, М. С. Использование вычислительного комплекса SCAD OFFICE в образовательном процессе дисциплины «Металлические конструкции, включая сварку» / М. С. Ауад, О. В. Евдокимцев, П. В. Монастырев // Современная наука: теория, методология, практика : материалы 2-й Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., 28–29 мая 2020 г. ; ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет».– Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2020. – С. 274 – 278.

21. Ауад, М. С. Разработка и реализация виртуальных лабораторных работ по исследованию напряженно-деформированного состояния металлических конструкция в вычислительных комплексах / М. С. Ауад, О. В. Евдокимцев, П. В. Монастырев // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы 6-й Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летнему юбилею института архитектуры, строительства и транспорта ТГТУ. Тамбов, ТГТУ. 22 – 25 мая 2019 г. – С. 509 – 512.

22. Монастырев, П. В. Реализация цифровой трансформации образовательных программ в области информационного моделирования зданий, сооружений и линейных объектов / П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев, С. А. Струлев // Современная наука: теория, методология, практика : материалы IV Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. – 2022. – С. 318 – 323.

23. Монастырев, П. В. Строительное образование в период цифровизации экономики РФ / П. В. Монастырев, О. В. Умнова, С. А. Струлев // Современная наука: теория, методология, практика : Материалы 2-й Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., 28–29 мая 2020г. ; ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет».– Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2020. – С. 278 – 280.

24. Чернядьева, О. А. Цифровой проектный институт, как инструмент реализации проектного обучения и практической подготовки в организациях высшего образования в области архитектуры и строительства / О. А. Чер-нядьева, О. В. Евдокимцев, П. В. Монастырев // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений : тез. докл. VIII Междунар. симпозиума, Тамбов, 17 – 21 мая 2023 года. – Тамбов : ИП Чеснокова А. В., 2023. – С. 432.

25. Конкурсы в системе менеджмента качества подготовки студентов творческих или инженерных направлений / Е. С. Мищенко, П. В. Монастырев, О. В. Евдокимцев, Т. В. Старкова // Современные проблемы в строительстве: постановка задач и пути их решения : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф. ; Юго-Западный государственный университет. – Курск, 2019. – С. 39 – 45.

26. Старкова, Т. В. Повышение качества подготовки архитекторов за счет привлечения студентов к решению социально-экономических задач региона / Т. В. Старкова, Е. С. Мищенко, П. В. Монастырев // Современная наука: теория, методология, практика : материалы 2-й Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., 28–29 мая 2020 г. ; ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет».– Тамбов, Издательство ИП Чеснокова А. В., 2020. – С. 238 – 274.

27. Монастырев, П. Об итогах XXX Международного смотра-конкурса лучших выпускных квалификационных работ по архитектуре, дизайну и искусству / П. Монастырев, Т. Ельчищева, А. Путинцева // Архитектура. Строительство. Дизайн. – 2023. – № 3-4(112-113). – С. 55 – 65.

28. Elena Mishchenko, Pavel Monastyrev, Oleg Evdokimtsev Design, Implementation and Quality Assessment of Educational Programs in Energy-Efficient Construction // 20th General Assembly of the International Experts. Florence (Italy), Fondazione Romualdo Del Bianco Istituto Internazionale Life Beyond Tourism. – 2018. – P. 335 – 340.

29. E Mishchenko, P Monastyrev and O Evdokimtsev. Quality Improvement of Specialists Training for Energy-Efficient Construction. 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 463 032046 https://doi.org/10.1088/1757-899X/463/3/032046

30. Elena S. Mishchenko, Pavel V. Monastyrev, Oleg V. Evdokimtsev, Taisiya V. Starkova. Creative competitions as a tool for improving the quality of architects' training // 21st General Assembly of the International Experts and Symposium Heritage as a Builder of Peace. Florence (Italy), Fondazione Romualdo Del Bianco Istituto Internazionale Life Beyond Tourism, 2019, P.192-196.

31. E. Mishchenko, P. Monastyrev, O. Evdokimtsev. Design, implementation and quality assessment of educational programs in building information modeling. В сборнике: 5th International multidisciplinary scientific conference on social sciences and arts SGEM 2018. Conference proceedings. 2018. P. 159-166. https://sgemsocial.org/ssgemlib/spip.php?article7225&lang=en

32. Mishchenko E., Monastyrev P., Evdokimtsev O. V., Starkova T. V. Creative competitions as an element of the quality management system for architects' training // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. Volume 18, Issue 6.4, 2018, P. 653-660.

33. Mishchenko E. S., Monastyrev P. V., Evdokimtsev O. V. Improving the Quality of Training in Building Information Modeling. ICL 2018; Kos Island; Greece; 25 September 2018 до 28 September 2018; Code 224239. Volume 916, 2020, P. 453-459.

34. Mishchenko E., Monastyryov P., Gavrikov V. Improving quality of education in the field of training specialists for transport industry // 7th SWS International Scientific Conference on Social Sciences ISCSS 2020. Conference Proceedings of selected articles. Sofia, Bulgaria, 2020. P. 429-436.

СЕКЦИЯ 1

АРХИТЕКТУРА, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И ДИЗАЙН

УДК 332.85: Рынок жилья
65.441: Экономика жилищно-коммунального хозяйства

ВИДЫ И ТИПЫ АРЕНДНОГО ЖИЛЬЯ В РФ: АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО РЫНКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Агапов Илья Сергеевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант

Кожухина Ольга Николаевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук
e-mail: olga1463@yandex.ru

Арендное жилье в России представляет собой важный сегмент рынка недвижимости, который продолжает развиваться в ответ на изменения в экономике, законодательстве и потребительских предпочтениях [1].

Большей части населения страны крайне сложно приобрести жилье в собственность, поскольку они не имеют необходимого уровня дохода. Существующий жилищный фонд имеет истекающий нормативны срок эксплуатации. Решение жилищного вопроса становится формирование арендного сектора жилья. Подобный опыт во многих странах достаточно успешен [2, 3]. Непрерывное развитие типов арендного жилья в западных странах позволил сформировать систему свойств, необходимых для их успешной и продуктивной работы. Анализ зарубежного и отечественного опыта проектирования и использования арендных жилых домов позволяет проследить закономерности их формирования, выявить тенденции дальнейшего развития арендного жилья [4].

По состоянию на 2025 год, арендное жилье в Российской Федерации представляет собой динамичную и многообразную сферу. Рынок аренды жилья охватывает различные виды и типы объектов, что позволяет удовлетворять потребности различной категории арендаторов [5, 6]. Учитывая стремительный рост цен на жилье, нехватку доступного жилья и изменения в образе жизни граждан, аренда становится важным решением для многих россиян, включая молодежь, студентов и семьи с детьми [7 – 9].

С увеличением мобильности населения, гибкости форм занятости и распространением удаленной работы, растет спрос на аренду как краткосрочного, так и долгосрочного характера. Пандемия COVID-19 также ускорила этот процесс, изменив предпочтения арендаторов, которые начали искать варианты жилья в более спокойных районах и загородом [10].

Кроме того, правительственная политика и различные инициативы, направленные на поддержку строительства и аренды жилых помещений, подчеркивают важность темы. Вопросы правового регулирования, защиты прав арендодателей и арендаторов становятся все более актуальными, что требует дальнейшего анализа и обсуждения. Таким образом, исследование современных тенденций и перспектив в области арендного жилья в России имеет высокую значимость как для специалистов в области недвижимости, так и для обычных граждан [11 – 14].

Рассмотрим основные аспекты, подчеркивающие значимость арендного жилья в решении жилищных вопросов:

- Доступность жилья: Аренда жилья предоставляет возможность людям, не имеющим достаточных финансовых средств для покупки квартиры или дома, получить жилье на приемлемых условиях. Это особенно важно для молодежи, студентов, которые начинают свою жизнь, а также для семей, испытывающих трудности в покупке жилья.
- Гибкость и мобильность: Аренда позволяет жителям быть более мобильными. Возможность смены места жительства способствует трудовой мобильности, что особенно актуально для людей, работающих в сфере, где востребовано быстрая адаптация и переезд в разные регионы. Это также отвечает потребностям студентов и молодых специалистов, которые могут временно находиться в другом городе.
- Снижение финансовой нагрузки: Поскольку аренда жилья часто требует меньших начальных затрат по сравнению с покупкой недвижимости, арендаторы могут лучше управлять своими финансами. Возможность избежать задолженности по ипотечным кредитам снижает риск финансовых проблем, что особенно важно в условиях экономической нестабильности.
- Разнообразие предложений: Рынок арендного жилья предлагает широкий спектр жилых объектов – от комнат в коммунальных квартирах до современных квартир и загородных домов. Это разнообразие помогает

удовлетворить потребности различных категорий населения, включая студентов, работающие семьи и людей, ищущих временное жилье.

- Создание альтернативных форм жилья: Арендное жилье становится основой для создания и развития новых форм жилья, таких как коворкинги и совместные жилые пространства. Такие подходы особенно популярны среди молодых людей и фрилансеров, стремящихся к совместному жилью и обмену идеями.
- Социальная стабильность: Доступность арендного жилья способствует социальной стабильности, позволяя людям находить жилье близко к месту работы и улучшая качество жизни. Это также может способствовать уменьшению социальной напряженности, связанной с нехваткой жилья.

Таким образом, арендное жилье играет важную роль в решении жилищных вопросов населения, обеспечивая доступность, гибкость и разнообразие [15 – 17]. В условиях современных экономических реалий и социального развития его значимость только возрастает. Развитие этого сегмента рынка станет ключевым фактором в повышении качества жизни граждан и устойчивом жилье для всех слоев населения.

Рассмотрим основные виды арендного жилья, а также перспективы развития данного сегмента рынка.

Классификация арендного жилья по форме собственности:

- Частное арендное жилье (квартиры, дома, комнаты).

Особенности: гибкость условий, широкий выбор, риски, связанные с недобросовестными арендодателями.

- Государственное (муниципальное) арендное жилье.

Особенности: социальная направленность, низкая стоимость, ограниченное предложение, строгие требования к арендаторам.

- Корпоративное арендное жилье.

Особенности: предоставляется работодателем, часто связано с трудовым договором, удобство для работников.

- Коммерческое арендное жилье (апартаменты, доходные дома).

Особенности: профессиональное управление, широкий спектр услуг, более высокая стоимость.

Классификация арендного жилья по типу и качеству:

- Эконом-класс.

Особенности: доступность, простота, минимальный набор удобств.

- Комфорт-класс.

Особенности: улучшенная планировка, современный ремонт, наличие необходимой мебели и техники.

- Бизнес-класс.

Особенности: престижный район, высококачественный ремонт, развитая инфраструктура, дополнительные услуги (охрана, консьерж).

- Элитное жилье.

Особенности: уникальное расположение, эксклюзивный дизайн, максимальный комфорт, высокий уровень безопасности.

Рассмотрев классификацию рынка арендного жилья, необходимо также рассмотреть влияние социальных и экономических факторов, которые определяют как текущие тенденции, так и перспективы его развития.

Социальные факторы:

- Миграция и урбанизация

Рост городского населения увеличивает спрос на арендное жилье, особенно среди мигрантов и молодых специалистов.

- Возрастная структура населения

Молодежь и студенты чаще выбирают аренду, что формирует спрос в этом сегменте.

- Социальная мобильность

Возможность быстро менять место жительства способствует развитию рынка аренды.

- Уровень доходов

Низкий или нестабильный доход стимулирует спрос на доступное арендное жилье.

- Образование и трудовая занятость

Студенты и временно работающие граждане предпочитают аренду, что влияет на спрос и предложение.

Экономические факторы:

- Стоимость покупки недвижимости

Высокая цена на покупку делает аренду более привлекательной альтернативой.

- Экономическая нестабильность

Колебания курса, инфляция и санкции влияют на платежеспособность населения и спрос на аренду.

- Уровень ипотечных ставок

Высокие ставки снижают доступность ипотечных кредитов, увеличивая спрос на аренду.

- Развитие рынка ипотечного кредитования

Влияет на баланс между покупкой и арендой жилья.

- Инфраструктура и уровень жизни

Хорошая инфраструктура повышает привлекательность арендуемых районов.

Понимание социальных и экономических факторов, влияющих на этот рынок, позволяет более эффективно предсказывать его тенденции и разрабатывать соответствующие меры для обеспечения доступного и качественного жилья для всех слоев населения [18 – 20].

Рынок арендного жилья в России в последние несколько лет демонстрирует динамику изменений, обусловленных как социальными, так и экономическими факторами. Необходимо рассмотреть ключевые тенденции и перспективы развития этого сегмента рынка.

Тенденции

1. *Рост интереса к аренде жилья*.

В свете быстро растущих цен на жилую недвижимость многие россияне выбирают аренду вместо покупки. Особенно это касается молодежи и семей с ограниченным бюджетом, что ведет к увеличению числа арендаторов и формированию нового спроса на рынке.

2. *Развитие краткосрочной аренды*.

С распространением платформ, таких как Airbnb и другие, наблюдается резкий рост краткосрочной аренды. Это создает новые возможности для собственников жилья, однако также приводит к регуляторным вызовам и необходимости разработки правовых норм для таких схем.

3. *Увеличение предложения качественного арендного жилья*.

Девелоперы начали акцентироваться на создании нового жилья с высокими стандартами качества, предлагая дополнительные удобства и сервисы, чтобы привлечь арендаторов. Переход к концепции «умного дома» также начинает захватывать интерес.

4. *Упрощение процесса аренды*.

Инновационные технологические решения, такие как онлайн-платформы для поиска и оформления аренды, позволяют упростить этот процесс для обеих сторон. Это также включает электронные договоры и использование онлайн-оплаты.

5. *Изменение законодательства*.

Государственные меры по улучшению регулирования арендных отношений становятся все более актуальными. Ожидается, что в ближайшие годы произойдут изменения в законодательстве, касающиеся прав арендаторов и арендодателей.

Перспективы

1. *Государственное регулирование*.

Анализируя зарубежный опыт, Россия может развивать модели государственного контроля и поддержки в отношении арендного жилья. Это поможет создать более стабильную среду для арендаторов и арендодателей.

2. *Рост инвестиций в арендное жилье*.

С увеличением интереса к арендному жилью со стороны инвесторов, ожидается, что в следующем десятилетии произойдет рост вложений в этот сектор. Это приведет к увеличению предложения и улучшению качества арендных объектов.

3. *Улучшение инфраструктуры и качества жизни*.

Развиваясь в сторону строительства и обустройства новых жилых комплексов, многие города будут увеличивать инвестиции в инфраструктуру, таким образом, открывая новые площадки для аренды в районах с хорошей транспортной доступностью и современными удобствами.

4. *Влияние экономической ситуации.*

Экономическая ситуация в стране, включая уровень доходов населения и стабильность рынка труда, будет продолжать оказывать влияние на рынок аренды. Рост доходов и стабильность могут привести к повышению спроса на аренду качественного жилья.

5. *Стимулирование молодежного сегмента.*

С увеличением числа молодежи, предпочитающей аренду, и расширением программы доступного жилья для молодых специалистов, рынок может ожидать резкого увеличения арендного предложения, соответствующего этой аудитории.

Рынок арендного жилья в России демонстрирует различные тенденции, которые показывают его адаптацию к новым экономическим и социальным условиям [21 – 23]. Прогнозы положительны, однако успешное развитие этого сегмента зависит от эффективного регулирования, поддержки государственных программ и потребностей населения. Внимание к качеству и удобствам арендного жилья будет определять его привлекательность для арендаторов в будущем.

Перспективы развития рынка арендного жилья связаны с внедрением новых технологий и бизнес-моделей. Онлайн-платформы для поиска и аренды жилья становятся все более популярными, предлагая широкий выбор объектов, удобные инструменты для сравнения и бронирования, а также гарантии безопасности сделок [24]. Развиваются сервисы управления арендной недвижимостью, которые позволяют собственникам оптимизировать процессы сдачи в аренду, поиска арендаторов и обслуживания объектов.

Необходимо также отметить, что для дальнейшего развития рынка арендного жилья в России необходимо создание благоприятной нормативно-правовой среды. Это включает в себя совершенствование законодательства, регулирующего арендные отношения, защиту прав арендаторов и арендодателей, а также стимулирование строительства специализированного арендного жилья с привлечением частных инвестиций и государственной поддержки. Развитие рынка арендного жилья будет способствовать повышению мобильности населения, обеспечению доступности жилья и стимулированию экономического роста [25, 26].

Список использованных источников

1. Кубасова, Т. И. Арендное жилье в России: предпосылки, проблемы и перспективы развития / Т. И. Кубасова, Л. А. Каверзина, Г. Н. Макарова. – // Baikal Research Journal. – 2018. – Т. 9, № 4.
2. Жукова, О. В. Методические подходы к оценке текущего состояния доступности жилья в России и лучшие мировые практики / О. В. Жукова // Вопросы региональной экономики. – 2022 – № 4(53). – С. 136 – 143.
3. Мацко, Е. А. Развитие рынка аренды жилой недвижимости: международный и российский аспект / Е. А. Мацко, С. В. Тарута // Экономика, менеджмент и сервис: проблемы и перспективы : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. (г. Омск, 26–27 ноября 2020 г.). – Омск : ОГТУ, 2020. – С. 74 – 77.
4. Баженова, Е. В. Особенности архитектуры доходных домов столичных городов Европы и России / Е. В. Баженова. – Текст: непосредственный // Инновационная наука. – 2016. – № 3 – С. 148 – 150.
5. Балахнин, А. М. Инструменты анализа развития рынка жилой недвижимости России в современных экономических условиях / А. М. Балахнин // Прогрессивная экономика. – 2023. – № 12. – С. 52 – 65.
6. Селютина, Л. Г. Развитие строительства арендного сектора жилья в России / Л. Г. Селютина, К. О. Булгакова // Управление городом и городским хозяйством : сб. науч. тр. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2014. – С. 85 – 89.
7. Баркова, М. С. Перспективы развития аренды жилья в России / М. С. Баркова, Е. П. Щеголева // Российская наука: актуальные исследования и разработки : сб. науч. ст. XIII Всерос. науч.-практ. конф. (г. Самара, 8 февраля 2022 г.) : в 2 ч. / редкол.: С. И. Ашмарина, В. А. Пискунов (отв. ред.) и др. – Самара : СГЭУ, 2022. – Ч. 1. – С. 348 – 351.
8. Галкин, Н. А. Строительство арендных жилых комплексов как новый инструмент реализации государственной жилищной политики / Н. А. Галкин // Архонт. – 2019. – № 6(15). – С. 62 – 71.
9. Брызгалов, Д. В. Социально доступное жилье в системе государственной поддержки граждан / Д. В. Брызгалов // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2023. – № 6. – С. 137 – 149.
10. Жукова, О. В. Развитие в России финансовых механизмов, инструментов и новых моделей доступного арендного жилья при государственной поддержке / О. В. Жукова // Вопросы региональной экономики. – 2023. – № 1(54). – С. 90 – 95.
11. Девелопмент: эволюция функции и интеграция в региональный инвестиционно-строительный комплекс / А. А. Алексеев, А. Н. Асаул, А.С. Иванов и др. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2013. – 104 с.
12. Ермилова, М. И. Механизм финансирования жилищного рынка в современных условиях / М. И. Ермилова // Финансовая жизнь. – 2019. – № 4. – С. 97 – 100.
13. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 188ФЗ (ред. от 28 апр. 2023 г.) // СПС «КонсультантПлюс».
14. Жилищное хозяйство России. 2022 : стат. сб. Росстат. – М., 2022. – 83 с.
15. Доходный дом: возможности для инвестиций. – URL : https://www. homesoverseas.ru/articles/5421 (дата обращения: 18.05.2025).
16. Жукова, О. В. Развитие в России финансовой инфраструктуры доступного жилья / О. В. Жукова // Вопросы региональной экономики. – 2020. – № 3(44). – С. 136 – 145.
17. Ноздрина, Н. Н. Современные проблемы развития арендного жилья / Н. Н. Ноздрина, И. М. Шнейдерман // Народонаселение. – 2016. – № 4(74). – С. 94 – 103.
18. Бойко М. В. Организация и развитие доходных домов в рамках частного государственного предпринимательства на рынке найма и аренды жилья: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» : автореф. дис. … канд. экон. наук / М. В. Бойко. – М., 2013 – 24 с.
19. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года : указ Президента РФ от 21.07.2020. № 474.
20. Убогович, Ю. И. Развитие рынка строительства социального жилья на условиях государственно-частного партнерства / Ю. И. Убогович // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию науки и образования : материалы IX Междунар. науч. фор. мол. уч., инно- 128 ват., студ. и шк., Астрахань, 28–29 апреля 2020 года. – Астрахань : АГАСУ, 2020. – С. 548 – 553.
21. Материалы Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации // Минстрой России : офиц. сайт.
22. Стерник, Г. М. Методология моделирования и прогнозирования жилищного рынка : монография / Г. М. Стерник, С. Г. Стерник. – М. : РГ-Пресс, 2018. – 592 с.
23. Девелопмент недвижимости: справочник для профессионалов / В. Д. Шапиро, С. А. Титов, Н. Г. Ольдерогге и др. ; под ред. И. И. Мазура, В. Д. Шапиро. – М. : Елима, 2009. – 1035 с.
24. Аналитические материалы по арендному жилью // АО «ДОМ.РФ» : офиц. сайт.
25. Косарева, Н. Б. Доступность жилья в России и за рубежом / Н. Б. Косарева, Т. Д. Полиди // Вопросы экономики. – 2019. – № 7. – С. 29 – 51.
26. Никонова, И. А. Проблемы стоимостной оценки в проектном анализе и проектном финансировании / И. А. Никонова, М. А. Федотова // Экономический анализ: теория и практика. – 2014. – № 42(393). – С. 2 – 10.

УДК 727
67.07.11

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ФОЛЬКЛОРА В АРХИТЕКТУРЕ ОБЪЕКТОВ ОБРАЗОВАНИЯ

Видякина Светлана Андреевна
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
студент 5-го курса бакалавриата Архитектуры
e-mail: *Badmefox.bmf@gmail.com*

Додонова Мария Алексеевна
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
студент 5-го курса бакалавриата Архитектуры

Спицына Екатерина Александровна
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
студент 1-го курса магистратуры Архитектуры
e-mail: *Alexhant0898@gmail.com*

Исследование посвящено анализу роли фольклорных элементов в архитектурном проектировании образовательных учреждений и их влиянию на психологическое состояние и развитие детей различных возрастных групп.

В современном мире, где технологии и глобализация существенно влияют на образовательную среду, особую актуальность приобретает вопрос сохранения культурной идентичности и создания психологически комфортного пространства для развития детей. Фольклор, как неотъемлемая часть культурного наследия, может служить эффективным инструментом в решении этих задач через его интеграцию в архитектурные решения образовательных учреждений.

В соответствии со словарем Ожегова, фольклором принято называть народное творчество. По сути, оно представляет целый ряд знаний, обычаев, музыки, обрядов, сказок и прочего. Объединяет эти знания факт того, что они передаются анонимно и автором является коллектив. Народное творчество может пройти далекий путь: дом – улица – район – город – страна. На каждом этапе могут вноситься свои коррективы: при передаче ценной единицы посредники могут привносить авторские изменения [3]. В дальнейшем так и создается «народное» произведение. Фольклор передается из поколения в поколение и заключает в себе общественный нравственный срез.

Одна из важнейших функций фольклора – духовно-нравственное воспитание детей. Через него воспитываются нравственные чувства: ответственность, долг, совесть; и нравственное поведение: готовность проявлять рассудительность и добрую волю [1].

В зависимости от возрастной группы дети могут воспринимать архитектуру по-разному [5]:

Дошкольники (3 – 7 лет)

- Преобладание эмоционально-чувственного восприятия
- Высокая восприимчивость к цветовым решениям
- Интуитивное понимание архетипических образов
- Склонность к персонификации предметов окружающей среды

Младшие школьники (7 – 11 лет):

- Развитие аналитического мышления
- Интерес к историческому контексту
- Способность к пониманию символического значения
- Формирование эстетических предпочтений

Старшие школьники (12 – 17 лет):

- Критическое осмысление культурного наследия
- Понимание взаимосвязи традиций и современности
- Способность к абстрактному мышлению
- Формирование культурной идентичности

Для того, чтобы связать современную и историческую архитектуру, необходимо выявить характерные особенности в контектсе фольклора обеих эпох. В историческом контексте фольклорные мотивы в архитектуре проявлялись через [2]:

Конструктивные элементы:

- традиционные формы крыш и куполов, использование природных строительных материалов, организация пространства согласно народным традициям;
- декоративное оформление: резные наличники и карнизы, росписи фасадов и интерьеров, орнаментальные композиции

В современной архитектуре фольклор адаптируется через приемы, которые можно выделить в группы:

- Использование в мелкой и средней архитектурной пластике декоративности, подобной иллюстрациям из книг – обилие орнаментов, стилизация художественных образов, сюжетность.
- Использование в средней и крупной пластике плавных форм, отсылающих к природе, орнаментам; также заимствование элементов традиционной архитектуры в переработанных и стилизованных образах.
- Использование традиционных природных материалов или подражание им, например дерево, необработанный камень, искусственный камень, керамика



а) *б*) *в*)

Рис. 1. Интеграция фольклора в современную архитектуру:
а – декоративность; *б* – форма; *в* – материал



а) *б*) *в*)

Рис. 2. Частные случаи интеграции фольклора в современную архитектуру:
а – ЖК «Ильинка 3/8» Kleinewelt Architekten, используется мелкая пластика, отсылки к фольклорным персонажам, природного камня; *б* – Фрагмент дипломного проекта участника доклада, используется декоративность и форма, отсылающая к традиционной архитектуре; *в* – Дом на проспекте Римского Корсакого в Санкт- Петербурге, используется декоративность в виде сюжетов на мотив иллюстраций Билибина, используется мозаичная плитка

Успешная интеграция традиционных мотивов требует учета возрастных особенностей восприятия и современных технологических возможностей. В целях экономии и оптимизации городских ресурсов размещение фольклорных элементов предлагается в первую очередь в местах, наиболее часто посещаемых школьниками, а именно:

- входная группа школы;
- передний фасад здания;
- фасад здания, обращенный на спортивные и детские сооружения;
- классы;
- коридоры/общие холлы.

Во избежание перегрузки городской среды стилевыми элементами фольклора и ощущения агрессивного навязывания культурных ценностей населению предлагается размещение фольклорных элементов не во всех образовательных организациях школьного и дошкольного образования, а в наиболее многочисленных и важных по статусу. В малых населенных пунктах (до 20 тыс.) предлагается размещение в школах с большими актовыми залами и спортивными площадками, так как зачастую их посещают обучающиеся ближайших образовательных учреждений.

Также немаловажно соблюдать баланс между традиционными элементами и современными функциональными требованиями к образовательным учреждениям. Многие элементы могут быть неправильно восприняты обучающимися и взрослыми. Так к примеру, в современном здании школы могут вызвать споры плоские изображения на стенах героев фольклора или сказок, если они будут исполнены непрофессиональным дизайнером.

Могут появиться мысли о навязывании культуры, некачественном дизайне. Для решения этих проблем, администрация школы или проектное бюро, которое участвует в создании дизайн проекта, должны нанимать профессиональных специалистов. При правильном подходе к проектированию, будет создана комфортная среда для учащихся, которая будет мягко интегрироваться в жизнь детей. Пример качественной и грамотной работы с интерьером образовательных заведений представлен на рис. 3, 4. Пространство не обязательно должно быть наполнено дорогостоящими сложными формами и мелкими деталями, как показывают примеры, в дизайне можно обходиться простыми и лаконичными формами.



Рис. 3. Начальная школа «Снегири»



Рис. 4. Детский сад в ЖК «New Питер»

Создание культурно-ориентированной среды важно. Оно способствует формированию устойчивой культурной идентичности и развитию творческого потенциала. Интеграция фольклорных мотивов в архитектуру образовательных учреждений представляет собой эффективный инструмент создания развивающей среды, способствующей всестороннему развитию детей [4].

Список использованных источников

1. Popov A. V. Historical Development Stages of the Student Youth Accommodation Architecture from Dormitories Prototypes to Post-industrial University Campuses // International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), 9(11), 2018, pp. 2526-2536.

2. Азарова, Л. Е. Развитие ценностных ориентаций старшеклассников в процессе изучения литературы : дис. … канд. пед. наук / Л. Е. Азарова. – М., 2005. – 169 с

3. Азарова, Л. Е. Фольклор в современной культуре : учебное пособие / Л. Е. Азарова. – М. : Флинта, 2016. – 208 с.

4. Валеев, Ф. Х. Народное декоративно-прикладное искусство : учебное пособие / Ф. Х. Валеев. – М. : Владос, 2009. – 192 с.

5. Землякова, Е. В. Фольклор в формировании личности ребенка / Е. В. Землякова // Начальная школа плюс До и После. – 2009. – № 9. – С. 67 – 71.

6. Колесникова, Г. И. Ценностные ориентации личности как педагогический феномен / Г. И. Колесникова // Известия Южного федерального университета. Педагогические науки. – 2009. – № 2. – С. 99 – 107.

7. Применение методов мимикрии при формировании архитектурно-градостроительной среды / А. В. Попов, Т. В. Сорокоумова, Ю. С. Беляева, К. Г. Суханова // Экология урбанизированных территорий. – 2019. – № 3. – С. 88 – 94.

8. Попов, А. В. Архитектура вузов (история, современное состояние, особенности проектирования) : монография / А. В. Попов. – М. : ИНФРА-М, 2024.

УДК 727.12
67.03.03: Теория архитектуры. Архитектурные композиции

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШКОЛ-ИНТЕРНАТОВ В СТРАНАХ ВОСТОЧНОЙ АЗИИ. СПЕЦИФИКА И ТЕНДЕНЦИИ (НА ПРИМЕРЕ КИТАЯ)

Грязнова Валерия Валентиновна
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», магистрант
e-mail: *valeriya.v.g@yandex.ru*

Школа интернат – это образовательное учреждение, где обучающиеся прибывают круглосуточно, созданное в целях воспитания детей, их обучения, раскрытия творческих способностей, а также предоставления специализированной психологической помощи [1].

Не смотря на резкий скачок количества школ-интернатов в 1956 г., когда было утверждено постановление ЦК КПСС и Совета министров СССР № 1289 «Об организации школ-интернатов», в наше время большая их часть не прошла проверку временем. Преобладающее количество школ-интернатов – учреждения закрытого типа, отражающие социальные потребности, которые появились в результате кризиса 1990-х гг., не отвечающие современному состоянию общества, в том числе подходам к воспитанию и образованию [5].

Задача данного исследования – изучить особенности объемно-пространственной структуры средних и старших школ-интернатов в странах восточной Азии на примере Китая, в качестве нового возможного вектора развития школ-интернатов в России.

Школьное образование в Китае делится на три ступени: младшая, средняя и старшая школы.

Отличительной чертой такой системы является предусмотренное для каждой ступени отдельное учреждение, поступление в которое требует целенаправленную подготовку [4].

В связи с высокой сложностью Гаокао – государственного выпускного экзамена в Китае, аналога ЕГЭ, ученики начинают интенсивную подготовку с 5 класса, которая предполагает круглосуточное пребывание в кампусе. Обучающиеся проживают в школьном общежитии, соблюдая строгий распорядок дня, когда учебный день начинается с подъема в 6:00 и отбоем в 22:00, включая двухчасовой перерыв для самостоятельной работы и выполнения домашнего задания.

У учеников есть возможность посещения родителей в выходные дни, однако в связи со стремлением обеспечить детям успешное будущее, родители чаще всего отдают предпочтение школам, расположенных в экономически развитых регионах (например, Пекин, Шанхай). Такой выбор, как правило, затрудняет регулярные поездки учащихся домой.

При изучении особенностей рассматривались следующие школы (рис. 1):

1. Средняя школа университета Цинхуа – BIAD, 2021 г. [16];
2. Средняя школа Биньхай Сяовай – HHD FUN, 2014 г.[7];
3. Средняя школа № 2 Цзинань Личэн – TONG YUAN DESIGN, 2022 г. [8];
4. Нанкинская средняя школа Миндао – XSJZ, 2018 г. [13];
5. Средняя школа Ханчжоу Чжунтай – LZGC Quantum City Design Firm, Zhejiang Jianyuan Architectural Design and Urban Planning Institute, 2021 г. [12];
6. Средняя школа Сяоши в Нинбо – United Design Group, 2018 г. [9];
7. Двуязычная школа Фошань Мэйша – AUBE CONCEPTION, 2020 г. [10];
8. Средняя школа Наньхай Гуйчэн Цзиньгуй – Atelier cnS, 2022 г. [14];
9. Средняя школа Шэньчжэня – HITAD, 2020 г. [15];
10. Средняя школа Футянь – reMIX studio, 2023 г. [11].

В статье представлен детальный анализ школ-интернатов Восточной Азии на примере Китая, наиболее полно раскрывающий особенности современного проектирования и отражающие актуальные тенденции и уникальные проектные решения в области объемно-пространственной организации школ-интернатов.



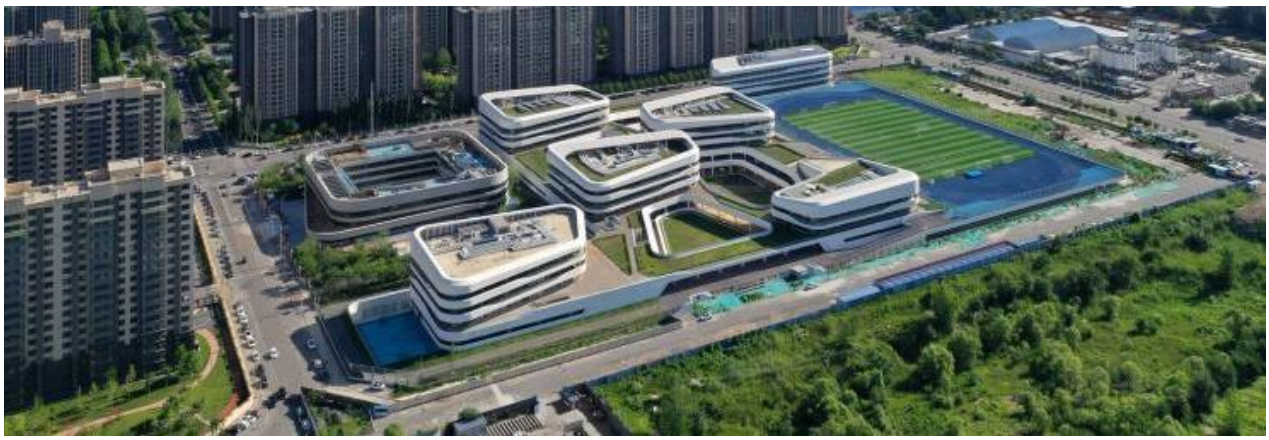
Рис. 1. Карта расположения исследуемых школ-интернатов на территории Китая

Средняя школа университета Цинхуа (рис. 2, *а*) вместимостью в 72 класса спроектирована таким образом, что 2-й – 4-й этажи являются основными этажами, где расположены учебные помещения, в то время как 1-й и подземный этажи включают в себя помещения общественного назначения: столовая, актовый зал, спортивные корты, бассейн; и обеспечивает учащимся, сотрудникам и преподавателям свободное перемещение между ними (рис. 2, *в*). Данная организация помещений позволяет открывать отдельные секции и зоны для пользования горожанами.

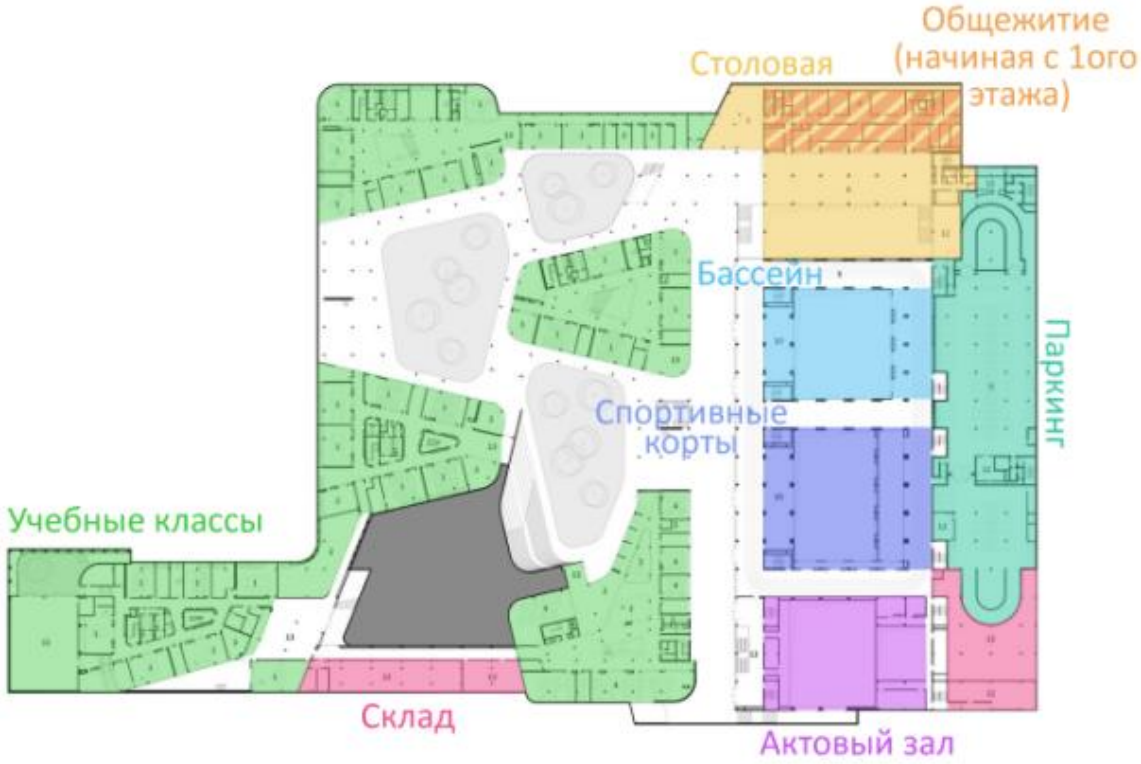
Загубленные дворы решают вопросы освещения, а также нейтрализует ощущение замкнутости и подавленности. Каждый двор получил свою дополнительную функцию: амфитеатр, площадка для ярмарок, место общественных мероприятий, выставок [16].

Проницаемые коридоры 1-го и 2-го этажей обеспечивают связанность всех функциональный зон (рис. 2, *б*).

Дополнительной функцией является паркинг, расположенный на 1-м и подземном этажах.



а)



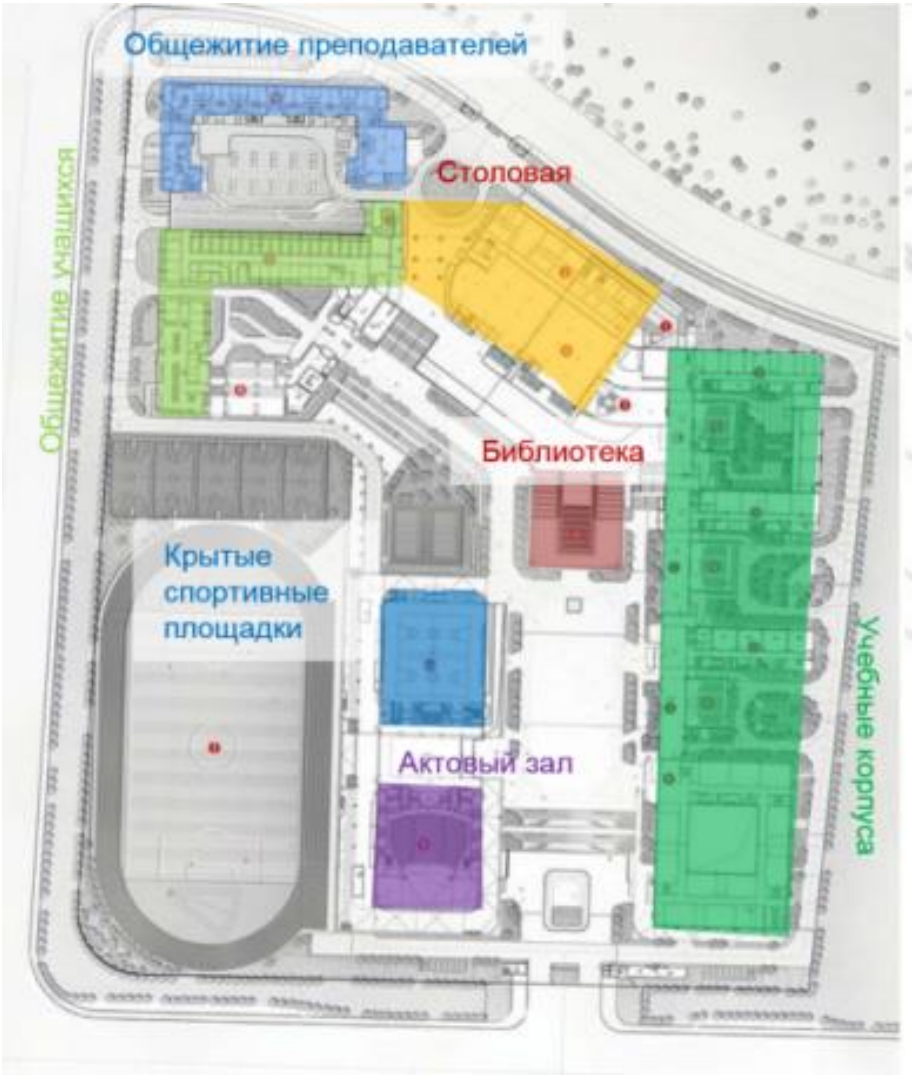
б)



в)

Рис. 2. Средняя школа университета Цинхуа – BIAD, 2021 г.:
а – общий вид здания средней школы университета Цинхуа;
б – план первого подвального этажа с функциональным зонированием; *в* – характерный разрез

Средняя школа № 2 Цзинань Личэн (рис. 3, *б*) располагается у подножия горы Ху, чем обусловлено интегрирование здания в природный ландшафт. Объем здания составляет 120 000 квадратных метров. Это обусловлено расположением на территории школы 60 классов, согласно заданию на проектирование.



а)



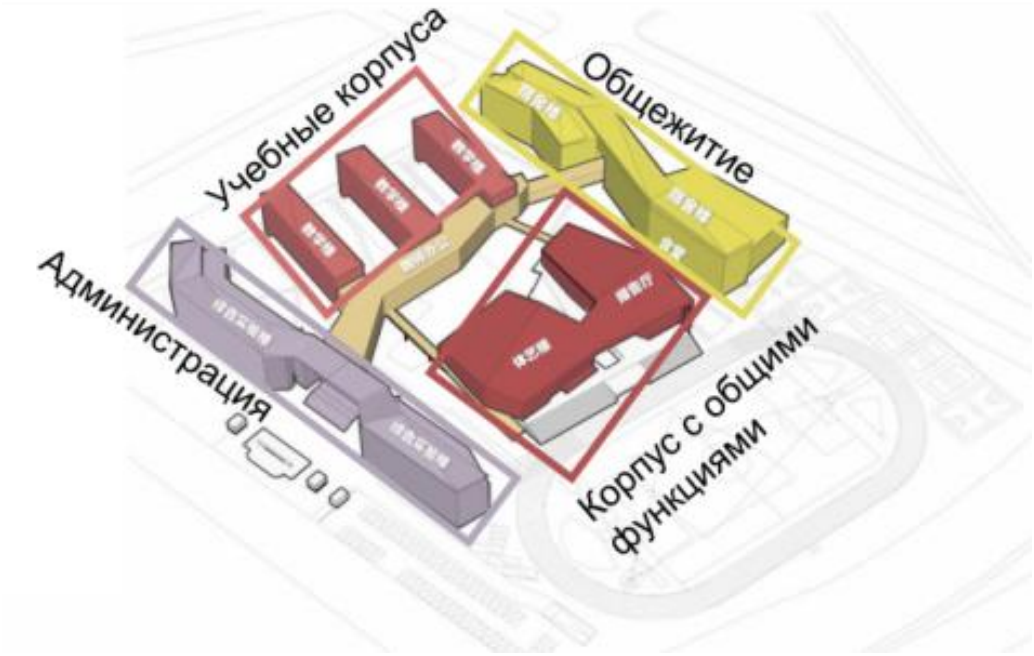
б)

Рис. 3. Средняя школа № 2 Цзинань Личэн – TONG YUAN DESIGN, 2022 г.:
а – план первого этажа с функциональным зонированием; *б* – общий вид здания

Основные функции, такие как библиотека, актовый зал, тренажерный зал и столовая, организованы по центральной оси планировки, таким образом это трансформирует их в ядро общественной жизни и позволяет наиболее полно раскрыть потенциал этих зданий, обеспечивая преподавателям и ученикам наиболее удобный доступ к общественным ресурсам (рис. 3, *а*).

Функциональная организация школы включает в себя два жилых блока: для учащихся и для сотрудников и педагогов. Для последних в цокольном этаже корпуса общежития предусмотрены парковочные места для автомобилей [8].

В проекте **Средней школы Ханчжоу Чжунтай** (рис. 4, *б*) функциональная организация здания разбирается и реорганизуются для более эффективного использования территории. Таким образом, на территории смогли разместиться 51 класс, стандартная беговая дорожка длиной в 400 метров, блок администрации школы, общежитие, актовый и спортивные залы (рис. 4, *а*).



а)



б)

Рис. 4. Средняя школа Ханчжоу Чжунтай – LZGC Quantum City Design Firm, Zhejiang Jianyuan Architectural Design and Urban Planning Institute, 2021 г.:
а – функциональные объемы; *б* – общий вид здания

Двухкилометровый коридор, проходящий через весь кампус и обеспечивающий связанность всех функциональных зон, по задумке архитекторов может также служить пространством для проведения внеклассных мероприятий в неясную погоду.

Школа по проекту является открытой городу – она включает в себя ряд функций доступных для жителей района. Корпус с возможностью общественного доступа выделили в отдельный объем, вход в который для учеников осуществляется через открытый коридор на втором этаже, а для горожан – с улицы через первый этаж [12].

В основе концепции Средней школы Сяоши в Нинбо (рис. 5, *б*) лежит идея того, что школьная жизнь полна впечатлений и должна подарить много воспоминаний, мужества и силы. Исходя из данного замысла были спроектированы «Холм жизни» и «Круг знаний».



а)



б)

Рис. 5. Средняя школа Сяоши в Нинбо – United Design Group, 2018 г.:
а – план первого этажа с функциональным зонированием; *б* – общий вид здания

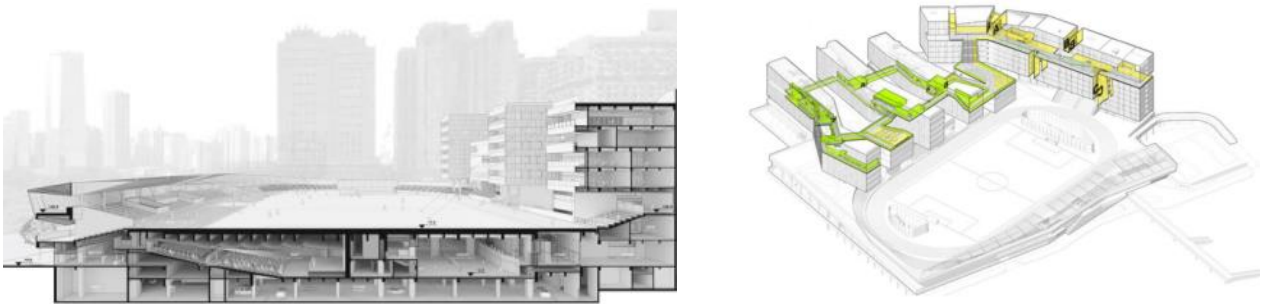
«Холм жизни» – основной элемент композиции кампуса, представляющий собой подиум, поднятый над уровнем земли на 5,5 метров и интегрированные в ландшафт: на западе «Холм» переходит в библиотеку, на востоке – в трибуны, на севере – в зеленую кровлю столовой, на юге – в скалодром спортивного комплекса. Таким образом, «Холм жизни» является местом для ключевых ежедневных занятий преподавателя и студентов так как под ним рассредоточены общественные функции: библиотека, актовый зал, спортивный комплекс, столовая и корпус для занятий искусством (рис. 5, *а*).

«Круг знаний» представляет собой корпус разной этажности, в нем сосредоточены все учебные аудитории.

Данная школа интересна тем, что первый общий этаж, обеспечивающий связанность всех пространств, является открытым – вход в каждое помещение функциональной группы отдельный. Также отсутствуют какие-либо открытые или крыты связи с корпусом общежития, он полностью обособлен и не входит в группу корпусов, объединенных «Холмом жизни» [9].

Старшая школа Футянь расположена в условиях высокой плотности застройки, ограниченности доступной земли и нехватки школ в условиях быстрого роста населения города. В связи с этим данная школа-интернат спроектирована для 3000 студентов.

«Школа без забора» – концепция архитекторов данного проекта, которая подразумевает под собой совместное использование помещений с «соседями» – жителями района. В рамках данной идеи одним из важнейших решений было поднятие беговой дорожки на 7,4 м над уровнем дороги, создав мощный подиум (рис. 6, *а*). Такая конфигурация позволила создать вместо стандартного глухого забора прозрачный фасад, который обеспечивает прямой доступ к ряду полуобщественных объектов. По выходным для горожан могут быть открыты несколько крытых и полуоткрытых спортивных площадок, тренажерный зал, плавательный бассейн, выставочное пространство и зрительный зал на 1000 мест. Таким образом школа становится не просто обособленным учреждением, а общественным центром.



а) *б*)

Рис. 6. Средняя школа Футянь – reMIX studio, 2023 г.:
а – разрез по стилобату; *б* – общий вид здания средней школы, расположение общего надземного коридора

В проекте активно используется надземное и подземное пространство. В последнем расположены парковочные места для автомобилей сотрудников и педагогов, а также технические помещения. Над землей архитекторы разместили общий коридор, соединяющий все корпуса, открывая вид на Центральный парк Футянь (рис. 6, *б*). Таким образом, связанность всех функциональных групп помещений обеспечивается не только первым этажом, но и открытым надземным коридором [11].

На основании рассмотренных школ-интернатов Китая можно сформулировать **следующие выводы** о специфики и тенденциях в проектировании учреждений данного типа в Восточной Азии:

1. Функциональная организация.

– четкое зонирование пространства с выделением конкретных блоков помещений (учебных, жилых, общественных, административных);

– размещение общественных функций на первом этаже;

– связанность функциональных зон либо на первом этаже, либо по средствам общего коридора. Данные варианты могут быть как открытого типа, так и закрытого.

2. Архитектурно-планировочные решения.

– интеграция здания в природный ландшафт;

– использование/создание внутренних дворов для улучшения качества освещения и психологического комфорта;

– использование подземных пространств. Размещение под землей общественных функций, а также паркинга.

3. Социальная интеграция – концепция «школа без забора» с возможностью частичного использования пространств городскими жителями (спортивные объекты, выставочные пространства, актовый зал).

Изучение китайского опыта организации школ-интернатов для развития российской системы на основании представленных особенностей и тенденций требует дополнительного анализа с обязательным учетом специфи-

ки российского образования, социальных норм и культурных особенностей. Такой комплексный подход позволит корректно интегрировать выделенные принципы проектирования школ-интернатов в отечественную образовательную среду.

Список использованных источников

1. Казакова, М. С. Особенности проектирования школ-интернатов : сб. ст. / М. С. Казакова, В. В. Дымченко. – Н. Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 221 – 226. – EDN LBRKYX.
2. Попов, А. В. Социологические аспекты архитектурного формирования жилища студенческой молодежи, социализация личности / А. В. Попов, Р. А. Казарян // Перспективы науки. – 2018. – № 4(103). – С. 46 – 52. – EDN XSNWUH.
3. Попов, А. В. Архитектура вузов (история, современное состояние, особенности проектирования) / А. В. Попов. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2024. – 492 с. – EDN VTRPVR.
4. Хань, Ю. Начальное и среднее школьное образование в Китае / Ю. Хань, В. В. Глебов // Современные социально-экономические процессы: проблемы, тенденции, перспективы развития : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Петрозаводск, 14 октября 2021 года. – Петрозаводск : Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2021. – С. 122 – 126. – EDN EZIBGH.
5. Чылбак-Оол, Ч. В. Из истории становления и развития школ-интернатов в России (XVIII – конец XX вв.) / Ч. В. Чылбак-Оол // VI Центральноазиатские исторические чтения : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф., Кызыл, 20 – 22 июня 2024 года. – Кызыл : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тувинский государственный университет», 2024. – С. 218 – 221. – EDN CTUPGN.
6. Popov, A. V. Organization of comfortable student dwelling units / A. V. Popov, I. B. Melnikova // Revista Inclusiones. – 2020. – Vol. 7, No. S2-2. – P. 207-216. – EDN VEHZYL.
7. Binhai Xiaowai High School / HHD FUN [Электронный ресурс]. – URL : https://www.archdaily.com/773656/binhai-xiaowai-high-school-hhd-fun?ad_ source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 14.04.2025).
8. Caishi Campus of Jinan Licheng No. 2 Middle School / TONG YUAN DESIGN [Электронный ресурс]. – URL : https://www.archdaily.com/993003/caishi-campus-of-jinan-licheng-no-2-middle-school-tong-yuan-design?ad_source= search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 24.02.2025).
9. East Campus of Ningbo Xiaoshi High School / United Design Group [Электронный ресурс]. – URL : https://www.archdaily.com/906410/east-campus-of-ningbo-xiaoshi-high-school-united-design-group?ad_medium=gallery (дата обращения: 14.04.2025).
10. Foshan Meisha Bilingual School / AUBE CONCEPTION [Электронный ресурс]. – URL : https://www.archdaily.com/953329/foshan-meisha-bilingual-school-aube-conception?ad_medium=gallery (дата обращения: 14.04.2025).
11. FUTIAN High-School Campus / reMIX studio [Электронный ресурс]. – URL : https://www.archdaily.com/1015471/futian-high-school-campus-remix-studio (дата обращения: 24.02.2025).
12. Hangzhou Zhongtai Middle School / LZGC Quantum City Design Firm + Zhejiang Jianyuan Architectural Design and Urban Planning Insti-tute. [Электронный ресурс]. – URL : https://www.archdaily.com/1011778/hangzhou-zhongtai-middle-school-lzgc-quantum-city-design-firm-plus-zhejiang-jianyuan-architectural-design-and-urban-planning-institute?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 24.02.2025).
13. Nanjing Mingdao Middle School / XSJZ [Электронный ресурс]. – URL : https://www.archdaily.com/920400/nanjing-mingdao-middle-school-xsjz?ad_ source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 14.04.2025).
14. Nanhai Guicheng Jingui High School / Atelier cnS [Электронный ресурс]. – URL : https://www.archdaily.com/997146/nanhai-guicheng-jingui-high-school-atelier-cns?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 14.04.2025).
15. Shenzhen Middle School / HITAD [Электронный ресурс]. – URL : https://www.archdaily.com/952046/shenzhen-middle-school-hitad?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 14.04.2025).
16. Tsinghua University High School Guanghua / BIAD [Электронный ресурс]. – URL : https://www.archdaily.com/988539/tsinghua-university-high-school-guanghua-biad?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 14.04.2025).

УДК 72.035
67.09.29: Памятники архитектуры. Мемориальные комплексы

СТИЛЬ «МОДЕРН» НА ФАСАДАХ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ «КРАСНЫЕ КАЗАРМЫ»

Ельчищева Татьяна Федоровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Архитектура и градостроительство»
e-mail elschevat@mail.ru

Морозова Анастасия Алексеевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: anasteysha.morozova@bk.ru

Введение. Модерн – это направление в архитектуре, начавшееся в конце XIX века и просуществовавшее до начала XX века. Главной особенностью модерна являются: природные мотивы, смешение материалов на одном объекте, криволинейные формы декоративных элементов. Во времена модерна зодчие применяли железобетон, стекло, керамику в качестве облицовки зданий.

Если обратить внимание на архитектуру модерна, заложенную в военных зданиях, то мы не увидим керамику, множество криволинейных линий и всего того, что присуще модерну. Возникает закономерный вопрос: почему военные здания, построенные в стиле «модерн», отличаются от других зданий, выполненных в том же стиле?

В данной статье рассматриваются здания «Красные казармы» в городе Тамбове и других городах России, построенные в период архитектуры модерна.

Здания «Красные казармы». В г. Тамбове здание «Красные казармы» – бывшие казармы воеводы Р. Ф. Боборыкина, основателя г. Тамбова, расположенные по адресу: г. Тамбов, ул. Студенецкая, д. 9Ж.

Комплекс состоит из двух трехэтажных флигелей, примыкающих к основному зданию, кирпичных конюшен. Казармы представляют собой массивное здание из красного кирпича с полуциркульными окнами, с тремя выдающимися вперед ризалитами. В 1913 году в них разместился 27-й Витебский пехотный полк. Здание долгое время сохраняло свое первоначальное назначение. В конце 20-х начале 30-х годов XX века в нем и на прилегающей территории располагались воинские подразделения Красной Армии, и казармы в те годы стали называть «красными». С годами казарменные помещения стали переоборудовать под квартиры, которые предоставлялись семьям офицерского состава [1].

В мае 2007 г. в здании произошел сильный пожар, но несмотря на это, здание сохранило свой первоначальный облик, нуждающийся в реставрации.

Время создания объекта культурного наследия – 1902 год. Данный объект относится к памятникам регионального значения [4]. Объект культурного наследия является частью исторической застройки Тамбова и наглядно демонстрирует быт, культуру и историю города 1902 года [2].

Казармы воеводы Боборыкина, позднее – «Красные казармы», ныне квартирный дом гостиничного типа. В плане здание, приближено к Н-образному прямоугольнику со сложной скатной крышей. Парадность фасада подчеркивает центральный четырехэтажный ризалит в осях 4–5, отмеченный на рис. 1 и 2 красным цветом.

Ризалит – это основная часть здания, которая выступает на всю высоту и выделяется своим убранством, отличным от остальной фасадной части.

По планировочной структуре здание имеет ячейковую планировочную систему, показанную на рис. 2. Конструктивная схема здания выполнена с перекрестным расположением стен, конструктивная система – стеновая.

С наружной стороны здания цокольная часть оштукатурена цементно-песчаным раствором. Фундамент ленточный, выполненный из кирпича. Первоначальный облик цокольной части сохранился.

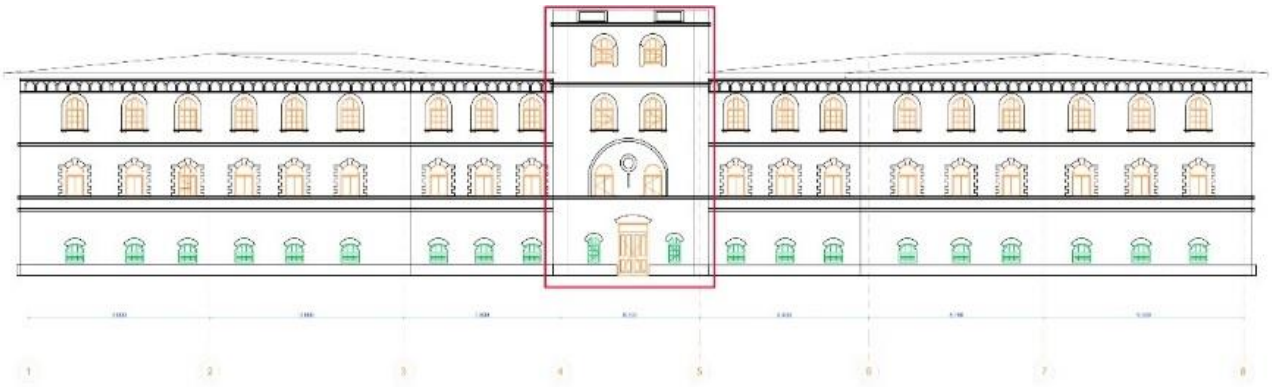


Рис. 1. Чертеж главного фасада в осях 1 – 8



Рис. 2. Чертеж плана первого этажа

Наружные стены выполнены в 2,5 кирпича, внутренние стены выполнены из глиняного обыкновенного кирпича, оштукатуренного известковой штукатуркой, в жилых помещениях оштукатуренные стены обклеены обоями. На фасадных поверхностях стен имеются повсеместные повреждения кладки [3].

При визуальном осмотре памятника (рис. 3) установлено отсутствие смешения текстур и материалов, лишь малое использование криволинейных линий в декоративном оформлении и всего того, что присуще модерну.



Рис. 3. Здание «Красных казарм» начала XX века

Несмотря на это, данный памятник архитектуры относится к стилю «модерн». Это связано с тем, что у здания имеются детали, которые явно относятся к стилю модерн, такие как: карнизы, наличники и декоративные элементы над входом в здание.

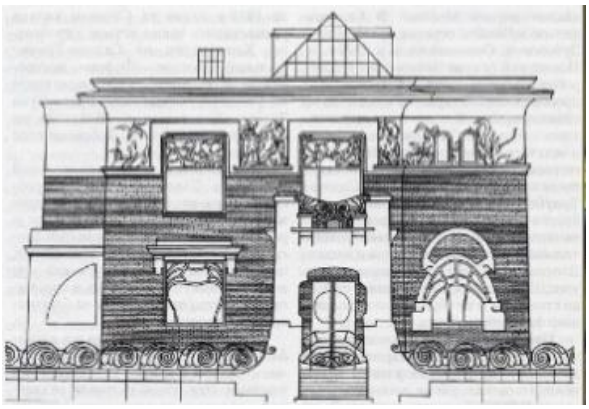
Данные детали, представленные в табл. 1, четко дают понять, что здание выполнено в стиле модерн. Однако в архитектуре военных зданий модерн показывает себя сдержанно, утонченно, без излишеств, что придает всему облику сдержанность, строгость и, в тоже время, за счет интересных декоративных элементов, легкость и утонченность, продемонстрированную на рис. 4.

«Красные казармы» России. Рассмотрим здания «Красных казарм» в других городах. Анализ решений военных зданий 1900 года в городах России показал, что в зданиях Красных казарм объемно-пространственное и архитектурно-художественное решения зданий выполнены типовыми (табл. 2).

Примером подобных сооружений является ансамбль «Красных казарм» в городах Томск, Иркутск, Нижний Новгород и других, показанных на рис. 5 – 7.

Данные здания также отражают в себе тот самый сдержанный модерн, спрятанный в декоративных элементах. Важно обратить внимание на их одинаковый цвет, типовое решение обрамления наличников и нестандартное решение карнизов.

1. Стиль «модерн» в элементах зданий «Красные казармы» и других зданий

Наименование элементов	Элементы модерна на здании «Красные казармы», г. Тамбов	Элементы архитектуры на зданиях в стиле модерн
Решение оконных проемов	  	 Доходный дом Н. Н. Лейхтенбергского, г. Санкт-Петербург
Декоративные криволинейные элементы	 	 Особняк Листа, г. Москва
Входная группа	 	 Особняк Рябушинского, г. Москва

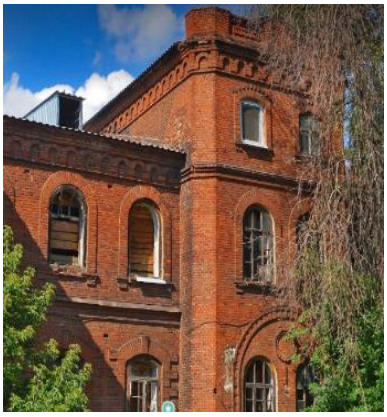



Рис. 3. Декоративные элементы «Красных казарм»

2. Сравнительный анализ зданий «Красные казармы» в городе Тамбове и других городах

Наименование элементов	Элементы модерна на здании «Красные казармы» в городе Тамбове	Элементы архитектуры на зданиях в стиле модерн
Решение оконных проемов		 «Красные казармы», г. Вологда
Цветовое и общее решение фасадов		 «Красные казармы», г. Пермь
Ризалит, парадный вход		 «Красные казармы», г. Иркутск



Рис. 5. «Красные казармы» в городе Иркутске



Рис. 6. «Красные казармы» в городе Томске



Рис. 7. «Красные казармы» в городе Нижний Новгород

Заключение. Таким образом, модерн в архитектуре военных зданий выполнен сдержанно, хотя и сохраняет свои главные качества, а также, что немаловажно, отражает функцию здания в его фасадах. Здания военного модерна выглядят интересно и в тоже время строго, выполнены красным кирпичом и дополняются криволинейными формами в декоративных элементах.

В настоящее время крайне важно сохранять и поддерживать хорошее состояние таких зданий, так как они демонстрируют историю города, его архитектуру в период их возведения, дают возможность архитекторам учить историю архитектуры на уже построенных зданиях, а также, при приспособлении памятника к современному использованию, дают возможность появления интересных офисных и жилых помещений. Именно памятники архитектуры и объекты культурного наследия могут стать самым незабываемым местом для туристов и жителей города.

Список использованных источников

1. Тамбов старый, Тамбов новый : Фотоальбом / Ю. К. Щукин, А. А. Горелов, Г. А. Молчанова и др. – Тамбов : Юлис, 2002. – 207 с.

2. Горелов, А. А. Тамбов : Справочник-путеводитель / А. А. Горелов, Ю. К. Щукин. – Тамбов : Пролетарский светоч, 2003. – 237 с.

3. Климкова, М. А. Тамбовская губерния на дореволюционных открытках / М. А.Климкова. – 2017. – 379 с.

4. Тамбов – лето 2018. Старые здания. Часть 1-я [Электронный ресурс]. – URL : https://akostra.livejournal.com/1400643.html (дата обращения: 10.06.2024).

УДК 725.42
13.61.25: Консервация и реставрация памятников истории и культуры
67.29.31: Общественные здания

КОНЦЕПЦИЯ РЕСТАВРАЦИИ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Ельчищева Татьяна Федоровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Архитектура и градостроительство»
e-mail: *elschevat@mail.ru*

Севастьянова Кристина Александровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *ttrttryttytf@gmail.com*

В современном мире многие страны сталкиваются с необходимостью переосмысления заброшенных и неиспользуемых объектов на своей территории.

С 1991 года в России началось массовое закрытие заводов и фабрик, на сегодняшний день трудно сказать точное число заброшенных промышленных объектов, но примерно их насчитывается около 25 тысяч. Сокращение производств наблюдается не только в нашей стране, но и за границей. Большая часть территорий бывших фабрик была распродана для использования в качестве частной застройки, в то время как другие остаются заброшенными. Огромное количество промышленных объектов пустует, здания разрушаются, земли не используются [1].

Во многих странах поднимается вопрос об использовании этих территории и приспособлении под современные цели, так как сейчас уделяется большое внимание экологическим проблемам, и адаптивное повторное использование (приспособление) становится все более востребованной и актуальной практикой. Превращение производственных зданий в современные жилые, культурные и общественные пространства позволяет не только сохранять историческое наследие страны, но и создавать новые точки притяжение людей разных возрастов, помогает развивать экономику страны и вдохнуть жизнь в серые в промышленные территории городов. В статье рассматривается реставрация и приспособление промышленных объектов под современное использование, создание комфортной среды для работы и отдыха населения на примере разных стран [1].

Наиболее яркими заграничными примерами адаптивного повторного использования (приспособления) производственных зданий являются:

1. Ангар Бикокка – выставочное пространство в Милане (рис. 1).

Первоначально здание имело промышленную функцию – завод по производству локомотивов. Сейчас это выставочное пространство. Снаружи здание сохранило промышленный вид, сохранилась оригинальная кирпичная кладка, бетонные полы и высокие промышленные потолки, сохранились следы рельсов, по которым ходили локомотивы. Комплекс разделен на три основные зоны: Куб, Сарай и Нават.

«Сарай» – кирпичное здание, в котором находится входная группа [6].

«Куб» – бывший цех по производству локомотивов, где находится главное выставочное пространство [6].



Рис. 1. Ангар Бикокка – выставочное пространство в Милане [5]

«Нават» – большое сооружение высотой 30 метров, в нем располагается постоянная художественная инсталляция – «Семь небесных дворцов» [6].

В процессе изучения данного объекта реставрации выявляется тенденция к бережному сохранению его внешнего облика, при этом внутренняя структура значительно трансформируется и дополняется новыми архитектурными элементами, современными материалами, неизменными остаются только конструктивные элементы – фермы и колонны не закрываются, что позволяет продемонстрировать промышленное прошлое этого объекта.

Ангар Бикокка (Pirelli HangarBicocca) представляет собой пример успешной реставрации и адаптации промышленного здания под культурные нужды города.

2. Парк у Domino Sugar Factory, Нью-Йорк (рис. 2).

Превращение старого сахарного завода в Бруклине стало результатом смешанного подхода в реставрации промышленных объектов, здание самого завода осталось неизменным, а вот вся территория была приспособлена под новую функцию – городской парк Domino.



Рис. 2. Парк у Domino Sugar Factory, Нью-Йорк [3]

Парк выступает не только как пространство для отдыха горожан, но и как свидетельство истории завода. Архитекторы гармонично интегрировали в ландшафт более 30 исторических объектов, напрямую связанных с прежним назначением комплекса. Например, 11-метровые сиропные резервуары теперь разграничивают зону активного отдыха от зоны тихого отдыха. Домик на детской площадке построен из старой древесины, ранее служившей полом складского помещения, строительным материалам бывшего завода тоже нашли место в повторном применении, что немаловажно в экологическом плане.

В северной части парка сохранились два козловых крана, ранее применявшиеся для разгрузки сахарного тростника с судов, а также сохранились колонны от утраченного склада, которые когда-то поддерживали его конструкцию, сегодня они представляют собой арт-объекты. Так же в парке представлена выставка различных приборов и станков, которые использовались для приготовления сахара.

3. Мануфактура – центр искусств, торговый центр и развлекательный комплекс в Лодзи, Польша (рис. 3).

Особое внимание заслуживают объекты, в которых проводится реставрация с последующей адаптацией не отдельных построек, а целых промышленных комплексов, включающих в себя множество заводских и складских строений. При работе с такими масштабными проектами используется сочетание различных подходов: от восстановления исторических строений до сноса менее ценных объектов и возведения новых архитектурных элементов.

Примером подобной трансформации может служить Мануфактура в Лодзи. В ходе работ было реконструировано здание старой текстильной фабрики. Мануфактура – это единый комплекс из 13 исторических зданий и недавно построенного торгового центра. Адаптация территории этого объекта была направлена на сохранение исторической атмосферы, поэтому в «Мануфактуре» теперь преобладает промышленная архитектура с неоштукатуренными зданиями из красного кирпича, присущей традиционной архитектуре Лодзи, сочетающаяся с новыми элементами архитектуры современных зданий из стекла и алюминия, весь комплекс выдержан в концепции сочетания нового и старого.

На территории расположено более 300 магазинов, торговых центров, ресторанов, кондитерских, кафе, пабов и других заведений. В ходе реновации были демонтированы несколько зданий, не представлявших исторической ценности. Это позволило освободить дополнительное пространство, часть которого заняли под строительство нового торгового центра. Оставшиеся 13 строений были отреставрированы. В настоящее время весь комплекс, за исключением новых построек, имеет статус объекта культурного наследия и находится под контролем местного отдела по реставрации.

На данном примере хорошо виден гибкий, нестандартный и масштабный подход к реставрации с добавлением новых элементов, которые не только не портят облик сохранившегося здания, но и дарят ему более долгую и интересную жизнь, делая это место очень привлекательным для жителей и туристов.



Рис. 3. Мануфактура – центр искусств, торговый центр и развлекательный комплекс в г. Лодзь, Польша [2]

Отечественными примерами реставрации и приспособления производственных зданий, на которые стоит обратить свое внимание, являются ниже перечисленные объекты.

1. Московский газовый завод (рис. 4).

Московский газовый завод, в наше время превратился в бизнес-квартал. Его архитектурная доминанта – четыре газгольдера из красного кирпича (рис. 5).

Комбинированный подход в реставрации отечественных промышленных объектов прослеживается на примере Московского газового завода. На месте бывшего завода теперь бизнес-квартал «Арма» с коворкингами, лофт-пространствами, и другими общественными пространствами [7]. Данная территория является бизнес-парком, включающим в себя большую рекреационную зону и полностью отреставрированные здания, где есть даже газгольдеры того времени: их приспособили под офисы, сохранив круглую архитектурную форму [7].



Рис. 4. Московский газовый завод [6]



Рис. 5. Газгольдеры московского завода [6]

Сейчас газгольдеры разделены перекрытиями на этажи, а из маленьких оконных прорезей получились большие панорамные окна. Архитекторы максимально попытались сохранить не только архитектурный облик зданий, но и оригинальные аутентичные материалы. Новые объекты, построенные на территории, гармонично вписываются в окружающую среду и не спорят с существующими объектами, все здания создают единый ансамбль в стиле лофт.

Цель таких изменений заключается в создании пространства, которое будет притягивать людей.

2. Креативный кластер «Октава» в Туле (рис. 6).

На неиспользуемых площадях действующего тульского завода «Октава» появилось одноименное общественное пространство. Кластер стал отличным примером адаптации производственных корпусов под музеи, творческие пространства и концертные залы.

«Октава» отличается своей индустриальной направленностью: кластер стал своеобразным продолжением легендарного предприятия, по сей день выпускающего звуковое оборудование, а вся его инфраструктура связана с развитием промышленности. Целью адаптации является популяризация моды на технику и промышленность, а также подготовка экспертов в области цифровых производств, машинных технологий и промышленного дизайна.

Архитектура здания соответствует индустриальной атмосфере завода: урбанизм, четкие линии, большие пространства. Полуразрушенные корпуса завода восстановили с сохранением характерной для производства линейной структуры цехов, внутренние пространства которых оказались очень гибкими и дали большую свободу для проектирования.



Рис. 6. Креативный кластер «Октава» в Туле [8]

Сохранить и интегрировать в новый проект элементы старого завода, такие, как материалы, интерьерные детали и станки, удалось лишь частично. Вместо оригинальных заводских материалов и мебели были использованы современные аналоги, что не совсем соответствует принципам реставрации, однако может рассматриваться как допустимый подход. Новые интерьеры кластера отлично подчеркивают индустриальную эстетику цехов: стеклянные перегородки в стальных рамах создают выразительный контраст с массивными монолитными конструкциями здания.

Реконструкция части пространств «Октавы» не перечеркивает прошлого завода, а, напротив, является логичным продолжением его жизни. Инфраструктура и программа кластера направлены на продвижение и поддержку производственных стартапов.

4. «Севкабель Порт» в Санкт-Петербурге (рис. 7).

Участок находится в промышленной зоне, между Кожевенной линией и побережьем Финского залива. На его территории соседствуют дореволюционные краснокирпичные корпуса мануфактур Siemens & Halske и

промышленные здания, возведенные в 1970-е годы XX века. В 2018 году территорию завода в гавани Васильевского острова преобразовали в общественное пространство. На примере «Севкабель Порт» можно отследить максимально бережную реновацию и приспособление существующих зданий, и сохранение промышленного облика, которое акцентирует внимание туристов на существующие особенности [5]. Функциональное наполнение зданий разнообразно, исторические краснокирпичные корпуса в основном заняты небольшими мастерскими, бюро и офисами, в первых этажах расположены предприятия общественного питания.



Рис. 7. «Севкабель Порт» в Санкт-Петербурге [8]

Бывший цех кабельной тары превращен в уютную событийную площадку. Советский административный корпус вместил в себя разнообразные образовательные и спортивные проекты, а также магазины. Самый большой производственный цех, формирующий морской фасад, включает универсальную площадку, клуб и ресторан на первом уровне [8]. Все архитектурные решения максимально просты и используют промышленные конструкции, малые архитектурные формы и эстетику.

Главная особенность проекта – открытый доступ к Финскому заливу, для этого создали благоустроенную набережную, в данный момент арт-пространство еще находится в процессе становления и роста, но уже является очень хорошим примером приспособления промышленных территорий под новую функцию.

Реставрация и приспособление промышленных зданий играют важную роль в сохранении архитектурного наследия и развитии городов. Подобные проекты позволяют не только сохранить историческую ценность зданий, но и вдохнуть в них новую жизнь, превратив заброшенные или устаревшие объекты в современные пространства, которые пригодны для всех сфер жизни. Благодаря своей развитой транспортной и энергетической связи, реставрация промышленных объектов и их адаптация является очень рациональным решением, так как такие объекты позволяют разместить в себе почти любую функцию использования.

Грамотная реставрация учитывает оригинальные архитектурные особенности, а приспособление обеспечивает функциональность в соответствии с современными потребностями. Такой подход способствует формированию уникальной городской среды, сохраняющей связь между прошлым и будущим. Таким образом, восстановление промышленных объектов становится важным инструментом в развитии городской идентичности, устойчивости и культурной преемственности.

Список использованных источников

1. Шихов, А. Н. Реконструкция гражданских и промышленных зданий : монография / А. Н. Шихов ; М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образоват. учреждение высшего проф. образов. «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д. Н. Прянишникова». – Пермь : ИПЦ «Прокростъ», 2015. – 400 с.

2. Демина, Е. В. Приспособление объектов культурного наследия под современное использование / Е. В. Демина // The world of science without borders. – 2022. – С. 453 – 456.

3. Лисина, Т. С. Реновация как способ адаптации объектов индустриального наследия в структуре современного города / Т. С. Лисина, И. И. Гнутова // Научное обозрение. Педагогические науки. – 2019. – № 2–4. – С. 59 – 62.

4. Семенова, А. В. Градостроительное проектирование: теоретические и практические аспекты / А. В. Семенова. – СПб. : «Архитектура», 2020. – 256 с.

5. Pirelli Hangar Bicocca [сайт] [Электронный ресурс] – URL : https://hangarbicocca.org/en/ (дата обращения: 9.04.2025).

6. Тарабарина, Ю. Арма: Раскрытие пространства [Электронный ресурс] / Ю. Тарабарина. – URL : https://archi.ru/russia/68157/arma-podrobno-o-rekonstrukcii (дата обращения: 9.04.2025).

7. Хаерова, И. В. Реновация промышленных территорий: принципы, отечественный и зарубежный опыт [Электронный ресурс] / И. В. Хаерова. – URL : https://na-journal.ru/3-2022-arhitektura-stroitelstvo/3540-renovaciya-promyshlennyh- territorii-principy-otechestvennyi-i-zarubezhnyi-opyt (дата обращения: 10.04.2025).

8. Творческий индустриальный кластер «Октава» [Электронный ресурс]. – URL : https:// archi.ru/projects/russia/14570/tvorcheskii-industrialnyi-klaster-oktava (дата обращения: 10.04.2025).

УДК 72.728
67.07.03: Теория архитектуры. Архитектурные композиции

ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ НА ЧЕЛОВЕКА

Ельчищева Татьяна Федоровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Архитектура и градостроительство»
e-mail: *elschevat@mail.ru*

Скляр Виктория Евгеньевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *viktoriya.sklyar1986@gmail.com*

Взаимодействие между архитектурным проектированием и психологией человека значимо, но остается часто незамеченным или даже игнорируемым как в индустрии проектирования, так и за ее пределами. Однако архитектура оказывает явное психологическое и физиологическое воздействие, формируя не только физическое пространство, но и влияя на эмоциональное состояние, поведение и мышление человека. Современные исследования демонстрируют, что правильно организованная архитектурная среда способствует психологическому благополучию, в то время как плохо спроектированное пространство может стать источником хронического стресса и негативно влиять на здоровье людей. Ниже рассмотрены различные аспекты влияния архитектурой среды на человека.

Теоретические основы психологического воздействия архитектуры. Архитектура зародилась как средство защиты, как убежище от окружающей среды. Постепенно она превратилась в форму искусства, в которую были введены субъективность, творчество и красота. Сегодня мы наблюдаем, как архитектура вновь развивается, на этот раз из формы искусства в предмет психологического исследования и целенаправленной реализации, ориентированной на психологическое благополучие [1].

История взаимосвязи архитектуры и психологии имеет глубокие корни. В психологическом понимании архитектура формирует устойчивые пространственные реакции, привычки в теле человека, образы и понятия в его ментальном пространстве, которые подсознательно влияют на жизнь и деятельность человека [4]. Однако только в середине XX века начало формироваться систематическое изучение этого влияния.

Теоретический курс архитектуры и психологии рассматривает здание как сложный архитектурно-пространственный объект в системе аспектов восприятия [4]. Ключевой целью создания архитектурно-пространственной среды является комплексное формирование объектов и систем нашего окружения как гармоничного, художественно осмысленного единства всех его компонентов [4].

Эволюционные основы восприятия пространства. Исследования в области эволюционной психологии предлагают интересную перспективу того, почему определенные архитектурные пространства и элементы воспринимаются нами как приятные и безопасные. Согласно гипотезе саванны, люди имеют врожденные, автоматические тенденции предпочитать определенные типы природной среды, которые обеспечивали пищу, воду и безопасность для выживания [11].

Здания, вызывающие у нас чувство удовольствия и восхищения – это не просто гармоничное сочетание форм и материалов. В действительности, они глубоко резонируют с нашей эволюционной историей, активируя древние механизмы выживания, заложенные в самой структуре нашего мозга.

Архитектурные элементы, которые мы интуитивно находим привлекательными, часто обладают характеристиками, аналогичными тем природным ландшафтам и укрытиям, которые помогали нашим предкам выживать и процветать на протяжении тысячелетий [1]. Эта связь между архитектурой и эволюционным прошлым человека лежит в основе нейроархитектурного подхода, исследующего влияние окружающей среды на мозг и поведение [16].

Когда мы созерцаем то, что воспринимаем как прекрасное в архитектуре, мы испытываем не просто эстетическое удовлетворение, а глубокое чувство удовольствия, которое имеет вполне объяснимую нейрохимическую природу. Этот процесс запускается выбросом нейромедиаторов, таких как окситоцин и эндорфины, в определенные области мозга [1].

Окситоцин, часто называемый гормоном любви и доверия, играет важную роль в формировании социальных связей, снижении тревоги и создании чувства безопасности. Архитектурные элементы, которые ассоциируются с защитой, уютом и гостеприимством (например, камины, мягкое освещение, просторные общие пространства), могут способствовать выбросу окситоцина, усиливая чувство принадлежности и комфорта.

Эндорфины, известные как гормоны счастья, обладают обезболивающим и эйфорическим действием. Они могут высвобождаться в ответ на различные стимулы, включая физическую активность, социальное взаимодействие и, конечно, созерцание прекрасного. Архитектурные элементы, которые стимулируют наши чувства, вызывают удивление и восхищение (например, сложные узоры, необычные формы, виды на природу), могут способствовать выбросу эндорфинов, создавая ощущение радости и удовольствия [16].

Эта эволюционная предрасположенность к определенным архитектурным элементам и их нейрохимическое воздействие объясняют, почему мы часто интуитивно предпочитаем одни здания другим.

Примеры архитектурных элементов, апеллирующих к эволюционным корням человека.

- *Просторные пространства с хорошим обзором.* Наши предки нуждались в открытых пространствах для наблюдения за окружающей средой и обнаружения потенциальных угроз. Современные здания с большими окнами и широким обзором могут создавать ощущение безопасности и контроля, активируя древние механизмы выживания.
- *Укрытия с контролируемым доступом*. Пещеры и другие укрытия предоставляли защиту от непогоды и хищников. Современные здания с четко обозначенными входами и выходами, а также с возможностью контролировать доступ в помещения, могут создавать ощущение безопасности и приватности.
- *Естественное освещение и вентиляция*. Наши предки зависели от естественного света и воздуха для поддержания здоровья, и хорошего самочувствия. Современные здания, спроектированные с учетом принципов пассивного солнечного отопления и естественной вентиляции, могут создавать более комфортную и здоровую среду.
- *Близость к воде и зелени.* Вода и растительность были жизненно важны для выживания наших предков, обеспечивая доступ к питьевой воде и пище. Современные здания с фонтанами, бассейнами и зелеными насаждениями могут вызывать положительные эмоции и снижать уровень стресса.
- *Сложные узоры и орнаменты.* Исследования показывают, что сложные узоры и орнаменты, встречающиеся в природе (например, в раковинах, цветах и листьях), активируют центры удовольствия в мозге. Современные здания с фрактальными узорами и бионическими элементами могут вызывать чувство восхищения и стимулировать креативность.

Таким образом, архитектура, доставляющая нам удовольствие, – это не просто искусство или технология, а сложная система, которая резонирует с нашей эволюционной историей, активирует древние механизмы выживания и высвобождает нейрохимические вещества, способствующие нашему благополучию. Понимание этих взаимосвязей может помочь архитекторам и дизайнерам создавать более гуманные и вдохновляющие пространства, которые не только радуют глаз, но и поддерживают наше здоровье и процветание наций.

Теория восстановления внимания. Другой важной теоретической моделью является теория восстановления внимания, разработанная Стивеном Капланом. Согласно этой теории, в современном мире мозгу приходится обрабатывать в разы больше информации, чем в прошлом. Это приводит к умственной усталости из-за постоянного использования направленного (сфокусированного) внимания [8].

Созерцание природы, прогулки в лесу, парке дают мозгу успокоиться и побыть в «нормальной» для человека среде. В этой среде внимание меняется со сфокусированного на рассеянное, способствующее восстановлению [8]. Эта теория обосновывает важность включения природных элементов в архитектурное пространство для обеспечения психологического комфорта.

Выделим основные принципы психологического влияния архитектурной среды:

1. *Форма и пространственная организация.* Паттерны как основа выживания и архитектурного восприятия:

Человеческий мозг в процессе эволюции сформировался как сложная система для распознавания паттернов. Эта способность, изначально направленная на выживание в дикой природе, стала неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, проявляясь на подсознательном уровне в самых разнообразных ситуациях. Распознавание закономерностей позволяет нам предсказывать события, ориентироваться в окружающей среде, принимать решения и, в конечном итоге, адаптироваться к постоянно меняющимся условиям [16]. В архитектуре это означает, что структура, форма и детали зданий оказывают непосредственное влияние на наше восприятие, когнитивные процессы и психоэмоциональное состояние.

Нейрокогнитивные механизмы распознавания паттернов. Наш мозг использует несколько стратегий для распознавания закономерностей в окружающей среде:

- *Сопоставление признаков.* Это один из базовых механизмов, при котором входящая информация, представляющая собой паттерн (например, фасад здания, планировка помещения), разбивается на отдельные компоненты или признаки. Эти признаки затем сравниваются с ранее сохраненными в памяти шаблонами. Если находится достаточное количество совпадений, мозг идентифицирует входящий паттерн как знакомый [1]. В архитектурном контексте это может означать распознавание знакомого стиля, типа здания или отдельного элемента, например, арки, окна или колонны.
- *Гештальт-психология*. Этот подход подчеркивает, что мозг воспринимает мир не как набор отдельных элементов, а как целостные, организованные структуры. Принципы гештальт-психологии (сходство, близость, непрерывность, замкнутость) объясняют, как мы объединяем отдельные элементы в единый образ. В архитектуре это означает, что общая композиция здания, его пропорции и взаимосвязь отдельных частей играют важную роль в формировании нашего восприятия.
- *Байесовский вывод.* Этот статистический подход предполагает, что мозг использует априорные знания и предыдущий опыт для интерпретации входящей информации. Наше восприятие формируется на основе вероятности того, что определенный паттерн соответствует определенному объекту или событию. В архитектуре это означает, что наше восприятие здания зависит не только от его текущих характеристик, но и от нашего предыдущего опыта взаимодействия с подобными зданиями.

Органическая геометрия и создание «живой» архитектурной среды. В отличие от строгой геометрии, характеризующейся прямыми линиями и повторяющимися элементами, органическая геометрия имитирует формы и структуры, встречающиеся в природе. Она предполагает использование кривых линий, асимметричных форм и сложных, взаимосвязанных элементов. Примером может служить архитектура Антонио Гауди, в которой здания кажутся растущими из земли, словно живые организмы [16].

Органическая геометрия создает архитектурную среду, которая отвечает следующим признакам:

- *Напоминает природные ландшафты*. Органическая геометрия позволяет создавать застройку, состоящую из нескольких слоев разной плотности и различных типов зданий, подобно слоям горного хребта или лесной экосистемы [18].
- *Стимулирует сенсорное восприятие*. Разнообразие отделки и декоративных элементов создает визуальное богатство и стимулирует сенсорное восприятие, предотвращая утомление и скуку.
- *Вызывает положительные эмоции*. Имитация природных форм и структур активирует в мозге нейронные контуры, связанные с безопасностью, комфортом и эстетическим удовлетворением.

Такие пространства, благодаря своей сложности и непредсказуемости, воспринимаются более позитивно, чем монотонные и однообразные структуры, типичные для современной архитектуры.

Влияние разнообразия и уникальности на психоэмоциональное состояние:

Психологические исследования показывают, что люди, живущие в искусственной среде, включающей множество независимых магазинов, уникальных пространств и зданий, характеризуются лучшим психическим здоровьем и более высоким уровнем социальной активности. В отличие от этого, проживание в районах, состоящих из типовых, цементных зданий и повторяющихся сетевых магазинов, может приводить к депрессии, социальной изоляции и снижению чувства принадлежности к сообществу [16].

Причины этого влияния многогранны:

- *Стимуляция когнитивных функций*. Разнообразная среда стимулирует когнитивные функции, заставляя мозг постоянно обрабатывать новую информацию и адаптироваться к изменяющимся условиям.
- *Поддержание внимания*. Уникальные и интересные объекты привлекают внимание и предотвращают монотонность, которая может вызывать утомление и стресс.
- *Создание чувства идентичности*. Индивидуальные магазины и уникальные пространства отражают местную культуру и историю, способствуя формированию чувства идентичности и принадлежности к сообществу.

Скучные и однообразные здания утомляют нас, что, как было клинически доказано, вызывает стресс, снижает продуктивность и негативно влияет на общее самочувствие.

Нейроархитектура в стремлении к созданию гуманной среды. Архитектура в своей основе должна служить потребностям человека, не только функциональным, но и психологическим. Нейроархитектурный подход, основанный на понимании работы мозга и закономерностей восприятия, позволяет создавать среду, которая не только эффективна и удобна, но и способствует улучшению настроения, снижению стресса, стимулированию когнитивных функций и формированию чувства идентичности. Использование органической геометрии, создание разнообразной и уникальной среды, а также учет принципов биофильного дизайна являются ключевыми элементами нейроархитектурного проектирования, направленного на создание более гуманной и благотворной архитектурной среды для всех.

2. *Цвет и свет в архитектуре.* Цветовое решение является одним из основных способов воздействия архитектуры на людей [2]. Различные цвета вызывают разные эмоциональные реакции: синие и зеленые оттенки ассоциируются со спокойствием, а красные и оранжевые цвета могут стимулировать активность и возбуждать эмоции.

Свет также играет важную роль в восприятии пространства. Естественный свет делает комнаты более привлекательными, а его отсутствие может создавать ощущение подавленности. Множество исследований подтверждают, что максимизация дневного света и видов на природу способствует снижению стресса и улучшению психологического благополучия [10].

В советский период градостроительства, отмеченным стремлением к быстрой и масштабной урбанизации, произошло значительное упрощение архитектурной среды. Массовая застройка городов типовыми жилыми домами, часто характеризующимися однотипностью и преобладанием серых оттенков, привела к формированию деперсонализированного городского пространства. В условиях, когда приоритет отдавался количественным показателям и скорости строительства, психологическое воздействие архитектурного окружения на человека зачастую игнорировалось [17]. Результатом стала среда, в которой постоянное воздействие тусклых и однообразных тонов способствовало снижению активности и работоспособности жителей, что указывает на значимость учета психологических аспектов при планировании городской среды [2].

3. *Масштаб и пропорции.* Масштаб и пропорции архитектурных форм существенно влияют на психологическое восприятие пространства. Согласно исследованиям отечественного архитектуроведа А. Г. Цирeса, восприятие масштаба в архитектуре неразрывно связано с пропорциями и ритмической организацией элементов [7]. Его анализ демонстрирует, что определенная система ритмо-пропорциональных отношений, используемая в членениях фасада, способна создавать иллюзию изменения реальных габаритов сооружения, тем самым оказывая непосредственное влияние на масштабную выразительность [19]. Иными словами, визуальное впечатление о размере здания может отличаться от его фактических размеров из-за особенностей его композиционного построения.

Помимо ритма и пропорций, другие исследователи подчеркивают роль масштаба фактуры в создании иллюзии изменения масштаба здания, не затрагивая его фактических размеров [7]. Манипулирование масштабом фактуры, т.е. визуальными характеристиками поверхности материала, может приводить к увеличению или уменьшению воспринимаемого размера объекта, что расширяет арсенал средств, доступных архитектору для достижения желаемого эффекта масштабной выразительности.

4. *Связь с природой и биофилический дизайн.* Биофилический дизайн основан на гипотезе о том, что у людей есть врожденная связь с природой, и интеграция природных элементов в построенную среду может значительно улучшить психологическое благополучие [10].

Исследования показывают, что следующие стратегии биофилического дизайна могут быть особенно эффективны для снижения стресса: расположение в природе или рядом с ней, движение в природе, максимизация дневного света и видов на природу, использование природных материалов, растений и естественных запахов [10]. Эти стратегии направлены на обеспечение работникам наиболее прямого и косвенного контакта с природой и, следовательно, с наибольшей вероятностью окажут сильное влияние на смягчение стрессовой реакции [10].

5. *Многофункциональность и промежуточное пространство.* Первым принципом современной «живой» архитектуры является многофункциональность и самодостаточность. Городское пространство должно стремиться к интеграции широкого спектра взаимосвязанных функций в каждом объекте. Такой подход значительно повышает комфорт городской жизни, поскольку концентрация разнообразных, взаимодополняющих функций в одном месте способствует снижению уровня беспокойства и достижению состояния расслабления [19].

Вторым принципом является промежуточное пространство – то пространство, которое «уже не дом, но еще не улица», то есть разнообразные лоджии, балконы, крытые прогулочные бульвары, мосты, соединяющие разные элементы здания, террасы [5]. Такие пространства создают психологический комфорт, обеспечивая плавный переход между разными средами.

Современный взгляд на психологическое влияние архитектуры – нейроархитектура. Нейроархитектура – это междисциплинарное направление, которое изучает, как архитектурная среда влияет на мозг человека с использованием методов нейронауки. Исследование нейроархитектуры касается значительных эффектов архитектуры на поведение человека, эмоции и процессы мышления [12].

Это направление исследует сложные взаимоотношения между мозгом и воспринимаемой средой, фокусируясь на роли передней поясной коры и парагиппокампальной области в обработке архитектурных стимулов. Оно также подчеркивает важность зеркальных нейронов в генерировании эмпатических ответов на наше окружение [12].

Исследования показывают, что архитектурные элементы, такие, как освещение, цвет и пространственная компоновка, значительно влияют на эмоциональный и когнитивный опыт [12]. Также подчеркивается роль архитектуры в облегчении поиска пути и ориентации через концепцию когнитивных карт и пространственной навигации [12].

Краткосрочное и долгосрочное воздействие архитектуры. Архитектура может оказывать как краткосрочное, так и долгосрочное воздействие на мозг человека. Краткосрочные эффекты включают немедленные эмоциональные и когнитивные реакции на архитектурное пространство.

Долгосрочное воздействие происходит через влияние на поведение человека. Благоприятным фактором для физического и ментального здоровья является архитектура, которая стимулирует физическую активность, например, через удобные лестницы и привлекательные пешеходные маршруты.

Практические аспекты применения психологических принципов в архитектуре.

1. *Архитектура образовательных учреждений.* Архитектурная среда и предметное окружение ребенка участвуют в развитии форм восприятия пространства, наглядно-образного мышления, творческого воображения [19]. Например, подход Реджио Эмилия к проектированию образовательных пространств подчеркивает важность создания среды, которая способствует исследованию, сотрудничеству и творчеству [12].

2. *Терапевтические пространства.* В медицинских учреждениях принципы психологического влияния архитектуры особенно важны для создания исцеляющей среды. Исследования показывают, что интеграция природных элементов, максимизация естественного света и создание пространств, которые обеспечивают чувство контроля и приватности, могут значительно улучшить результаты лечения и уменьшить стресс как у пациентов, так и у медицинского персонала [10].

3. *Проектирование для особых групп.* Нейроархитектура предлагает важные соображения для проектирования пространств для пожилых людей и лиц с когнитивными нарушениями. Это включает создание легко читаемых пространств с четкими ориентирами, использование соответствующего освещения и цветовых схем, а также интеграцию элементов, которые стимулируют положительные воспоминания и ассоциации [12].

Заключение. Психологическое влияние архитектурной среды на человека – это комплексное явление, которое затрагивает эмоциональную, когнитивную и физиологическую сферы. Основные принципы этого влияния включают форму и пространственную организацию, цвет и свет, масштаб и пропорции, связь с природой, а также функциональность и многозадачность пространства.

Современные исследования в области нейроархитектуры предоставляют научную основу для понимания механизмов воздействия архитектурной среды на психологическое состояние человека. Эти знания могут применяться для создания пространств, которые не только эстетически привлекательны и функциональны, но и способствуют психологическому благополучию, снижению стресса и повышению качества жизни.

Важно отметить, что хотя существуют общие принципы психологического влияния архитектуры, индивидуальные различия и культурный контекст также играют значительную роль в восприятии пространства. Поэтому эффективное архитектурное проектирование должно учитывать не только общие психологические принципы, но и специфические потребности и предпочтения целевой аудитории.

Таким образом, архитектура имеет потенциал не только формировать физическое пространство, но и положительно влиять на психологическое благополучие людей. Практическое применение принципов психологического влияния архитектурной среды сможет значительно повысить качество жизни не только в современных зданиях, но игородах.

Список использованных источников

1. Alexander, C. A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction / C. Alexander, S. Ishikawa, M. Silverstein. – Oxford University Press. – 1977.
2. Kaplan, S. The Experience of Nature: A Psychological Perspective / S. Kaplan, R. Kaplan. – Cambridge University Press. – 1989.
3. Kellert, S.R. Biophilic Design: The Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life / S. R. Kellert, J. Heerwagen, M. Mador. – Wiley. – 2008.
4. Цирес, А. Г. Архитектурная композиция: Пропорции, масштаб, ритм / А. Г. Цирес. – М. : Стройиздат. – 1983.
5. Лебедев, А. В. Архитектурная среда и психология восприятия / А. В. Лебедев // Архитектон: Известия вузов. – 2011. – № 33. – С. 44 – 49.
6. Махлина, Е. Архитектурная среда и психологическое здоровье человека / Е. Махлина // Психология и архитектура. – 2017. – № 2. – С. 12 – 19.
7. Sternberg, E. M. Healing Spaces: The Science of Place and Well-Being. – Harvard University Press. – 2009.
8. Zeisel, J. Inquiry by Design: Environment/Behavior/Neuroscience in Architecture, Interiors, Landscape, and Planning. – W. W. Norton & Company. – 2006.
9. Ellard, C. Places of the Heart: The Psychogeography of Everyday Life. – Bellevue Literary Press. –2015.
10. Salingaros, N. A. Biophilia and Healing Environments: Healthy Principles for Designing the Built World. – Terrapin Bright Green. – 2015.
11. Ulrich, R. S. View through a window may influence recovery from surgery. / Science, 224(4647). – 1984. – P. 420 – 421.
12. Browning, W. D. 14 Patterns of Biophilic Design: Improving Health and Well-Being in the Built Environment / W. D. Browning, C. O. Ryan, J. O. Clancy. – Terrapin Bright Green. – 2014.
13. Eberhard, J. P. Brain Landscape: The Coexistence of Neuroscience and Architecture. – Oxford University Press. – 2009.
14. Pallasmaa, J. The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses. – Wiley. – 2012.
15. Глазачев, С. Н. Архитектура и психология: к проблеме формирования среды жизнедеятельности / С. Н. Глазачев // Психологический журнал. – 2008. – № 6. – С. 79 – 87.
16. Калашников, А. Архитектура и психология: как проектирование воздействует на людей / А. Калашников // За-Строй.РФ [Электронный ресурс]. – URL : https://zsrf.ru/blogpost/arhitektura-i-psihologija (дата обращения: 03.05.2025).
17. Коробко, В. И. Влияние архитектуры зданий на эмоциональное состояние человека / В. И. Коробко ; Московский экономический институт. [Электронный ресурс]. – URL : https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48665419 (дата обращения: 03.05.2025).
18. Горбацкая, К. С. Принципы комфортного пространства в детских лагерях отдыха / К. С. Горбацкая ; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (УрФУ), Екатеринбург,

Российская Федерация. [Электронный ресурс]. – URL : https://www.elibrary.ru/item.asp?id= 59496451 (дата обращения: 03.05.2025).

19. Мелодинский, Д. Л. Пропорции и масштаб в архитектуре / Д. Л. Мелодинский ; Московский архитектурный институт (государственная академия). – М., Россия [Электронный ресурс]. – URL : https://marhi.ru/AMIT/2015/1kvart15 /melod/melod.pdf (дата обращения: 03.05.2025).

20. Савельева, Л. В. Визуальные иллюзии в архитектурной композиции [Электронный ресурс] / Л. В. Савельева. – URL : https://viewer.rsl.ru/ru/ rsl01008726521 (дата обращения: 21.03.2025).

УДК 72.02
67.07.29: Памятники архитектуры. Мемориальные комплексы

КОМПЛЕКСНОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ В СВЕТЕ ЗАКОНА ОБ ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Иванов Михаил Эдуардович
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», аспирант кафедры Архитектурного проектирования
e-mail: *mknpostivanov@yandex.ru*

Говоря о комплексном развитии территорий, хотелось бы отметить ряд особенностей и вопросов, которые связаны с объектами культурного наследия.

Глава Градостроительного кодекса о комплексном развитии территорий (далее – КРТ) остается по настоящее время значимой для развития жилищного строительства. Реализация проектов комплексного развития территорий направлена на достижение нескольких положительных эффектов:

– преобразование городских территорий для улучшения качеств городской среды;

– привлечение частного финансирования для решения проблемы расселения аварийного и ветхого жилищного фонда;

– создание условий для роста капитализации недвижимости на преобразованных территориях и получение выгод всеми участниками (городом, жителями и инвесторами).

В законодательстве о КРТ вопросам, связанным со сферой сохранения объектов культурного наследия, в том числе с ограничениями, которые накладывают объекты культурного наследия, уделено весьма скромное место: в ст. 64 Градостроительного кодекса [1] указано, что комплексное развитие территорий осуществляется в соответствии с …законодательством об охране объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации – т.е. в соответствии с требованиями федерального закона от 25.06.2002 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации».

Что в себя включает эта норма и на какие моменты хотелось бы обратить внимание…

В ситуации, когда в границах КРТ оказывается один либо несколько объектов культурного наследия – дальнейшие действия с такими объектами достаточно четко прописаны в законодательстве об объектах культурного наследия. Это прежде всего выполнение условий обеспечения сохранности объекта культурного наследия – выполнение владельцем работ по сохранению объекта культурного наследия.

Основное требование законодательства в отношение объекта культурного наследия – обеспечение сохранности памятника, в случае реализации КРТ позволяет дополнительно поднять вопрос восстановления руинированных и аварийных объектов культурного наследия, а также определить судьбу бесхозных объектов культурного наследия.

Во взаимоотношениях «объект культурного наследия – территория комплексного развития» постепенно развивается практика реализации проектов комплексного развития территорий с обременением в виде восстановления объекта культурного наследия.

Во многом в этом вопросе положительную роль играет возможность формирования КРТ на нескольких участках, что дает возможность застройщику реализовать коммерчески выгодный проект на одной части территории (т.е. земельном участке) и на другой – выполнять более затратный проект с сохранением ОКН.

Несколько иная ситуация возникает если в границы КРТ попадает выявленный объект культурного наследия. Отнесенный к выявленным объектам культурного наследия в соответствии со ст. 16.1 Федерального закона № 73-ФЗ [2] объект обладает таким статусом «временно», на период до проведения государственной историко-культурной экспертизы. Хотя законодательно и определено, что решение о включении либо об отказе во включение в единый реестр должно быть принято в течение одного года (ст. 18 Федерального закона № 73-ФЗ [2]), необходимо учитывать, что срок этот не является пресекательным, т.е. статус выявленного объекта культурного наследия по истечении одного года у объекта не исчезает.

Необходимо отметить, что при подготовке проекта КРТ при наличии выявленного объекта культурного наследия такой объект должен быть детально проработан – а именно, необходимо проведение государственной историко-культурной экспертизы такого объекта для определения целесообразности включения его в единый государственный реестр объектов культурного наследия.

По результатам историко-культурной экспертизы, в случае, если объект рекомендован к отнесению к объектам культурного наследия, органом охраны принимается не только решение о включении объекта в реестр, но и утверждаются его территория. Кроме того, вокруг такого объекта возникает защитная зона объекта культурного наследия.

В части выявления объектов культурного наследия представляется существенным вопрос наличия на территории КРТ потенциально ценных объектов, т.е. объектов, обладающих еще не выявленной историко-культурной ценностью, в отношении которых может быть направлено заявление об обнаружении объекта, обладающего признаками объекта культурного наследия.

В настоящее время в отношении выявления объектов на территории нашей страны действует заявительный характер выявления ценных объектов. Законодательно предусмотрено [2], что любое физическое либо юридическое лицо может направить в орган охраны соответствующее заявление об обнаружении объекта, обладающего признаками объекта культурного наследия.

С точки зрения эффективности реализации КРТ это является достаточно существенным фактором, вносящих элемент неопределенности, как в связи со сроком рассмотрения заявления, составляющим 90 рабочих дней, так и в части дальнейших действий, связанных с обеспечением сохранности объекта культурного наследия.

В материалах анализа реализации проектов КРТ как фактор неопределенности иногда указывается возможность обнаружения на территории выявленного объекта археологического наследия [4]. Напомню, что объект археологии считается выявленным с момента его обнаружения [2].

Вместе с тем, в большинстве случаев это не препятствует реализации деятельности, в том числе и строительства, так как в соответствии со ст. 36 Федерального закона № 73-ФЗ [2], для ведения хозяйственной деятельности на территории такого объекта археологического наследия необходима разработка раздела проектной документации об обеспечении сохранности объектов культурного наследия. В отношении археологических памятников предлагаемые меры включают в себя раскопки либо спасательные археологические работы, по результатам проведения которых результаты становятся достоянием науки, а на территории раскопок возможно ведение хозяйственной деятельности.

Выше перечислены отдельные ситуации, относящиеся к территориям населенных пунктов, не являющихся историческими поселениями. Для исторического поселения, в случае, если планируемое КРТ попадает в его границы факторами, которые могут повлиять на технико-экономические показатели КРТ являются предмет охраны исторического поселения, а также градостроительные регламенты в границах исторического поселения, если границы такого поселения определены и установлены.

Только для предмета охраны исторического поселения сейчас законодательно закреплена возможность фиксации ценных градоформирующих объектов. Это объекты – здания и сооружения, не являющиеся памятниками, но обладающие ценными градостроительными характеристиками, формирующие историческую застройку и объединенные в том числе масштабом, объемом, структурой, стилем, конструктивными материалами, цветовым решением и декоративными элементами [2]. Зафиксированные в предмете охраны исторического поселения, такие ценные градоформирующие объекты подлежат сохранению, но в отличие от объектов культурного наследия, для них допустима реконструкция.

В части проработки действующих ограничений, связанных с объектами культурного наследия необходимо также учитывать установленные границы территорий объектов культурного наследия и выявленных объектов культурного наследия. Режим территории двух видов объектов культурного наследия – памятников и ансамблей, предусматривает полный запрет строительства объектов капитального строительства и запрет увеличения объемно-пространственных характеристик, существующих на территории памятника или ансамбля объектов капитального строительства [2].

Учитывая, что для некоторых объектов культурного наследия могут быть не установлены территории – в силу того, что такие объекты были отнесены к памятникам истории и культуры ранее действующим законодательством и включены в единый реестр в силу ст. 64 Федерального закона № 73-ФЗ [2]. Для таких объектов необходимо еще на стадии подготовки к утверждению договора о КРТ целесообразно предусматривать разработку и утверждение территорий таких объектов культурного наследия, т.к. их реализация также может оказать влияние на параметры КРТ либо на сроки реализации КРТ.

В соответствии со ст. 34 Федерального закона № 73-ФЗ [2] на сопряженной с объектом культурного наследия территории устанавливаются зоны охраны объекта культурного наследия.

Вокруг объекта культурного наследия могут быть установлены три вида зон охраны (состав устанавливаемых зон охраны зависит от характеристик объекта и определяется в процессе проектирования [2, 5]):

Охранная зона объекта культурного наследия – территория, в пределах которой в целях обеспечения сохранности объекта культурного наследия в его историческом ландшафтном окружении устанавливается особый режим использования земель и земельных участков, ограничивающий хозяйственную деятельность и запрещающий строительство, за исключением применения специальных мер, направленных на сохранение и регенерацию историко-градостроительной или природной среды объекта культурного наследия.

Зона регулирования застройки и хозяйственной деятельности – территория, в пределах которой устанавливается режим использования земель и земельных участков, ограничивающий строительство и хозяйственную деятельность, определяются требования к реконструкции существующих зданий и сооружений.

Зона охраняемого природного ландшафта – территория, в пределах которой устанавливается режим использования земель и земельных участков, запрещающий или ограничивающий хозяйственную деятельность, строительство и реконструкцию существующих зданий и сооружений в целях сохранения (регенерации) природного ландшафта, включая долины рек, водоемы, леса и открытые пространства, связанные композиционно с объектами культурного наследия [2].

В отдельных случаях может быть установлена объединенная зона охраны нескольких объектов культурного наследия [2, 3, 5].

Таким образом, наличие зон охраны объектов культурного наследия и градостроительные ограничения, накладываемые установленными в зонах охраны требованиями к градостроительным регламентам, могут существенным образом повлиять на характеристики КРТ.

В 2025 году постановлением Правительства Российской Федерации № 1936 от 27.12.2024 в положение о зонах охраны объектов культурного наследия внесены значительные изменения [3], в том числе оказывающие влияние на характер устанавливаемых ограничений и, соответственно, на особенности реализации договора КРТ.

Процесс разработки зон охраны теперь более регламентированный процесс, который начинается с решения органа охраны объектов культурного наследия о разработке зон охраны объекта культурного наследия.

Причем инициаторами обращения в орган охраны за таким решением могут выступать физические и юридические лица, с которыми заключен договор о комплексном развитии территории, либо юридические лица, обеспечивающие реализацию решения о комплексном развитии территории [3].

Определен перечень объектов культурного наследия, для которых зоны охраны не устанавливаются.

Из факторов, влияющих на комплексное развитие территории, необходимо отметить, что в обновленном положении о зонах охраны существенно изменился характер ограничений, устанавливаемых режимами использования и требованиями к градостроительным регламентам в зонах охраны.

В ходе проработки территории, планируемой для комплексного развития, могут встречаться ситуации, когда у объекта культурного наследия законодательно предусмотрено, но фактически отсутствуют зоны охраны. В таких случаях вокруг объекта культурного наследия действует защитная зона и для проработки планируемых параметров КРТ целесообразно предусматривать как действующие ограничения, накладываемые защитной зоной объекта культурного наследия, так и рассматривать перспективу прекращения существования защитой зоны в случае установления зон охраны объекта культурного наследия.

Защитными зонами объектов культурного наследия являются территории, которые прилегают к включенным в реестр памятникам и ансамблям и в границах которых запрещаются строительство объектов капитального строительства и их реконструкция, связанная с изменением их параметров (высоты, количества этажей, площади), за исключением строительства и реконструкции линейных объектов [2].

Защитные зоны не устанавливаются для объектов археологического наследия, некрополей, захоронений, расположенных в границах некрополей, произведений монументального искусства, а также памятников и ансамблей, расположенных в границах достопримечательного места с установленными режимами и ограничениями.

Кроме того, защитная зона не возникает, если объект культурного наследия расположен в границах зон охраны другого объекта культурного наследия.

Учитывая, что объекты культурного наследия, и соответственно, сопутствующие им зоны охраны чаще часто располагаются на исторических городских территориях, ближе к историческим центрам, т.е. на территориях, вероятность включения которых в КРТ велика, целесообразно законодательное, возможно на региональном уровне, закрепление порядка действий, которые необходимо реализовывать в тех случаях, когда в территорию КРТ попадает защитная зона объекта культурного наследия.

Таким образом, исходя из положений Федерального закона №73-ФЗ, подготовка решения о КРТ должна осуществляться с глубокой предварительной проработкой вопроса сохранения объектов культурного наследия и связанных с ними ограничений.

Должно быть проанализировано:

- наличие объектов археологии либо необходимость археологических разведок;
- наличие выявленных объектов культурного наследия;
- наличие установленных границ территорий объектов культурного наследия в границах КРТ;
- наличие ценной застройки, т.е. объектов, обладающих признаками объекта культурного наследия.

Для повышения эффективности реализации проектов КРТ на территориях, насыщенных историческими объектами, хотелось было бы отметить необходимость пересмотра подхода к действующей статье Федерального закона № 73-ФЗ, предусматривающей проведение государственной историко-культурной экспертизы земельного участка перед его освоением, т.е. проведением земляных, строительных, мелиоративных, хозяйственных и иных работ [2] путем только археологической разведки. В отношении территорий городских центров для сохранения городской исторической среды необходимо проведения исследований всей территории и объектов недвижимости, на ней расположенных. Такое дополнение в отдельные положения законодательства позволили бы обеспечить более тщательную проработку планируемой территории комплексного развития и обеспечить сохранность уникального облика исторических городов нашей страны.

Список использованных источников

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации : федер. закон Российской Федерации № 190-ФЗ от 29 декабря 2004 года [ред. от 26.12.2024] – URL : http://www.consultant.ru (дата обращения: 27.05.2025).
2. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации : федер. закон Российской Федерации № 73-ФЗ от 25 июня 2002 года : [ред. от 26.12.2024]. – URL : http://www.consultant.ru (дата обращения: 27.05.2025).
3. Положение о зонах охраны объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов российской Федерации : Постановление Правительства Российской Федерации № 972 от 12 сентября 2015 года [ред. от 27.12.2024] URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 27.05.2025).
4. Мониторинг практики реализации проектов комплексного развития территории жилой застройки в российских городах / Фонд «Институт экономики города», 2023 год – URL : https://urbaneconomics.ru/ (дата обращения: 27.05.2025).
5. ГОСТ Р 59124–2020 «Состав и содержание научно-проектной документации проекта зон охраны».

УДК 72.012
67: Строительство. Архитектура

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТИПОЛОГИЯ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Иванищев Никита Андреевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистр
e-mail: *nkita.22802@mail.ru*

Кожухина Ольга Николаевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук
e-mail: *olga1463@yandex.ru*

Российское правительство и Президент РФ уделяют особое внимание поддержке семей с детьми, а также улучшению демографической ситуации в стране. Важным направления для работы является обеспечение доступности детских садов. Поэтому сейчас особенно важно проектировать и строить новые дошкольные учреждения по современным нормам и правилам, чтобы как можно скорее решить эту проблему.

На данный момент в Российской федерации имеется большое количество зданий детских образовательных учреждений (ДОУ), которые не отвечают современным требованиям и нормам. На практике видно, что обеспечение этого соответствия является достаточно сложной для решения задачей. Здания детских садов старой постройки сложно приспособить к современным требованиям и условиям эксплуатации.

Для того чтобы здания отвечали современным нормам и требованиям, появляется необходимость в их модернизации или реконструкции. При этом требуется проведение в здании таких работ, как перепланировка, надстройка и пристройка, с учетом всех действующих на данный момент технических регламентов и норм.

В советскую эпоху сеть дошкольных учреждений была широко распространена и с эффективностью функционировала. Детские сады, называемые по-другому, как ясли строились по типовым проектам, представляя собой стандартные здания, которые могли долгое время удовлетворять потребности общества. При разработке таких проектов учитывались различные аспекты, которые включали социальные условия, экономические и технические ресурсы, а также климатические особенности регионов.

Исходя из всего этого, здания детских садов не обладали адаптационными свойствами на случай внезапных перемен.

Для решения проблемы, существующей в инфраструктуре детских садов, потребуется комплексный анализ. Это необходимо чтобы определить все влияющие факторы, изучить, как они менялись с течением времени и понять, как все эти изменения отразились на архитектуре и планировке зданий ДОУ [1].

Опираясь на рекомендации по реконструкции и модернизации зданий дошкольных учреждений, можно выделить четыре периода в истории строительства, проектирования и развития типологии детских садов. Каждый из этих этапов характеризуется определенными изменениями в нормативных требованиях к составу и площади помещений, а также к их адаптации под новые потребности. Эти изменения, в свою очередь, оказывали влияние на вместимость и универсальность зданий детских садов. После этого мы подробно рассмотрим эти этапы, представляющие эволюцию проектирования и строительства дошкольных образовательных учреждений.

Первым этапом типового возведения детских учреждений являлся послевоенный период доиндустриального строительства 1946 – 1956 гг. Также следует отметить, что особенностью данного периода являлось, раздельное возведение зданий детских яслей и детских садов. Проектирование ДОУ включало дневное пребывание детей (9 – 14 часов), а также круглосуточное.

В 1940 – 1950-х гг. строительство и проектирование зданий дошкольных образовательных учреждений предусматривало только малую и среднюю вместимость (1 – 5 групп). Вместимость зданий (ДОУ) по всей стране для яслей составляла – 25, 40, 60, 80 и 100 мест, для детских садов – 25, 50, 75, 100 и 125 мест.

Следующий период называемый, как период индустриального строительства 1960-х годов. После введения норм СНиП II-Л.3-62 «Детские ясли-сады. Нормы проектирования» объединенные здания яслей-садов стали единственным типом дошкольных образовательных учреждений общего типа.

Детские сады смешанного типа предлагали гибкий график посещения, включая как дневное, так и круглосуточное пребывание. В дневное время дети занимались в своих возрастных группах, а ночью уже формировались сборные группы из детей разных возрастов. Они ночевали вместе в одной из групповых комнат.

Такая группа приводила к формированию разновозрастных групп детей, это значительно усложняло воспитательный процесс, а также нарушались санитарно-гигиенические требования изоляции разновозрастных групп. Так как здания ДОУ проектировались крупными по вместимости, появилась необходимость повышения этажности и увеличение обеспечения населения зданиями ДОУ. Города со средней плотностью населения ранее хорошо обеспечивались малыми и средними зданиями ДОУ, но новая практика постройки крупных зданий потребовала отказ от выборочного строительства отдельных зданий и переход к созданию больших жилых комплексов на новых территориях. Этот этап характеризовался массовой постройкой объединенных яслей-садов. Эти здания включали либо только дневные, либо только круглосуточные групповые ячейки.

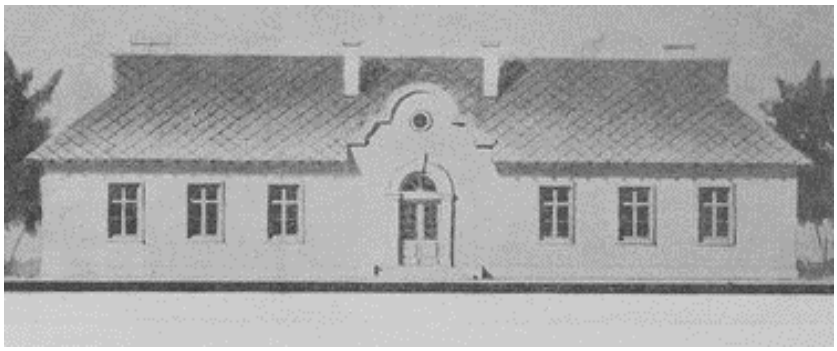


Рис. 1. Здание ДОУ 1953 г. постройки на 50 мест, проект № 190

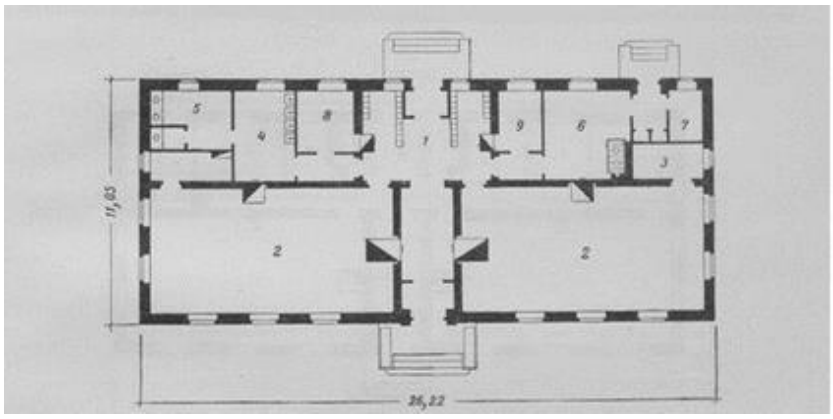


Рис. 2. План здания:
1 – раздевальная; *2* – групповая; *3* – кроватная; *4* – умывальная; *5* – уборная; *6* – кухня; *7* – кладовая; *8* – кабинет заведующего; *9* – кладовая



Рис. 3. Здание ДОУ (ясли-сад) 1964 г. постройки на 280 мест для круглосуточного пребывания детей, г. Набережные Челны, проект 2С-04-12

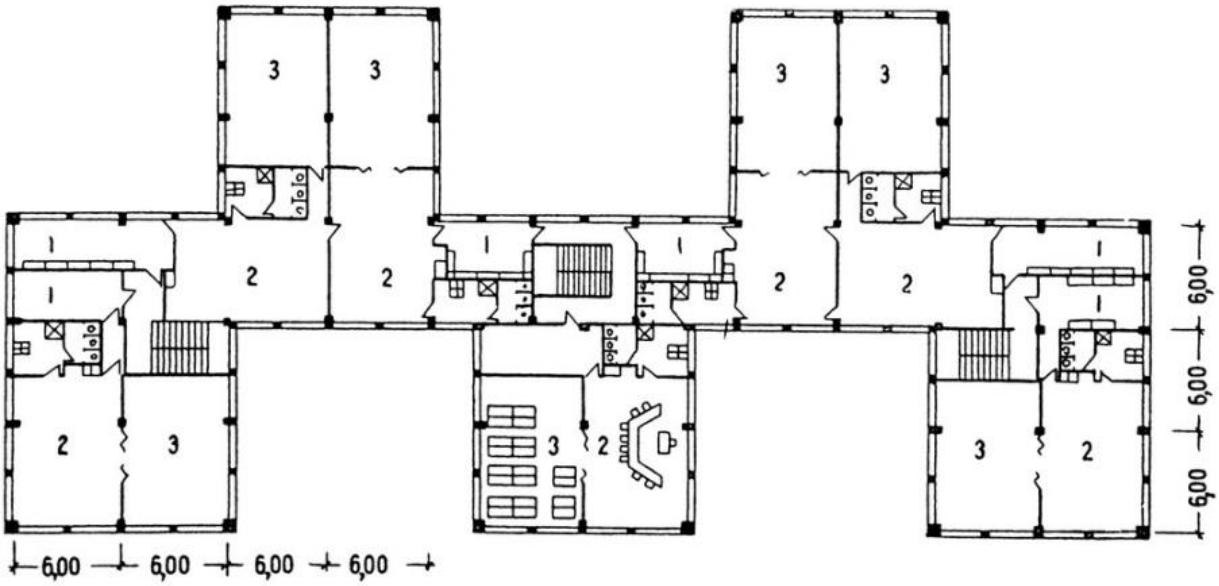


Рис. 4. План здания:
1 – раздевальная; *2* – групповая; *3* – спальня

Далее идет период индустриального строительства, но уже 1970-х и 1980-х годов. С этого периода состав и площади помещений в основном отвечают современным требованиям. При этом следует отметить недостаток зданий крупной вместимости. Это связано с отсутствием второго зала. Его отсутствие затрудняет проведение программных и развивающих занятий с детьми. Этот этап характеризовался планировкой зданий большой вместимостью.

Заключительным является период строительства, идущий после 1990-х годов. В 1990 году произошел демографический спад рождаемости населения. Для сравнения, рождаемость в России резко сократилась в период с 1985 по 1999 год. Если в 1985 году на свет появилось 2,4 миллиона младенцев, то в 1999 году этот показатель упал вдвое, что составило всего 1,2 миллиона. В конце 90-х и начале 2000 годов, население страны ежегодно уменьшалось на 0,5–1 миллион человек. Все это происходило из-за низкой рождаемости. В связи с этим спрос на предоставляемые услуги зданиями ДОУ значительно снизился.



Рис. 5. Здание ДОУ (ясли-сад) 1975 г. постройки на 320 мест, г. Калуга, проект 214-2-61

К середине 2000-х годов в России закрылось большое количество зданий ДОУ. Однако в дальнейшем последовал пик рождаемости. Строительство новых зданий детских садов возобновилось с 2010 года. Современные детские образовательные учреждения предоставляют новые формы оздоровительных и компенсирующих услуг, так как до 50 – 70% детей дошкольного возраста нуждаются в услугах по коррекции и компенсации недостатков развития, а также по профилактике их возникновения, в щадящем режиме и системе профилактических процедур для часто болеющих детей.

Новые формы работы с детьми определяют новые требования к проектным решениям. Появление новых функциональных особенностей меняет требования к общему пространству зданий. Так, к стандартному набору помещений необходимо добавлять помещения коррекции и медицинского обслуживания, кабинеты для занятий физкультурой, бассейны, зооуголки, массажные кабинеты и др.

Проанализировав историю проектирования и типологию зданий дошкольных образовательных учреждений, а также достоинства и недостатки данных зданий можно сделать вывод о том, что нормативные требования к зданиям, в данном случае к детским учреждениям всегда претерпевали и будут, претерпевать различные изменения. Это связано с множеством факторов и причин.



Рис. 6. Трехэтажное здание ДОУ (ясли-сад) со встроенным бассейном 2010 г. постройки на 12 групп (220 мест) для дневного пребывания детей, г. Москва, проект VI-52



Рис. 7. Трехэтажное здание ДОУ (ясли-сад) со встроенным бассейном 2010 г. постройки на 12 групп (220 мест) для дневного пребывания детей, г. Москва, проект И-2342

В советское время социальные условия, технический прогресс, экономика, климат, а также демографические изменения воспринимались, как статичные и не подлежащие существенным изменениям. Однако, появление новых подходов к воспитанию и образованию детей, представляет собой новые требования к существующим зданиям детских садов, которые были построены по типовым проектам. Новые функции, которые должны выполнять данные учреждения, требуют иного использования пространства и планировки. Таким образом, современные образовательные программы вынуждены адаптироваться к новым и современным стандартам. Это определяет важную необходимость в реконструкции этих зданий.

При модернизации или реконструкции зданий детских учреждений в каждом случае необходимо определять количество, а также площади помещений, необходимых в соответствии с новыми требованиями и в связи с применением инновационных форм детского образования к зданиям дошкольных образовательных учреждений. Это позволит в будущем проводить легкую адаптацию зданий к меняющимся и совершенствующимся условиям.

Список использованных источников

1. Сычева, Е. Б. Инфраструктура дошкольных учреждений. Испытание временем / Е. Б. Сычева // Научный вестник УралНИИПРОЕКТ РААСН. – Екатеринбург : Изд-во Уральский НИИПРОЕКТ, 2012. – С. 50 – 52.

УДК 725.94
67. 07.29: Памятники архитектуры. Мемориальные комплексы

ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ РЫНОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДА ТАМБОВА

Карасова Ирина Юрьевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доцент, научный руководитель кафедры «Архитектура и градостроительство»
e-mail: *irusya-irusya@mail.ru*

Гришова Татьяна Александровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доцент кафедры «Архитектура и градостроительство»
e-mail: *gta.62@mail.ru*

Зарождение центрального рынка Тамбова связано с концом XVII столетия. Первоначально местом ее проведения являлась территория к северу от Соборной площади – в районе современной улицы Степана Разина, в непосредственной близости от стен Вознесенского женского монастыря (рис. 1).





Рис. 1. Вознесенский женский монастырь в первой половине XIX века

В конце двадцатых годов девятнадцатого века, торговля от стен женского монастыря была перенесена на Сенную площадь, позже, Базарную, где сейчас располагается привычный нам Центральный рынок.

Историческими границами стали улицы: Пензенская (позже Гимназическая, ныне Коммунальная), Носовская, Липецкая (позже Знаменская, ныне Октябрьская), Христорождественская (ныне Красная). В 1852 году, по инициативе специальной комиссии, занимавшейся улучшением городской среды, приступили к возведению шести каменных торговых зданий. На месте деревянных рядов, построенных еще в 1787году (рис. 2).

Новые кирпичные ряды были разделены на торговые помещения (лавки), объединенные открытой галереей. На втором этаже, в расположенных комнатах часто жили владельцы лавок. Здесь продавались продукты, скотина, одежда, дрова и многое другое (рис. 3).



Рис. 2. Реконструкция карты схемы Базарной площади г. Тамбова в конце XIX в.



Рис. 3. Торговые ряды и торговля около них в конце XIX в.



Вид на Христорождественский собор и Базарную площадь в Тамбове. Фото 1930-х гг.



Рис. 4. Архивные фотографии. Слева Христорождественский собор 1909 г., справа торговые ряды, Христорождественский собор. Снимок с пожарной каланчи на ул. Дворянской (ныне улицы Красной) начала XX века

В конце XIX века главным украшением Базарной площади стал Христорождественский собор или как чаще его называли Пятницкий в честь покровительницы рынков и торговли Параскевы Пятницы. Его строительство началось еще в 1863 году, а в 1873 году храм был торжественно открыт для верующих. Собор отличался пятиглавым силуэтом и восьмигранным центральным шатром. Все купола завершались характерными луковичными завершениями. По углам ограды собора были установлены четыре идентичные башенки-колокольни, архитектурно повторявшие форму центрального купола (рис. 4).

В 1933 году собор был закрыт, в 1939 году снесен, на его месте был проложен въезд на территорию рынка со стороны улицы Христорождественской (ныне улицы Красной) и образована «толкучка» – торговля всем подряд без деления на ряды сохранившая свое назначение и в трудные годы первой мировой и гражданской

войн. В 1938 году название главное торговой площади города было изменено с Базарной на площадь Центрального колхозного рынка исполком городского Совета. В 1954 – 1955 годах была проведена реконструкция площади. По периметру она была обнесена чугунной литой оградой высотой 2 метра. Ограда часто служила для установки транспарантов и рекламных щитов. Достопримечательностью стали 6 массивных арочных ворот. Главными считались южные по улице Базарной. Большая часть рынка была заасфальтирована, под толкучку оставили небольшой участок в северо-восточном углу, где она просуществовала до 1959 г. Организация и порядок были полностью восстановлены. На территории Центрального рынка появилось много свободных площадей. Участки, прилегающие к улице Коммунальной, были засеяны травой и засажены деревцами. Летом они служили полем для футбола, а зимой для катания на лыжах. Эти же территории занимались и приезжими на гастроли в Тамбов цирк, зверинцы, мотогонки; часто здесь можно было видеть цыганский табор, отдыхающих на газоне.

Проведя анализ существующего состояния территории Центрального рынка г. Тамбова, были выявлены следующие проблемы:

1. **Функциональное использование территории рынка.** Сравнивая использование территории раньше и сейчас, понимаешь, что потерянно самое главное использование территории рынка в течение всего дня. Раньше стихийно созданные площадки насыщали рынок жизнью в течение всего дня. Конечно эти площадки были не столь комфортны, мешали людям, живущим рядом с рынком, но не было того запустения, которое существует сейчас. На данный момент использование территории после 17.00 прекращается, просто пройти по территории не комфортно, а иногда и не безопасно. Для этого нужно:
   – переосмыслить использование среды центрального рынка;
   – дать новое функциональное решение, учитывающее использование территории в вечернее время;
   – создать трансформируемые пространства, дающие возможность использовать территорию для различных мероприятий.
2. **Плачевное состояние объектов культурного наследия находящихся на территории Центрального рынка.** Каменные торговые ряды, которые город должен беречь, как зеницу ока с каждым годом разрушаются все больше и больше (рис. 5). Конечно у города много проблем и сохранение памятника архитектуры торговые ряды задача не первоочередная. Но складывается ощущение, что администрация города просто ждет, когда эта проблема решится сама собой.



Рис. 5. Состояние торговых рядов в 2025 г.

Находясь в исторической части города, центральный рынок должен сохранить свою целостность, идентичность территории и исторически ценные постройки. Для этого нужно:

– привлечение внимания органов власти и органов охраны ОКН к современному состоянию исторических построек;
– провести реконструкцию и реставрацию объектов с целью их дальнейшего функционирования;
– снести и демонтировать постройки, препятствующие восприятию ОКН, либо искажающие его исторически значимый образ.

3. **Огромное количество диссонирующих построек, «временных» точек торговли, нарушающих внутреннюю структуру торговли.** Хаотичность расположения торговых мест торговля с земли, рядом стоящие павильоны с продуктами и товары промышленного назначения, не регулируемые потоки посетителей, и многое другое делают торговлю не комфортной и мало привлекательной. Среди решений можно обозначить следующие:

– Создание внутренней организованной структуры, где поиск нужной категории товаров, будь то: одежда, продукты питания или товары для садоводства – интуитивно понятен.

– Регулирование потоков посетителей с помощью указателей и правильного структурирования торговли.

– Создание постоянных точек торговли в едином стиле, соответствующем функции пространства и окружающей застройке. Использование некричащих природных материалов.

– Проектирование системы освещения, позволяющей использовать пространство независимо от времени дня и уровня естественного освещения. Создание мер по защите торговых павильонов от атмосферных осадков.

– Организация пространства с включением и развитием новых функций, смежных с торговлей (общественное питание, досуг).

– Создание дизайн-проекта территории рынка, включающего в себя проектирование новых всесезонных рекреационных зон, где жители смогут отдохнуть в процессе покупок, либо целенаправленно прийти для проведения досуга.

4. Наличие обильной наружной разношерстной рекламы. Если сравнивать количество и качество рекламы начала XX в. и рекламу сегодняшнего дня, то понимаешь, что она изменилась и изменилась не в лучшую сторону. Реклама по своей функции призвана решать проблему ориентации покупателя в пространстве, помогая посетителям в поиске нужной площадки, нужного товара. Однако, в огромном количестве, как в сложившейся ситуации на Центральном рынке г. Тамбова, реклама действует противоположно – заставляет посетителей, блуждать среди пестрых вывесок ища нужную торговую точку или товар. Помимо прочего, излишняя реклама засоряет фасады сложившейся исторической застройки. Среди путей решения главным является:

– расчистка окружающей среды от кричащих вывесок и рекламы;

– разработка дизайн-кода;

– регламентация и регулирование рекламы, созданной владельцами торговых точек. Унифицированные рекламных макетов и уравнение всех заведений на территории рынка перед необходимостью следовать общему, утвержденному дизайн-коду.

5. Отсутствие парковочных мест. Самая сложная и самая тяжело решаемая проблема. Исторически сохранившаяся ширина окружающих дорог, увеличение количества машин, магазины, появившиеся на территории рынка, каждый из которых требует свои разгрузочные места. Все это не позволяет создать нужного количества парковочных мест. Среди путей решения главным является:

– создание вертикальных стоянок, создание дополнительных парковочных мест на кровле объектов, находящихся на территории рынка;

– расчистка территории от ненужных объектов тем самым сокращая количество разгрузочных мест.

6. Отсутствие технического оснащения для комфортного функционирования функциональных процессов; дискомфорт, как у посетителей, так и у продавцов, вынужденных сбывать продукцию фактически, находясь на улице независимо от погодных условий, неудовлетворительная уборка территории и прочее.

Мероприятия по решению выявленных проблем направлены на:

1. Создание комфортной функциональной среды – торгового пространства, грамотно сочетающегося с рекреацией и островками смежных функций.

2. Возвращение исторической значимости и возрождение интереса к территории Центрального рынка, иллюстрирующей развитие города Тамбова на протяжении столетий.

3. Вписывание территории в окружающую архитектурно значимую застройку.

4. Привлечение разных возрастных категорий, ранее игнорирующих посещение Территории Центрального рынка.

Список использованных источников

1. Горелов, А. А. Тамбов : Справ.-путеводитель : (Центр. часть) / А. А. Горелов, Ю. К. Щукин. – Тамбов : Б. и., 1999. – 195 с.

2. История становления [Электронный ресурс] / Тамбов. Начало XX века Христорождественский собор. – Тамбов : Tambov historical heritage, 2024. – URL : https://heritage.tstu.ru/index.php/ru/istoriya-stanovleniya (дата обращения: 12.01.2024)

3. Муравьев, Н. В. Улицы и площади Тамбова / Н. В. Муравьев. – Тамбов : Взгляд, 1994. – 176 с.

4. Леденева, Г. Л. Гражданская архитектура российской провинции конца XIX – начала XX столетий (на примерезастройки г. Тамбова) : учебное пособие / Г. Л. Леденева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 80 с.

УДК 725.94
67. 07.29: Памятники архитектуры. Мемориальные комплексы.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДОХОДНЫХ ДОМОВ, ПРИЕМЫ СРЕДОВОЙ АДАПТАЦИИ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ

Карасова Ирина Юрьевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доцент, научный руководитель кафедры «Архитектура и градостроительство»
e-mail: *irusya-irusya@mail.ru*

Гришова Татьяна Александровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доцент кафедры «Архитектура и градостроительство»
e-mail: *gta.62@mail.ru*

В настоящее время востребована реконструкция существующих доходных домов – соединение старого и нового, сохранение первоначального исторического вида здания с адаптированием внутреннего пространства под современные потребности населения, оснащение его новым инженерным оборудованием – все это сложные вопросы, решаемые в контексте современного мировоззрения и развития новых форм архитектуры. Для анализа выделены основные методы реконструкции доходных домов: пристройка, надстройка, вставка нового объема, комбинирование.

Пристройка характеризуется добавлением к большим существующим объемам, а также включением небольших старых зданий в новые строительные комплексы. Существует три вида пристроек: в торец, сбоку здания, расширение корпуса. Данный метод рассмотрим на примере проекта реновации доходного дома № 17 Спиридоньевского переулка в г. Москва и проекта реконструкции доходного дома Э. И. Гейдериха с пристройкой секционного ж/д в г. Санкт-Петербург.

Проект реновации доходного дома № 17 Спиридоньевского переулка в г. Москва (рис. 1).



Рис. 1. Проект реновации доходного дома № 17



Рис. 2. Проект реконструкции доходного дома Э. И. Гейдериха

Кирпичный дом был построен в 1900 году. Экспертиза показала, что состояние здания позволяет заменить деревянные перекрытия на железобетонные и провести комплексную реконструкцию с возвращением первоначального вида. Фасад планируется очистить от многочисленных слоев штукатурки. В проекте предусмотрен демонтаж пристройки и возведение на том же месте небольшого современного блока из серого камня. Архитектура здания позволяет добавить еще один жилой этаж, не выходя за красные линии застройки.

Проект реконструкции доходного дома Э. И. Гейдериха с пристройкой секционного ж/д в г.Санкт-Петербург (рис. 2).

Разработан проект реконструкции с пристройкой нового секционного жилого дома для использования прилегающей дворовой территории. В проекте предусмотрены эксплуатируемые кровли, зимний сад, подземный паркинг, а также устройство кофеен и офисов на 1-м этаже.

Следующий метод реконструкции доходных домов – надстройка, характеризуется повышением этажности здания или его частей, такой вид реконструкции является наиболее эффективным, поскольку в результате можно увеличить полезную площадь без расширения площади застройки. Данный метод рассмотрим на примере жилого комплекса «Русский модерн» и проекта реконструкции доходного дома Блинова на ул. Макаренко в г. Москва, построенный арх. Тропаревым в 1904 году.

Жилой комплекс «Русский модерн» (рис. 3). Проект реконструкции исторического здания доходного дома, построенного в конце XIX века. В рамках проекта реконструкции восстановлен исторический фасад: знаменитая абрамцевская плитка, декоративные элементы, цветная керамика, цоколь и детали входных зон, сохранен рисунок переплетов дверей, окон, решеток ограждений балконов. Также заменены несущие конструкции, установлены современные инженерные и коммуникационные системы, и надстроены дополнительные верхние этажи здания.

Проект реконструкции доходного дома Блинова на ул. Макаренко в г. Москва (рис. 4).

Над зданием планируется надстроить дополнительный объем. По мысли авторов этого проекта, декоративное оформление надстройки ассоциируется с занавесом, так как здание принадлежит Детскому театру юного актера. В надстройке планируется размещение полноценного зрительного зала, устройство которого в самом здании ранее было невозможно.

Следующий метод реконструкции доходных домов – вставка нового объема предполагает, что в существующее здание, внутри него, встраивается дополнительный объем, добавление нового объема между жилыми домами для увеличения площади здания и формирования жилых групп. Данный метод рассмотрим на примере реконструкции усадьбы фабрикантов Прохоровых – Хлудовых в г. Москва, построенной в 1820 г. (рис. 5).



Рис. 3. Жилой комплекс «Русский модерн»



Рис. 4. Проект реконструкции доходного дома Блинова



Рис. 5. Реконструкция усадьбы фабрикантов Прохоровых – Хлудовых

Пример объединения исторических зданий при помощи вставки дополнительного здания. В процессе реконструкции в 1997 году были очищены и перекрашены фасады, восстановлена лепнина, а также между двумя историческими флигелями усадьбы было построено третье здание, объединившее их в единый архитектурный комплекс.

Пристройки к зданиям и встройки – это методы повышения экономичности застройки путем увеличения ее плотности, полезной площади квартир и их комфортности.

Следующий метод реконструкции доходных домов – комбинирование включает в себя встроенно-пристроенный, пристроено-надстроенный, встроено-надстроенный объем здания. Данный метод рассмотрим на примере проекта реконструкции комплекса в г. Калининград из трех четырехэтажных смежных доходных домов «Кройц-аптека», построенного в 1900 – 1905 гг. (рис. 6).

Проектом предусмотрена перепланировка здания под гостиницу или офисы, отреставрировать фасады, восстановить фасадную линию квартала путем достройки нового корпуса гостиницы (офисов). Фасады здания рассчитано отреставрировать с максимальным сохранением уцелевших элементов, а оригинальные планировки сохранить с незначительными изменениями. Предусмотрено сохранение арочного проезда, восстановление его конструктивной схемы, также планируется провести реставрацию декоративной кирпичной кладки.



Рис. 6. Проект реконструкции комплекса в г. Калининград

Бывший внутренний двор должен быть реконструирован как атриум и полностью включен в конструктивную схему здания, связан с центральным блоком подвижными связями.

Представленные приемы реконструкции исторической застройки основаны по принципу гармоничного синтеза старого и нового с учетом сохранения целостности исторической застройки, и реализации при этом всех требований, предъявляемых к строению.

Отдельно стоит отметить, что перед выбором приемов реконструкции исторической застройки необходимо провести историко-архитектурное исследование, состоящее из следующих элементов:

– предметно-концептуальный элемент, включающий теоретические положения, раскрывающие суть метода и характерные особенности, отличающие его от других, а именно основные понятия (определение метода), основания метода (философские, методологические), история метода, то есть место метода в системе классификации;

– операционный элемент, в котором содержится знание об образе действий субъекта относительно объекта познания, обеспечивающее динамику развития знания о предмете исследования (методологические принципы);

– нормативный элемент, то есть нормативное ограничение действий, представляющее собой совокупность правил, норм, предписаний, составляющих систему методологического знания.

К историко-архитектурному исследованию можно отнести анализ композиционной средовой адаптации к историческому окружению, а именно исследование ритмических пропорций, художественной стилизации, гармонизации, адаптации, соподчинения и подобия, пропорции и масштаб (рис. 7).



Рис. 7. Приемы композиционной средовой адаптации к историческому окружению

Отдельно стоит рассмотреть понятие адаптивного повторного использования. Которое включает в себя сохранение культурного наследия, устойчивость (восстановление существующих зданий требует меньше материалов и энергии, чем строительство новых), уникальный дизайн (здания часто обладают уникальным дизайном, сочетающим исторические особенности с современными элементами) и экономическая эффективность (реконструкция объекта может быть более выгодной, чем капитальное строительство с нуля).

Таким образом, понятие адаптивности состоит из изменчивости, устойчивости и гибкости. Можно простроить следующую взаимосвязь: первоначальная конфигурация здания претерпевает трансформацию под влиянием факторов окружающей среды, что влечет за собой изменение конфигурации здания, которая снова претерпевает трансформацию под влиянием факторов окружающей среды, что влияет на происходящие изменения в конфигурации здания.

Список использованных источников

1. Свистунова, И. И. Реконструкция доходных домов / И. И. Свистунова // NovaInfo. – 2014. – № 24. – URL : https://novainfo.ru/article/2092 (дата обращения: 22.01.2025).
2. Морозова, О. В. Структура метода историко-архитектурного исследования / О. В. Морозова // Аналитика культурологии. – 2016. – № 1(34). – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/struktura-metoda-istoriko-arhitekturnogo-issledovaniya (дата обращения: 22.01.2025).
3. Низамова, А. Адаптивная архитектура повторного использования / А. Низамова // Colloquium-journal. – 2021. – № 16(103). – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnaya-arhitektura-povtornogo-ispolzovaniya (дата обращения: 22.01.2025).
4. Глазычев, В. Л. Эволюция творчества в архитектуре / В. Л. Глазычев. – М. : Стройиздат, 1986. – 494 с.
5. Карасова, И. Ю. Историческая трансформация доходных домов, современное использование / И. Ю. Карасова, А. В. Воякина, Я. А. Даньшова // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт : материалы X Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 45-летию Института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета, Тамбов, 13–14 июня 2024 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2024.
6. Кученкова, В. А. Неизвестный Тамбов [Электронный ресурс] / В. А. Кученкова // Информационно-туристи-ческий портал Тамбовской области. – URL : http://turtmb.ru/submenu/offer/traipse/Copyright. – Тамбов, 1993.
7. Карасова, И. Ю. Приспособление объектов культурного наследия для современного использования / И. Ю. Карасова, А. В. Воякина, Я. А. Даньшова // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт : материалы X Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 45-летию Института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета, Тамбов, 13–14 июня 2024 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2024.
8. Леденева, Г. Л. Гражданская архитектура российской провинции конца XIX – начала XX столетий (на примерезастройки г. Тамбова) : учебное пособие / Г. Л. Леденева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 80 с.
9. Муравьев, Н. В. Улицы и площади Тамбова / Н. В. Муравьев. – Тамбов : Взгляд, 1994. – 176 с.

УДК 725.94
67.07.29: Памятники архитектуры. Мемориальные комплексы

ИЗУЧЕНИЕ АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ СЕЛЬСКИХ УСАДЕБ ТАМБОВСКОЙ ГУБЕРНИИ И ОБЛАСТИ

Карасова Ирина Юрьевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доцент, научный руководитель кафедры «Архитектура и градостроительство»
e-mail: *irusya-irusya@mail.ru*

Филимонова Елена Петровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *filimonova99@gmail.com*

В начале XX века площадь Тамбовской губернии была в два раза больше нынешней Тамбовской области. Губерния была одной из крупнейших в Российской Империи, Тамбовская область не всегда имела те границы территории, которые мы знаем на данный момент. Площадь местности изначально была более размашистой. Только в период сокращения в ее составе некоторых населенных пунктов, территория стала менее крупной относительно своих изначальных границ. На старинных картах Тамбовской губернии предоставлен материал, который отображает трансформацию изучаемой местности (рис. 1).

Для того, чтобы изучить архитектурное наследие сельских усадеб Тамбовской губернии и области, стоит рассмотреть несколько определений.



Рис. 1. Старинные Карты Тамбовской губернии

Тамбовская губерния – административно-территориальная единица Российской империи, Российской республики и РСФСР. Образована указом императрицей Екатерины II от 16(27).9.1779 как Тамбовское наместничество. Первоначально делилось на 15 уездов: Борисоглебский, Гваздынский, Елатомский, Кадомский, Кирсановский, Козловский, Лебедянский, Липецкий, Моршанский, Новохоперский, Спасский, Тамбовский, Темниковский, Усманский, Шацкий. Центр – г. Тамбов. Губернский город – Тамбов. Губерния принадлежалак восточной половине центральной земледельческой области Европейской России.

В состав увеличенной выкопировки карты входят такие интересные объекты как: двукольная и одокольная железные дороги, населенные пункты – город губернский и область, населенные пункты от 5000 до 10 000 жителей, от 1000 до 5000 жителей, менее 300 жителей, торгово-промышленные пункты и т.д. К Тамбовской области относятся 8 неполных листов из карты Тамбовской губернии, выделенных красным контуром (рис. 2).

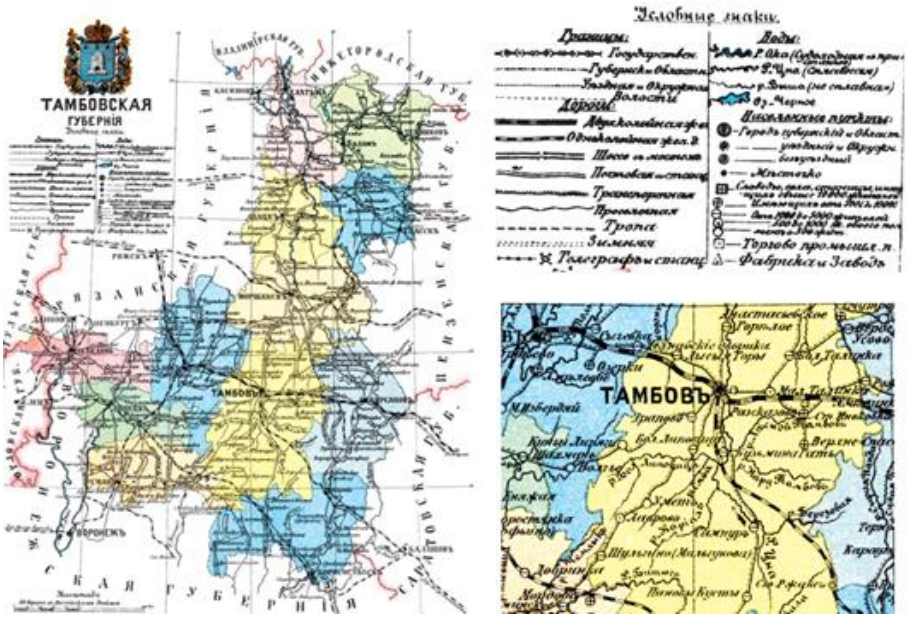


Рис. 2. Карта тамбовской губернии с условными обозначениями и увеличенной выкопировкой

Таким образом, выделенная территория Тамбовской области на карте Тамбовской губернии говорит о том, что сейчас в состав области входят только: север Борисоглебского, Кирсановский, Козловский, Моршанский, Тамбовский уезды бывшей губернии. В 1819–1827 годах входила в ген. губернаторство под управлением А. Д. Балашева не надо (рис. 3)

Для наглядного ознакомления измененных границ местности, была разработана карта с цветовыми обозначениями, всех тех территорий, которые вышли за пределы Тамбовской области (рис. 4). Исходя из этого, видно, что Липецкая, Воронежская, Рязанская области и Мордовия в момент преобразования уже не входили в устоявшуюся территорию.

В результате изучения представленных карт была создана полноценная карта, на которой отображены все усадьбы, которые находятся на территории Тамбовской области на данный момент (отмечены черной эмблемой их расположения). Также, отмечены те усадьбы, которые были включены в состав Тамбовской губернии (отмечены цветными эмблемами) (рис. 5).

На основе карт, представленных в данной статье, был проведен анализ значимых построек, которые были включены в состав Тамбовской губернии. И был проведен детальный разбор именно тех усадеб, которые на данный момент находятся в Тамбовской области.

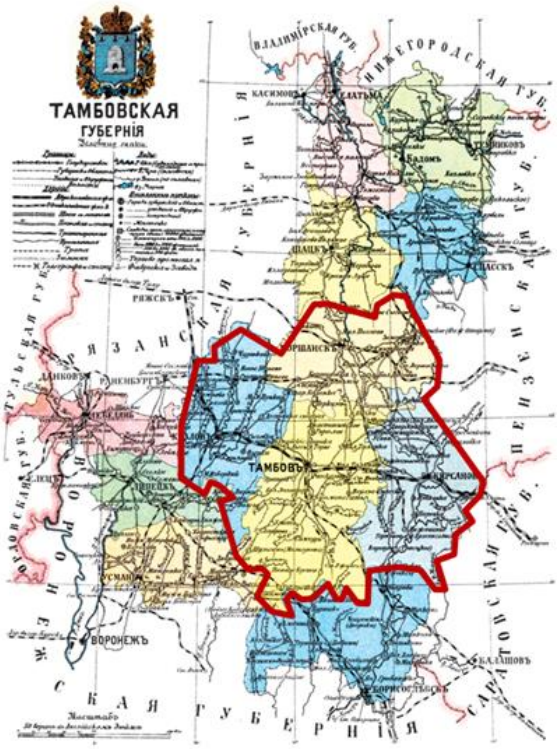


Рис. 3. Выделенная Тамбовская область на карте Тамбовской губернии

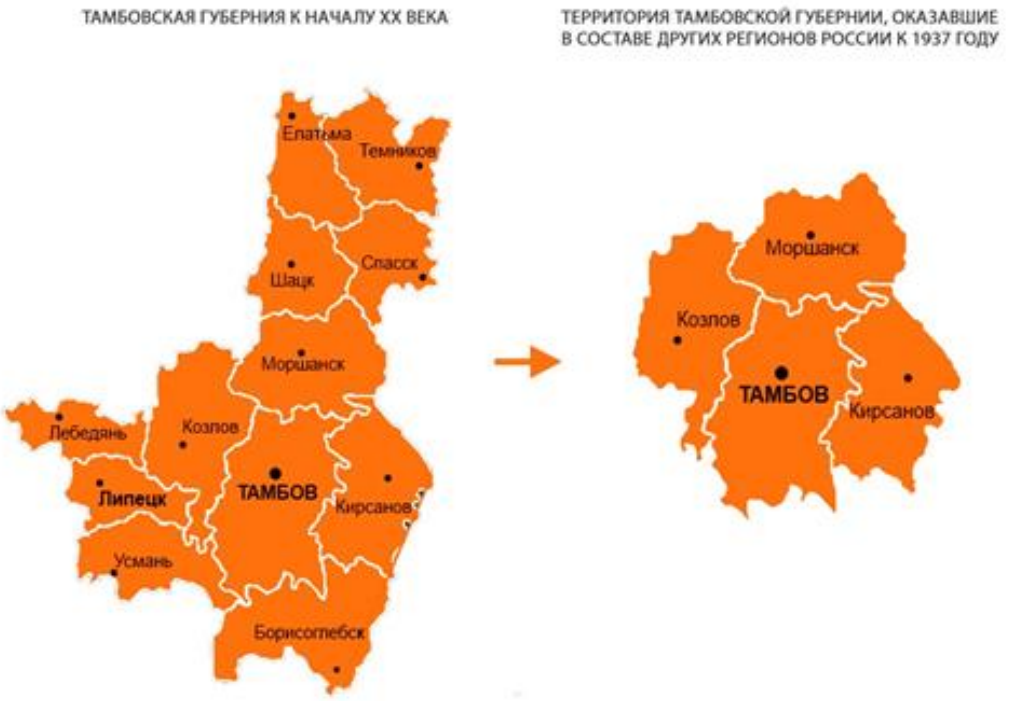


Рис. 4. Отображение изменения границ территории Тамбовской губернии



Рис. 5. Нанесение наиболее значимых усадеб города и области на карту Тамбовской области

Материалы, благодаря которым производился отбор усадеб, является основополагающий документ сохранности сооружений с богатым историко-культурным капиталом – Единый Государственный реестр объектов культурного наследия памятников истории и культуры народов Российской Федерации.

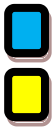
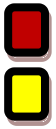
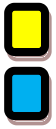
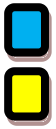
В таблице 1 приведен список усадеб Тамбовской области, изученных более подробно.

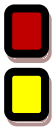
В приведенном списке отображены такие сведения об усадьбах, расположенных на территории Тамбовской области, как наименование объекта культурного наследия. Даны данные: адрес (местонахождение), дата постройки (время создания), категория историко-культурного значения, вид (памятник, ансамбль, достопримечательное место), документ принятия по государственную охрану, техническое состояние, право обладание и цели использования.

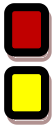
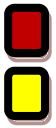
В заключение данной статьи хочется обратить внимание, что при сравнении карт Тамбовской губернии и Тамбовской области, – видны явные изменения в ландшафте, территории и развитии усадебного строительства. Губерния была богатой и процветающей, с большим количеством роскошных усадеб, отражающих богатство и власть землевладельцев. Однако, с течением времени и политическими переменами, усадьбы стали разрушаться и исчезать, не смотря на ценность их архитектурного наследия. Многие из них дошли до нас в плачевном состоянии, и требующем немедленного реставрационного вмешательства. В связи с этим, необходимо обратить пристальное внимание на сохранение и охрану данных объектов культурного наследия. Именно через нашу заботу и бережное отношение мы сможем сохранить и передать будущим поколениям эти уникальные памятники, пронизанные историей и красотой прошлого.

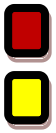
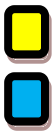
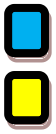
Таблица 1

Наименование ОКН (памятника истории и культуры)	Адрес (местонахождение)	Дата постройки (время создания)	Категория историко-культурного значения	Вид (памятник, ансамбль, достопримечательное место)	Документ принятия под государственную охрану	Техническое состояние	Правообладание	Цели использования	
Усадьба семьи Чичериных	Тамбовская область, г. Тамбов ул. Советская, 63	XIX в.	Федеральная	Ансамбль	Указ Президента РФ от 20.02.1995 г. № 176	Удовлетворительное	Собственность Тамбовской области, собственность городского округа – г. Тамбов, собственность ООО «Тиас»	Музей, жилье, предприятия торговли	
Усадьба Лукьяненко	Тамбовская область, г. Тамбов ул. Гоголя, 6	XIX в.	Федеральная	Ансамбль	Указ Президента РФ от 20.02.1995 г. № 176	Удовлетворительное	Собственность Российской Федерации, (оформлено право пользования)	Музей	
Усадьба М. В. Асеева	Тамбовская область, г. Тамбов ул. Набережная, 22	1906 г.	Федеральная	Ансамбль	Указ Президента РФ от 20.02.1995 г. № 176	Удовлетворительное	Собственность Российской Федерации, (оформлено право пользования) собственность ОАО «Тамбовкурорт»	Музей, организация здравоохранения	
Усадьба «Караул», в которой в 1872 г. Родился и жил нарком иностранных дел Чичерин Георгий Васильевич	Тамбовская область, Инжавинский район, с. Караул	XIX в.	Федеральная	Ансамбль	Постановление Совмина РСФСР от 04.12.74 г. № 624	Неудовлетворительное	Собственность Российской Федерации (оформлено право пользования на здание церкви)	Не используется	
Усадьба Воронцовых-Дашковых «Новотомниково»	Тамбовская область, Моршанский район, с. Новотомниково	XIX в. – нач. XX в.	Федеральная	Ансамбль	Указ Президента РФ от 20.02.1995 г. № 176	Неудовлетворительное	Собственность Российской Федерации (оформлено право пользования на здание церкви и конюшни с манежем)	Конезавод, церковь, основная часть объектов входящих в состав памятника не используется	

Усадьба, в которой в 1890 – 1917 гг. Весной и летом жил и работал Рахманинов Сергей Васильевич	Тамбовская область, Уваровский район, д. Ивановка	XIX в. – нач. XX в.	Федеральная	Ансамбль	Постановление Совмина РСФСР от 04.12.74 г. № 624	Удовлетворительное	Собственность Тамбовской области (оформлено право пользования)	Музей	
Усадьба М. А. Турчаниновой	Тамбовская область, г. Тамбов, ул. М. Горького, 41	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Постановление администрации Тамбовской области № 280 от 10.08.93 г.	Неудовлетворительное	Собственность городского округа – г. Тамбов, частная собственность	Жилье	
Городская усадьба Ефанова. Главный дом	Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Ленинградская, 54	Нач. XX в.	Региональная	Памятник	Постановление администрации Тамбовской области № 280 от 10.08.93 г.	Неудовлетворительное	Собственность городского округа – г. Тамбов, частная собственность	Жилье	
Усадьба городская	Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Интернациональная, 30	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Постановление администрации Тамбовской области № 280 от 10.08.93 г.	Удовлетворительное	Частная собственность	Офис, магазины	
Городская усадьба. Главный дом	Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Носовская, 16	Нач. XX в.	Региональная	Памятник	Постановление администрации Тамбовской области № 280 от 10.08.93 г.	Удовлетворительное	Собственность городского округа – г. Тамбов	Жилье	
Городская усадьба Белова. Главный дом	Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Сергеева-Ценского, 63	XIX в.	Региональная	Памятник	Постановление администрации Тамбовской области № 280 от 10.08.93 г.	Неудовлетворительное	Собственность городского округа – г. Тамбов,, частная собственность	Жилье	
Усадьба купца Егорова	Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Комсомольская, 32	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Решение Тамбовского облисполкома № 293 от 03.11.89 г.	Неудовлетворительное	Собственность городского округа – г. Тамбов,, частная собственность	Жилье	
Усадьба купца Аносова	Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Советская, 66	Нач. XX в.	Региональная	Ансамбль	Решение Тамбовского облисполкома № 293 от 03.11.89 г.	Удовлетворительное	Собственность Тамбовской области (оформлены договора пользования)	Размещены органы государственной власти	

Усадьба инженера Т. А. Сверчевского	Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Советская, 70	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Решение Тамбовского облисполкома № 293 от 03.11.89 г.	Неудовлетворительное	Частная собственность	Офисы, предприятия торговли, жилье	
Усадьба губернатора Булгакова	Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Рахманинова, 1-3	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Постановление администрации Тамбовской области № 280 от 10.08.93 г.	Удовлетворительное	Собственность Российской Федерации	Не используется	
Усадьба видного общественного деятеля князя Ищеева	Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Лермонтовская, 28-30	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Постановление администрации Тамбовской области № 280 от 10.08.93 г.	Удовлетворительное	Собственность городского округа – г. Тамбов,, частная собственность	Жилье, детская спортивная школа	
Усадьба «Усово». Место усадьбы В. С. Шиловского, где в период с 1871 – 1876 гг. работал П. И. Чайковский	Тамбовская область, Бондарский район, с. Усово	XIX в.	Региональная	Памятник	Постановление администрации Тамбовской области № 280 от 10.08.93 г.	Удовлетворительное	Земельный участок находится в муниципальной собственности	Не используется	
Усадьба «Знаменка», где летом 1869 г. Работал художник Ф. А. Васильев, жил писатель Ксавье де Местр	Тамбовская область, р.п. Знаменка, ул. Парковая, 1	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Постановление администрации Тамбовской области № 280 от 10.08.93 г.	Удовлетворительное	Собственность Знаменкого района Тамбовской области	Отделение пенсионного фонда, отдел ЗАГС, музей	
Усадьба городская	Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Советская, 312	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Решение Тамбовского облисполкома № 293 от 03.11.89 г.	Удовлетворительное	Собственность городского округа – г. Мичуринск оформлен договор пользования	Учреждение здравоохранения	
Усадьба городская	Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Филиппова, 49-53	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Решение Тамбовского облисполкома № 293 от 03.11.89 г.	Неудовлетворительное	Собственность городского округа – г. Мичуринск, частная собственность	Жилье	
Усадьба городская Тушевых	Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Красноармейская, 15	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Решение Тамбовского облисполкома № 261 от 05.11.91 г.	Неудовлетворительное	Собственность городского округа – г. Мичуринск, частная собственность	Жилье	

Усадьба городская	Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Марата 149-151	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Решение Тамбовского облисполкома № 261 от 05.11.91 г.	Неудовлетворительное	Собственность городского округа – г. Мичуринск, частная собственность	Жилье	
Усадьба городская Жданова. Главный дом	Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Украинская, 88-90	XIX в.	Региональная	Памятник	Решение Тамбовского облисполкома № 261 от 05.11.91 г.	Удовлетворительное	Собственность городского округа – г. Мичуринск, частная собственность	Жилье	
Усадьба А. М. Герасимова. Главный дом	Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Герасимова, 88	XIX – нач. XX в.	.Региональная	Памятник	Решение Тамбовского облисполкома № 513 от 05.12.79 г.	Удовлетворительное	Собственность Тамбовской области, оформлен договор пользования	Музей	
Городская усадьба	Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Красноармейская/ Интернациональная, 23-27/107	XIX – нач. XX в.	Региональная	Ансамбль	Решение Тамбовского облисполкома № 513 от 05.12.79 г.	Неудовлетворительное	Собственность городского округа – г. Мичуринск, частная собственность	Жилье	
Усадьба городская	Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Гагарина, 18	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Решение Тамбовского облисполкома № 293 от 03.11.89 г.	Неудовлетворительное	Собственность городского округа – г. Мичуринск, оформлен договор пользования	Учреждение образования (школа)	
Усадьба городская Блазниной	Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Милиционная, 10	Нач. XX в.	Региональная	Ансамбль	Решение Тамбовского облисполкома № 293 от 03.11.89 г.	Удовлетворительное	Собственность городского округа – г. Мичуринск, частная собственность	Жилье	
Усадьба городская	Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Набережная, 138	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Решение Тамбовского облисполкома № 293 от 03.11.89 г.	Неудовлетворительное	Собственность городского округа – г. Мичуринск, частная собственность	Жилье	
Усадьба городская	Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Революционная, 86-88	XIX в.	Региональная	Ансамбль	Решение Тамбовского облисполкома № 293 от 03.11.89 г.	Удовлетворительное	Собственность Российской Федерации, оформлен договор пользования	Административное здание управления УВД	

Усадьба городская	Тамбовская область, г. Моршанск, ул. Ленина, 71-73	XIX в.	Региональ-ная.	Ансамбль	Постановление администрации области № 280 от 10.08.93 г.	Неудовлетво-рительное	Собственность городского округа – г. Моршанск, частная собственность	Жилье	
Городская усадьба	Тамбовская область, г. Моршанск, пл. Октябрьская, 26 и 26а	XIX в.	Региональ-ная	Ансамбль	Постановление администрации области № 280 от 10.08.93 г.	Удовлетвори-тельное	Собственность городского округа – г. Моршанск, частная собственность	Жилье, предприятия торговли	
Городская усадьба. Главный дом	Тамбовская область, г. Моршанск, ул. Октябрьская, 14	XIX в.	Региональ-ная	Памятник	Постановление администрации области № 280 от 10.08.93 г.	Неудовлетво-рительное	Собственность городского округа – г. Моршанск, частная собственность	Жилье	
Городская усадьба. Главный дом	Тамбовская область, г. Моршанск, ул. Советская, 18	XIX в.	Региональ-ная	Памятник	Постановление администрации области № 280 от 10.08.93 г.	Не удовле-творительное	Собственность городского округа – г. Моршанск, частная собственность	Жилье	
Усадьба фабриканта В. Т. Асеева	Тамбовская область, г. Рассказово, ул. Совхозная, 1	Нач. XX в.	Региональ-ная	Ансамбль	Решение Тамбовского облисполкома № 513 от 05.12.79 г.	Удовлетвори-тельное (главный усадебный дом), не удовлетво-рительное (конюшня и др. хозяй-ственные постройки))	Собственность Российской Федерации и ОАО ППЗ «Арженка»	Не исполь-зуется	
Памятное место. Усадьба Боратынских «Мара», где родился поэт Е. А. Боратынский	Тамбовская область, Уметский район, с. Софьинка	XIX в.	Региональ-ная	Памятник	Решение Тамбовского облисполкома № 570 от 26.12.76 г.	Удовлетвори-тельное	Земельный участок находится в муниципальной собственности	Не исполь-зуется	

Условные обозначения к приведенной выше таблице усадеб:

 – ансамбль;  – памятник;  – городская усадьба.

Список использованных источников

1. Белов А. Н. Усадьбы Тамбовской губернии: история, архитектура, путеводитель / А. Н. Белов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. ун-та, 2012.
2. Березина, Г. А. Архитектурное наследие Узунского уезда Тамбовской губернии / Г. А. Березина. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. ун-та, 2008.
3. Бессонова, В. Н. Владения графов Толстых в Тамбовской губернии / В. Н. Бессонова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. ун-та, 2005.
4. Голованев, Д. П. Архитектурная беллетристика Русской Православной Церкви в Тамбовской губернии / Д. П. Голованев. – М. : Изд-во «Мастерская Грамотеева», 2014.
5. Гуляев, В. М. Тамбовские поместья декабристов / В. М. Гуляев. – М. : Изд-во «Рига-Ринг-Д», 2009.
6. Дуброва, В. А. Село в культурно-исторической памяти русского народа / В. А. Дуброва. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. ун-та, 2010.
7. Захарова, Л. Н. К 125-летию Тамбовской архитектурной школы / Л. Н. Захарова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. ун-та, 2017.
8. Иванов, В. А. Культурно-историческое наследие Тамбовской губернии / В. А. Иванов. – Тамбов : Тип. Губ. правления, 1899.
9. Круглова, Л. М. Сельские усадьбы Тамбовщины / Л. М. Круглова. – М. : Изд-во «Мастерская Грамотеева», 2015.
10. Лупанов, В. Н. Знаменитые места Тамбовской губернии / В. Н. Лупанов. – М. : Изд-во «Мастерская Грамотеева», 2011.
11. Мельников, И. В. Деревянные архитектурные памятники Тамбовской губернии / И. В. Мельников. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. ун-та, 2013.
12. Никольский, М. В. История и архитектурные памятники Тамбова / М. В. Никольский. – М. : Изд-во «М-лес», 1993.
13. Смагин, М. А. Усадьбы и дворцы Тамбовской губернии / М. А. Смагин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. ун-та, 2002.
14. Фомин, В. А. Материалы для исследования архитектуры Тамбова и Тамбовского края / В. А. Фомин. – Тамбов : Тип. Губ. правления, 1904.
15. Яценко, Т. В. Архитектурно-художественное наследие Тамбовской губернии: состояние и перспективы сохранения / Т. В. Яценко. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. ун-та, 2018.

УДК 711.4; 728.03
67.07.11: Национальные особенности архитектуры

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНИРОВКИ И АРХИТЕКТУРЫ СОЛОМБАЛЫ

Кокорина Ольга Геннадьевна
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», доцент кафедры Архитектурного проектирования

Петченко Иван Сергеевич
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», студент
e-mail: pppttccchhh@mail.ru

Чугреева Юлия Андреевна
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», студент
e-mail: julia_andreeva15@mail.ru

Введение. Соломбала – исторический район Архангельска, расположенный в дельте Северной Двины. Его уникальное географическое положение, связь с морской историей России и характерная архитектура делают его объектом повышенного интереса для градостроителей, архитекторов и исследователей культурного наследия. Однако в условиях современной урбанизации и деградации промышленной инфраструктуры район сталкивается с рядом вызовов. [1]

Цель настоящего исследования – выявить и проанализировать идентификационные характеристики архитектурного и планировочного облика Соломбалы, обосновать их значимость и предложить пути интеграции исторических особенностей в современную градостроительную практику. Задачи исследования включают: проведение историко-архитектурного анализа; систематизацию морфотипов застройки; выявление признаков локальной идентичности; формулирование подходов к сохранению и развитию территорий с учетом исторического контекста.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта СПбГАСУ на 2025 год.

Историко-архитектурный контекст Соломбалы. Первое упоминание о Соломбале относится к 1471 году. Уже в XVII веке здесь начали селиться корабелы и рыбаки. По некоторым сведениям, монастырь святого Михаила Архангела находился первоначально именно в Соломбале, на Моисеевом острове. В 1693 году по указу Петра I было основано адмиралтейство. С этого момента начинается интенсивное развитие района как судостроительной и промышленной слободы [2].

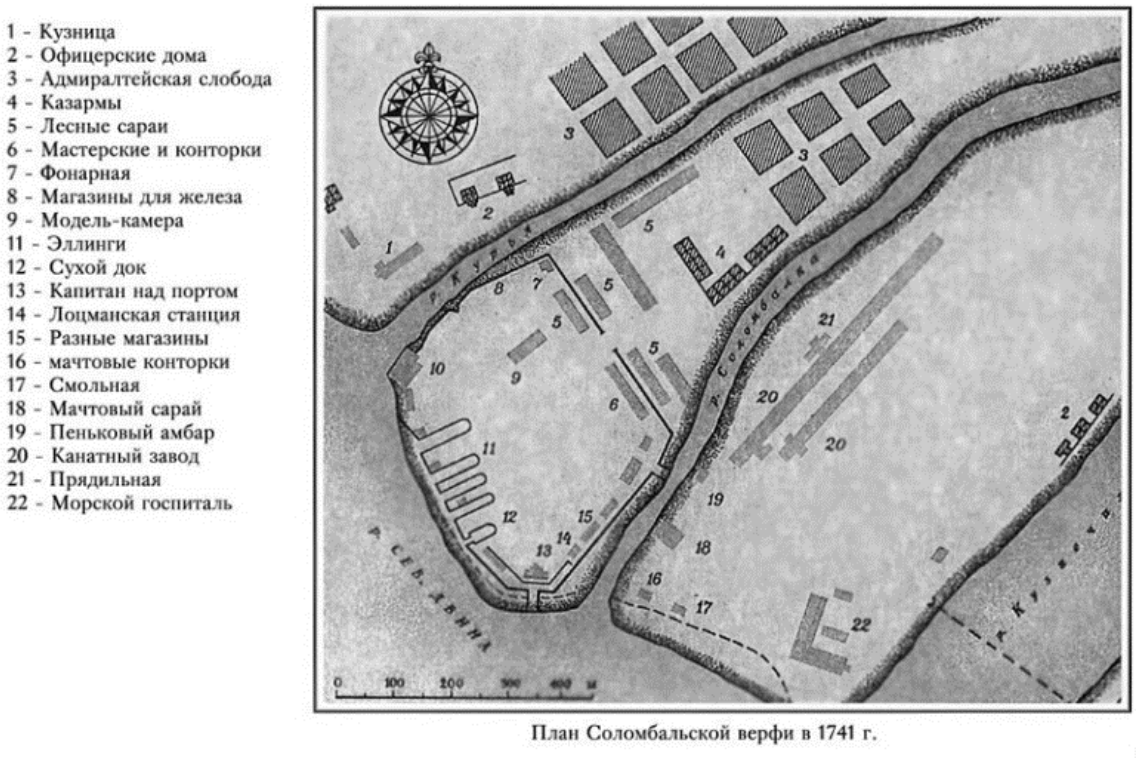


Рис. 1. План Соломбальской верфи в 1741 г.

В XIX веке Соломбала становится ключевым промышленным ядром с развитой инфраструктурой: храмы, школы, верфи, деревянные кварталы индивидуальной застройки. После революции район превращается в рабочую зону с активной застройкой многоквартирными домами. В 1930 году с территории района началось освоение Северного морского пути. Во время Великой Отечественной войны помимо судоремонтных работ Северного морского пароходства, судов Беломорской флотилии, судов союзников, завод изготовлял продукцию для фронта: аэросани, бомбы, мины, гранаты. Работники завода привлекались на разгрузку судов союзников, на сооружение оборонительных объектов [1]. Послевоенные десятилетия реализуются градостроительные стратегии по уплотнению и модернизации среды, что привело к уничтожению части исторической застройки (рис. 2).



Рис. 2. Стратегия развития Соломбалы. 1960 г.

С начала 1990-х годов район Соломбала переживает спад: разрушаются предприятия, снижается плотность населения, застройка становится хаотичной, теряется историческая идентичность. Однако усилия по сохранению наследия, культурные инициативы и интерес к северной архитектуре создают потенциал для реновации.

Район стал связан с Архангельском только в 1956 году, тогда был построен Кузнечевский мост. До этого Соломбала была изолирована от материка, люди переплывали реку на пароме и на лодках. Переправы не существовало из-за ледохода и загруженности реки. По сей день район с Архангельском связывает только один мост [3].

Благодаря историко-архитектурному контексту можно проследить, как менялась Соломбала на протяжении нескольких веков. Из этого можно сделать вывод, что неизменными факторами среды района являются:

- Преимущественно деревянная застройка;
- Среда, формирующаяся кварталами, в советские времена – микрорайонами;
- Промышленный контекст, связанный с кораблестроением и судоремонтом;
- Изолированность от Архангельска.

Анализ градопланировочных и архитектурных особенностей городской среды. Планировочная структура Соломбалы сложна: она сочетает следы регулярной сетки XVIII–XIX веков, фрагменты дореволюционной и советской застройки, а также современную, занимающую освобождаемые от ветхого жилья территории, эти участки освобождаются и застраиваются вне единой стратегии. Выделяются следующие типы застройки:

- Деревянная линейная – индивидуальные жилые дома вдоль улиц, часто с амбарами и хозяйственными постройками. Типичная для дореволюционного периода.
- Барачная 1920-х годов – малоэтажная застройка с интеграцией магазинов и общественных функций (рис. 3).
- Советская строчная 1960 – 1980-х годов – среднеэтажные дома с ориентацией на формирование микрорайонов.
- Современная квартальная – многоэтажная застройка, нередко выходящая за пределы исторических красных линий (рис. 4).



а) *б*)

Рис. 3. Застройка Соломбалы. Барачная (*а*) и деревянная (*б*)



а) *б*)

Рис. 4. Застройка Соломбалы. Советская (*а*) и современная (*б*)

Архитектура района формировалась под воздействием природных и экономических факторов: изобилие древесины предопределило распространение деревянных конструкций, климатические условия способствовали созданию плотной, теплосберегающей застройки. Традиционные деревянные дома сочетали в себе множество функций в одном объеме из-за постоянных морозов. Под одной крышей располагались: хлев, конюшня, сеновал, сарай и сама жилая часть дома. Для деревянной архитектуры характерны простые геометрические мотивы, декор в виде «елочки», пилястр, горизонтальных тяг и узких окон.

Дореволюционная архитектура характеризуется природными мотивами, простыми формами и узкими окнами. Этому послужили расцвет Северного модерна, наличие кирпичных заводов и природные факторы. Идентичность советской архитектуры характеризуется треугольными балконами, которые дают дополнительный свет жителям, чьи окна выходят на северную сторону.

Идентичностью района являются склады и бревна, сплавляемые по реке. Одна треть Соломбалы была занята складскими помещениями и штабелями, территория была настолько большой, что с птичьего полета до сих пор видно, их планировочную структуру. После Великой Отечественной войны, надобность в хранении такого количества дерева отпала, склады разобрали, а оставшуюся часть приспособили под Соломбальскую судоверфь.

Лесозаготовочные предприятия для удобства вывоза леса привязывали бревна и скидывали в реку. Позже их сплавляли по реке и перевозили в другие города. Бревна штабелировались, хранились, далее перерабатывались. Сейчас, рассматривая эту промышленную историю места, мы можем отнести эту особенность к разряду идентификационных характеристик Соломбалы.

Для создания новой концепции жилых территорий можно воспользоваться контурами и модульностью сохранившейся планировочной структуры штабелированного леса, считываемой с высоты птичьего полета.

Анализ качества городской среды. Для более глубокого понимания качества городской среды была составлена табл. 1 общественных пространств Соломбалы.

1. Общественные пространства Соломбалы

Пространство	Соломбала	Проблемы
Город исторический	Один из старейших районов Архангельска. Здесь находились Адмиралтейство, Соломбальская верфь, старинные храмы и деревянная застройка XVIII–XIX вв.	Нарушена историческая сетка кварталов. Главные пространства представлены асфальтовыми площадями, что не дает реализовать их общественную функцию
Город природный	Расположен на островах в дельте Северной Двины. Рядом – лесные массивы, устье реки Кузнечиха. Частично сохраняется природный ландшафт	Плохая доступность дальних островов и Новодвинской крепости. Вырубка лесов и загрязнение рек
Город событийный	Локальные мероприятия (ярмарки, праздники района), выступления творческих коллективов в ДК Соломбала-Арт. Упоминается проект «Поморский коч» – восстановление традиционного судна, участие в культурных инициативах	Мало пространств для проведения мероприятий, также недостаточно арт. пространств для молодежи
Город мифологический	Соломбала – район-контраст: «Архангельск старый», «Город рабочих», «Затерянный остров». Образ места, где «время остановилось» – с сильным ностальгическим фоном	Соломбала не поддерживает мифы о себе. Нет мест, где рассказывается о мифах района. Такие стенды привлекут больший интерес к Соломбале
Город рекреационный	Прогулочные маршруты вдоль реки, рыбалка, катания на лодках, дачные участки поблизости	Нет связанности пространств. Сломана структура зеленого каркаса
Город ночной	Минимальное число вечерних точек притяжения. Несколько магазинов с круглосуточным режимом	Вечером не все улицы освещаются, магазины не работают. Ночью небезопасно
Город сервисный	Магазины у дома, аптеки, школы, поликлиника. Крупных ТЦ и развитой сферы развлечений нет. Население ориентировано на базовые сервисы	Не задействованы первые этажи домов. Почти все магазины и аптеки находятся в отдельных зданиях
Город виртуальный	Локальные группы в ВКонтакте, в том числе «Соломбала Live» и районные чаты. Пользуются популярностью среди молодежи и активистов	Слабое освещение района в медийном пространстве

Общественное пространство – это место скопления людей или их движения по тем или иным направлениям. Необходимо, чтобы каждое пространство выполняло определенные функции, такие как: созерцание, защищенность и комфорт. Только при условии выполнения всего перечня принципов общественных пространств можно сделать удобную и безопасную среду для проведения досуга, как молодого населения, так и пожилого [4].

Из таблицы 1 видно, что общественные пространства Соломбалы малочисленны. Для того чтобы решить эту проблему, необходимо включить архитектурное окружение в функционирование общественных пространств путем создания комфортной городской среды, удобной для всех жителей района. Также важно создать кластеры пространств для непрерывного безопасного перемещения по разным направлениям.

Анализ природного потенциала. Соломбала окружена речными протоками, что создает приморский колорит. Район разделен на острова: Большая Соломбала, Мосеев остров, Бревенник, Хабарка. На териитории расположены парки Северный и Кемский берег. У Соломбалы есть шанс стать отправным пунктом на острова устья Северной Двины. Возможны маршруты до Новодвинской крепости, Кий острова, Северодвинска, также возможны прогулки по реке и выход в Белое море. Пример такого отправного пункта – Сортавала, откуда можно отправиться в Рускеалу на поезде или на Валаам на пароходе.

Принципы интеграции и сохранения исторических объектов в современную застройку Соломбалы. На основе полученных данных были предложены принципы, учитывающие особенности территории, сохранение и восстановление утраченного архитектурного наследия, включая предложения по реконструкции, а также принципы нового строительства, соответствующие местным традициям и современным требованиям к городской среде.

Градостроительные принципы:

- восстановление целостности кварталов;
- уплотнение внутренних дворов кварталов путем создания современной идентичной архитектуры;
- создание общественных кластеров;
- создание непрерывного зеленого каркаса.

Архитектурные принципы:

Проект основан на принципе контекстного проектирования, при котором современные объекты адаптируются к исторической среде как по масштабам, так и по материалам.

- соблюдается высотный регламент исторической застройка;
- использование материалов, характерных для существующей среды: натуральное дерево, кирпич;
- в контексте современных приемов использовать темные, сдержанные покрытия, визуально перекликающиеся с традиционной поморской архитектурой.

Форма объектов не копирует, но цитирует элементы утраченного архитектурного языка, особенно в ключевых визуальных точках, таких как восстановление доминанты по оси исчезнувшего объекта. На месте взорванного Соломбальского Морского собора стоит уже другая церковь, отличающаяся по архитектуре от предшествующей. Если смотреть с набережной Архангельска, то видно, что район потерял все доминанты. Есть промышленное здание с башней, которое стоит на одной оси с взорванным храмом. Это позволяет восстановить доминанту исчезавшего объекта без фактического восстановления церкви. Такой принцип создает образную преемственность и восстанавливает пространственную и визуальную иерархию.

Климатические условия требуют особых решений: устойчивость к подтоплениям обеспечивается либо засыпкой берега, либо использованием свайных конструкций. Все здания проектируются с учетом морозостойкости и влагостойкости материалов.

Социальное и экономическое значение

Концепция должна отражать выраженный общественный характер:

- формирует новый общественный центр района;
- предлагает рабочие места в сфере туризма, культуры, торговли, логистики;
- создает точку притяжения для молодежи и новых форм досуга;
- запускает культурные процессы – от лекций и экскурсий до фестивалей и ремесленных событий;
- обеспечивает улучшение качества жизни за счет благоустройства и городской среды.

Концептуальные предложения:

- Общественная набережная как связующее городское пространство – с пешеходными маршрутами, зонами отдыха, навигацией и видами на реку.
- Пешеходный мост на Моисеев остров, обеспечивающий визуальную и функциональную связанность острова с Соломбальской частью.
- Культурно-общественный центр на острове – объект, сочетающий функции музейной экспозиции, мастерских, гастрономического павильона, пространства для лекций, выставок и событий. Архитектурно объект напоминает преобразованные индустриальные пространства (вдохновением служит Севкабель Порт), но в меньшем масштабе.
- Павильоны для питания, торговли, ремесленных мастерских – интегрированные в природную среду, с использованием локальных материалов и сохранением масштабности.
- Малый портовый причал для речного транспорта – как элемент устойчивой транспортной связи и возможный импульс к развитию речного туризма.

Предлагаемое развитие территории может стать основой для формирования локального туристического маршрута и важным элементом культурной карты Архангельска, возрождая интерес к историческим районам города и стимулируя инвестиции в северные прибрежные территории.

Заключение. Соломбала представляет собой уникальный пример территории, где природные, исторические и культурные слои взаимодействуют в едином пространстве. Потенциал района к трансформации не исчерпан – напротив, он становится особенно актуален в эпоху переосмысления урбанистических подходов и усиления интереса к локальной идентичности.

Через комплексное исследование, выявление ключевых характеристик среды и реализацию проектных решений, есть возможность создать концепцию, отражающую принципы. Уважение к истории, чуткость к контексту и архитектурная выразительность – основа будущего этой территории.

Список использованных источников

1. Архангельская область / А. А. Белов, М. Г. Шарце и др. // Большая российская энциклопедия. Электронная версия. – 2016. – URL : https://old.bigenc.ru/ geography/text/1832575 Дата обращения: 18.05.2025
2. Соломбала: история и историческая память: сборник материалов городской молодежной конференции / Муниципальное учреждение культуры городского округа «Город Архангельск» «Централизованная библиотечная система» ; сост. А. С. Юницына, ред. Т. Н. Задорина. – Архангельск, 2022. – 53 с.
3. Поморская энциклопедия : в 5 т. / Администрация Арханг. обл., Архангельск. обл. собрание депутутов, Ломоносов. фонд, Помор. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова ; гл. ред. Н. П. Лаверов. – Архангельск : Изд-во Поморского ун-та, 2001. – Т. 1 : История Архангельского Севера : энциклопедия / гл. ред. В. Н. Булатов ; сост. А. А. Куратов. – 2001. – 483 с.
4. Кокорина, О. Г. Характерные особенности общественных пространств исторических городов на примере Флоренции и Санкт-Петербурга / О. Г. Кокорина, Д. А. Зиненков // Современные общественные пространства как инструмент развития городской среды : материалы II Межрегиональной науч.-практ. конференции, Санкт-Петербург, 02–03 апреля 2020 года. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – С. 14 – 19.

УДК 72.728
67.29.29: Жилые здания

СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ КЛУБНОГО ДОМА: ОБЩЕНИЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Кравчук Екатерина Игоревна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: kravchukkaty@mail.ru

Леденева Галина Леонидовна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат архитектуры, профессор кафедры «Архитектура»
e-mail: ledeneva27@yandex.ru

Клубный дом – инновационная форма жилья, которая становится все более популярной среди молодых людей и представителей креативных профессий. Они представляют собой современные жилые комплексы, где обитатели делятся общими пространствами, услугами и интересами, создавая уникальное сообщество и атмосферу. Коливинг в клубных домах подразумевает не только совместное проживание, но и активное взаимодействие между жильцами, проведение различных мероприятий, обмен опытом и знаниями. В статье рассмотрены особенности клубных домов как формы коливинга, их преимущества и недостатки, а также влияние данного явления на развитие городской среды и социальные отношения.

Одним из основных преимуществ клубных домов является возможность формирования активного сообщества. Жители таких комплексов часто имеют схожие интересы и ценности, что способствует быстрому налаживанию контактов и дружеских связей. Объединяющие пространства, такие как переговорные, бассейны, спортзалы и зеленые зоны, создают условия для встреч и общения, что способствует укреплению социальных связей. Существующие клубные дома различаются набором общих помещений, в зависимости от концепции проекта. Клубные дома часто предлагают жильцам дополнительные услуги и удобства, такие как фитнес-центры, коворкинг-пространства, кафе и рестораны. Это создает экономические преимущества, так как жильцы могут получать доступ к различным услугам, не покидая территории комплекса.

Так, например, клубный дом «Саввинская 27» в Москве – это 6-этажный комплекс делюкс-класса с богатой собственной инфраструктурой на основе апартаментов, поддерживающий определенный образ жизни. Здесь есть все для здоровья, красоты, работы и отдыха. В распоряжении резидентов комплекса на первом этаже находится библиотека с дровяным камином, бизнес-лаунж с отдельными переговорными, зимний сад с лаунджзоной. На крыше расположена уютная терраса с видом на реку. Для маленьких жителей резиденции предусмот-

рена просторная детская комната с выходом во внутренний двор. В здании запроектирован оздоровительный комплекс с 25-метровым бассейном, тренажерным залом, залом для занятий йогой или пилатесом. Также в доме присутствует джакузи, сауна, хаммам, русская баня и купель. Еще одно преимущество резиденции – собственный салон красоты и спа премиум-класса с широким набором процедур, который также будет доступен для внешних посетителей. На первом этаже резиденции расположен ресторан с открытой летней террасой, где можно не только перекусить, но и провести семейные торжества и деловые встречи.

Еще один пример, дом клубного типа «SHIFT» – жилой квартал премиум-класса в Донском районе Москвы рядом с Нескучным садом. SHIFT – объект, где созданы все условия для мгновенного переключения в состояние неспешности, защищенности и спокойствия. Квартиры с панорамными окнами и террасами, п риватный двор-парк, клубная инфраструктура только для резидентов, частная школа и детский сад – все это составляющие современного жилого дома, который меняет привычный взгляд на жизнь в центре города.

Помимо наличия общих зон, в клубных домах планируются разнообразные мероприятия, такие как мастер-классы, спортивные соревнования и культурные события, встречи. Совместные активности помогают людям лучше узнать друг друга, находить общие интересы и формировать дружеские связи, способствуют укреплению отношений.

Клубные дома привлекают жильцов разных профессий и разного возраста, что создает многообразие и инклюзивность. Это позволяет людям обмениваться культурным опытом, общаться и расширять свой кругозор. Разнообразие жильцов может обогащать сообщество и способствовать созданию уникальной атмосферы, где каждый чувствует себя комфортно.

Помимо плюсов, жизнь в клубном доме может иметь свои недостатки. Например, высокая стоимость квартир – один из наиболее значимых факторов. Аренда или покупка квартиры в обычном доме представляется более выгодным вариантом. Высокие расходы на содержание квартир в доме клубного типа, включая коммунальные услуги, обслуживание, функционирование общих зон и другие сборы, ограничивает контингент желающих проживать в таком доме. Кроме того, могут возникнуть сложности и со сменой владельцев квартир, если не будут прописаны некоторые правила взаимодействия людей в коливинге. Жизнь в сообществе неизбежно сопровождается более или менее жесткими условиями и ограничениями, которые могут варьироваться в зависимости от программы конкретного комплекса. Они могут касаться правил проживания, использования общих зон, наличия домашних животных, формата жизни сообщества и других аспектов, что может не всеми приниматься. В некоторых клубных домах могут прописываться ограничения на изменения характера пространства, стилистики для согласования общей эстетической концепции дома.

Таким образом, клубный дом – это не просто комфортное жилье, но и портрет сообщества со своими инструментами управления и организации взаимодействия как внутри, так и с внешним миром. Жилье повышенной социальной ответственности. Социальные аспекты здесь учитываются и прорабатываются на стадии разработки проекта. Сама идея не нова. Достаточно вспомнить антидом Рикардо Боффила, известного испанского архитектора – автора множества новаторских социальных проектов, как, например, «Маргинальный дом». Этот дом был построен в 1960-х годах в дали от городской инфраструктуры, в пригороде Барселоны. По задумке автора, призван был обратить внимание общественности на то, как среда формирует человека. Кроме того, сам дом был построен в контексте определенных социальных и культурных изменений. В то время, когда многие архитекторы следовали строгим канонам и рационализму, Бофилл выбрал путь экспериментирования и поиска новых форм. Это стремление к самовыражению и отход от традиционных норм и стало причиной, по которой его дом был воспринят как «маргинальный». «Маргинальность» также относится к тому, как дом способствует формированию сообществ и взаимодействию между людьми. Бофилл создавал пространства, которые способствовали общению и социальной активности, что было важно для формирования связей между жителями. Он часто организовывал различные культурные мероприятия, такие как выставки, концерты и мастер-классы. Это позволяло жильцам не только развлекаться, но и обмениваться идеями и опытом. Дом был местом, где могли сосредоточиться художники, архитекторы и творческие личности. Это создавало уникальную среду для совместной работы и обмена идеями. Архитектор стремился создать пространство, которое не только удовлетворяет функциональные потребности, но и вдохновляет людей на общение и совместное творчество. Таким образом, «маргинальный» дом Рикардо Бофилла стал символом стремления к индивидуальности, социальной связи и экологии, акцентируя внимание на взаимодействие человека с окружающей средой и обществом.

Список использованных источников

1. Иванова, Е. П. Особенности проектирования жилых домов клубного типа / Е. П. Иванова, Н. В. Семенова, Н. П. Султанова // Студент и наука. – 2023. – № 4(27). – С. 11 – 18.

2. Идиатулин Амир: «Коливинг вовсе не коммуналка» // archi.ru: [сайт]. – URL : https://archi.ru/russia/83714/amir-idiatullinkoliving-vovse-ne-kommunalka (дата обращения: 20.10.2024).

3. Завтра наступит сегодня / Л. Качмарчик и др. – М. : Parva Forma, 2019. – 176 с.

4. Клочко, А. Р. Архитектура клубных домов Москвы / А. Р. Клочко, Е. А. Ларкина // Строительство: наука и образование. – 2024. – Т. 14, Вып. 2. – С. 95 – 112. – URL : http://nso-journal.ru. (дата обращения: 13.02.2025).

5. Тарабарина, Ю. Что будет с жильем? / Ю. Тарабарина // archi.ru: [сайт]. – URL : https://archi.ru/russia/83404/chto-budet-s-zhilem (дата обращения: 20.10.2024).

УДК 712+721
67.25.25: Благоустройство населенных мест. Зеленое строительство

АСПЕКТ ИНФОРМАТИВНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «УНИВЕРСАЛЬНОГО ДИЗАЙНА»

Кузнецов Илья Вячеславович
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», преподаватель кафедры градостроительства, аспирант кафедры градостроительства
e-mail: elias96@mail.ru

Введение. Одним из важнейших аспектов формирования универсальной городской среды является ее информативность. В соответствии с российскими нормативами критерий информативности занимает третье место в порядке приоритетов по степени значимости после доступности и безопасности (СП 31-102-99 «Требования доступности общественных зданий и сооружений для инвалидов и других маломобильных посетителей»). Однако, стоит понимать, что без должного уровня информативности среда не может считаться в том числе и в полной мере безопасной, а также комфортной [1]. Недостаточный уровень информативности может затруднять ориентацию в пространстве, провоцировать чувство дезориентации и тревожности у различных групп пользователей, в том числе у пожилых людей, детей и иностранных граждан, не владеющих или ограниченно владеющих местным языком. Отсутствие четких, понятных и доступных информационных сигналов способно привести к ошибочным действиям в городской среде, что в отдельных случаях несет прямую угрозу жизни и здоровью. В этом контексте информативность становится не только самостоятельным требованием, но и необходимым условием реализации других основных принципов универсального дизайна [2, 3].

Важным элементом информативности является логичность и последовательность размещения информационных объектов. Система навигации должна быть интуитивно понятной, избегать избыточности и обеспечивать поддержку пользователя на протяжении всего маршрута. Современный подход к обеспечению информативности предполагает системную организацию визуальной, звуковой и тактильной информации, ориентированной на широкий спектр пользователей. Средства информации в зависимости от способа ее восприятия могут быть визуальными, акустическими (аудиальными, вербальными) и тактильными. Также ряд ученых во второй половине XX – первой половине XXI вв. проводил и продолжает проводить исследования в области влияния обонятельных ориентиров на пространственную ориентацию в городской среде, а также в области внедрения таких ориентиров в системы навигации [4 – 6].

Целью исследования является подтверждение важности информативности окружающей городской среды, как одного из четырех основных аспектов в контексте концепции «универсального дизайна». ***Задачами***, которые было необходимо решить для достижения поставленной цели, являются анализ научной и нормативно-правовой литературы в области «универсального дизайна», оценка применяемых на практике решений по повышению уровня информативности городской среды, а также обобщение сведений об аспекте информативности городской среды и методах повышения уровня ее информативности. ***Объектом*** исследования являются элементы городской среды, находящиеся на пути движения ее пользователей, в том числе представителей маломобильных групп населения, а ***предметом*** – их соответствие требованиям, предъявляемым в рамках концепции «универсального дизайна» и в рамках отечественной нормативной литературы, в том числе СП 59.13330.2020 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» и др.

Основная часть. Визуальное информирование. Визуальная информация является одним из основных каналов восприятия окружающей среды для большинства пользователей и играет ключевую роль в системе пространственной навигации [7]. Визуальная информация в окружающей среде ориентирована в первую очередь на людей, не испытывающих проблем со зрением, людей с ограничениями по зрению, людей с разным культурным, языковым и когнитивным опытом (дети, иностранцы и проч.). Непрерывная система навигации позволяет беспрепятственно ориентироваться в пространстве, а ее доступность, читаемость и интерпретируемость напрямую влияют на способность человека ориентироваться в городской и архитектурной среде, безопасно перемещаться и заблаговременно принимать необходимые решения в той или иной ситуации.

Ключевыми характеристиками эффективной визуальной информации являются высокий контраст, лаконичность и стандартизация знаков и символов, использование крупных, легко читаемых шрифтов, а также расположение указателей в визуальном доступе для пользователей. Значительное внимание должно уделяться вопросу освещенности (как естественной, так и искусственной), поскольку недостаточный уровень освещения существенно снижает уровень визуального восприятия, особенно в темное время суток или в замкнутых пространствах (например, в подземных переходах или парковках и проч.).

Для своевременного информирования о наличии на пути движения любого прозрачного объекта (например, стеклянного полотна двери или прозрачного ограждения) их необходимо оборудовать яркой контрастной маркировкой. В практике наиболее частое распространение получила желтая или зеленая маркировка. Однако, она может иметь и любой другой цвет, контрастный по отношению к окружению, например, белый [8, с. 110–111]. Примером может служить интерьер дома культуры «ГЭС-2» в Москве (рис. 1, слева). Альтернативой контрастным маркировкам в форме прямоугольника или круга могут служить иные контрастные информаторы, например, таблички, символы, эмблемы и проч. [8, с. 110–111]. В то же время следует отметить, что описанная маркировка требуется исключительно для прозрачных объектов. На практике же встречаются случаи

некорректного исполнения требований свода правил, например, когда контрастная маркировка наносится на глухие полотна дверей (рис. 1, справа). Эта же фотография иллюстрирует тот факт, что решение не отвечает требованию, где говорится, что противоскользящие полосы контрастного цвета должны присутствовать лишь на проступях краевых ступеней марша.

В качестве дополнительных средств информирования в городской среде может использоваться, например, суперграфика, обладающая свойством визуального ориентира, а также архитектурные акценты и доминанты.




Рис. 1. Примеры визуального информирования:
слева – дом культуры «ГЭС-2» по адресу: г. Москва, Болотная набережная, д. 15, корп. 1 (фото Кузнецова И. В., 2024);
справа – библиотека № 53 по адресу: г. Москва, Тенистый проезд, д. 2, корп. 1 (фото Кузнецова И. В., 2024)

Тактильное информирование. Тактильные контрастные указатели нацелены преимущественно на представителей маломобильных групп населения с ограничениями по зрению. Тактильное информирование может осуществляться за счет восприятия руками или белой тростью, а также ногами. Тактильные средства информации могут представлять собой тактильные наземные указатели (дорожные и напольные). Включение тактильных средств в городскую и архитектурную среду является неотъемлемым условием ее инклюзивности и отвечает принципам «универсального дизайна».

Тактильные наземные указатели представляют собой, в первую очередь, тактильную плитку. От типа тактильных наземных указателей зависит их назначение. Так, прямолинейные параллельные рифы предупреждают о выходе с тротуара на наземный пешеходный переход, рифы в форме усеченных конусов или куполов – о лестнице и подземном пешеходном переходе на пути движения, квадратные рифы – о светофоре или препятствии на пути движения. На практике встречаются случаи некорректного использования тактильной плитки, когда форма рифления не соответствует назначению, что может привести к дезориентации пользователей и стать фактором риска (рис. 2 и 3). Кроме того, некорректное использование тактильных указателей нарушает логику маршрута, в том числе если тактильная плитка размещена фрагментарно, с большими разрывами или в местах, не требующих ее размещения.




Рис. 2. Примеры тактильного информирования:
слева – тактильная плитка в пешеходной зоне в Саратове (фото Кузнецова И. В., 2018); тактильная плитка перед наземным пешеходным переходом в районе Раменки в Москве (фото Кузнецова И. В., 2024)




Рис. 3. Примеры тактильного информирования:
слева – тактильная плитка перед входом на стацию метро «Отрадное» в Москве (фото Кузнецова И. В., 2024);
тактильная плитка на Галактионовской улице в Самаре (фото Кузнецова И. В., 2018)



Рис. 4. Примеры тактильного информирования:
слева – тактильно-визуальная схема в кластере «Ломоносов» по адресу: г. Москва, Раменский бульвар, д. 1 (фото Кузнецова И. В., 2024); тактильные накладки на поручнях лестниц в Самарском государственном техническом университете по адресу: г. Самара, ул. Первомайская, д. 18 (фото Кузнецова И. В., 2018)

Пространства с большим скоплением людей, требующие дополнительной навигации, должны быть оборудованы в том числе тактильно-визуальными схемами [9]. Следует обратить внимание на то, что доле людей с ограничениями по зрению, потерявших способность видеть в зрелом возрасте, сложно обучиться чтению по шрифту Брайля, поэтому текст необходимо дублировать текст рельефно-точечным шрифтом (РТШ, шрифт Брайля) недостаточно, его необходимо выполнять рельефно-линейным шрифтом (РЛШ), который более прост в восприятии (рис. 4).

Тактильное информирование должно быть согласовано с остальными компонентами информационной среды – визуальными и звуковыми. Только при системной интеграции всех форм передачи информации возможно создание «универсально» городской и архитектурной среды, ориентированной на потребности и возможности лиц с различными формами сенсорных нарушений [10].

Одним из решений проблем, возникающих при укладке тактильной плитки (препятствование движению на инвалидных креслах или с детскими колясками) [11], может стать смена характера и направления мощения (рис. 5, слева).



Рис. 5. Примеры тактильного информирования:
слева – мощение вдоль проезжей части на Ярославском шоссе в Москве (фото Кузнецова И. В., 2024);
справа – приствольная решетка на пути движения пешеходов на ВДНХ в Москве (фото Кузнецова И. В., 2024)

Отдельно стоит отметить, что роль тактильных наземных указателей в ряде случаев могут выполнять приствольные решетки деревьев (рис. 5, справа).

Акустическое информирование. Визуальную и тактильную информацию в городской среде следует дублировать техническими средствами звуковой информации. Акустическое, или звуковое, информирование представляет собой важнейший компонент системы универсального дизайна городской и архитектурной среды, особенно в контексте обеспечения доступности для лиц с нарушениями зрения, а также для пользователей, находящихся в сложных или перегруженных визуальной информацией условиях. Это могут быть речевые информаторы тактильно-визуальных табличек, встроенные модули со звуковым описанием в тактильно-визуальных схемах, звуковые маяки и речевые оповещатели в местах массового скопления людей, звуковое сопровождение светового сигнала дорожных светофором и проч. [12].

Обонятельное информирование. В ряде исследований, например, ученых из Великобритании Дж. Д. Портоса (1985) [4], из Греции А. Кутсоклениса и К. Пападопулоса (2011) [5], из Германии М. Шварц и К. Хамбургера (2023) [6] развивается мысль о вспомогательной роли обоняния при ориентации в окружающем пространстве. В 1985 г. Джон Дуглас Портос для акцентирования внимания на том, что обоняние как инструмент получения информации об окружающей городской среде наряду со зрением имеет высокий потенциал, предложил термин «smellscape», который образован по аналогии с «landscape» и который можно перевести на русский как «обонятельный пейзаж» или «смелшафт». Под ним британский ученый понимает комбинацию запахов, характерных для той или иной местности [4]. Однако последующие исследования показали, что большинство пользователей среды с нарушениями зрения используют информацию, полученную посредством обоняния, лишь как вспомогательную, ориентируясь при этом в большей степени на другие органы чувств.

Выводы. Несмотря на то, что требования информативности отнесены отечественными нормами на 3 место после доступности и безопасности, важно понимать, что высокий уровень информативности способен предупредить различные травмоопасные ситуации, а значит, имеет непосредственное отношение к требованиям безопасности. Единая связная навигационная система, объединяющая визуальные, тактильные, звуковые и иные средства информирования, способна обеспечить не только высокий уровень информативности среды, но и, как следствие, высокий уровень безопасности и комфортности. В то же время, необходимо помнить о принципе «разумного приспособления» и избегать перегрузки визуально информационно-коммуникативное поле города во избежание создания «белого шума», препятствующего своевременному восприятию информации. Таким образом, информативность выступает важным показателем качества городской и архитектурной среды, который отражает степень ее адаптации к потребностям разных пользователей. Эффективная реализация этого принципа требует междисциплинарного подхода, включающего проектировщиков, дизайнеров, специалистов по эргономике, а также по информационным технологиям [13 – 15].

Список использованных источников

1. Meuser, P. Accessibility and Wayfinding / P. Meuser. – Berlin : DOM Publishers, 2019. – 416 p.
2. Жоголева, А. Универсальный дизайн / А. Жоголева, А. Тюрин, А. Ким // Архитектура и строительство России. – 2018. – № 4(228). – С. 46 – 49.
3. Мухаметзянова, А. Р. Универсальный дизайн в системе независимой оценки доступности услуг для людей с инвалидностью / А. Р. Мухаметзянова // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2025. – № 1(64). – С. 87 – 92.
4. Porteous, J. D. Smellscape / J. D. Porteous // Progress in Physical Geography: Earth and Environment. – 1985. – Vol. 9. – Iss. 3. – Pp. 356 – 378.
5. Koutsoklenis, A. Olfactory Cues Used for Wayfinding in Urban Environments by Individuals with Visual Impairments / A. Koutsoklenis, K. Papadopoulos // Journal of Visual Impairment & Blindness. – 2011. – Vol. 105. – Iss. 10. – Pp. 692 – 702.
6. Schwarz, M. Memory effects of visual and olfactory landmark information in human wayfinding / M. Schwarz, K. Hamburger // Cognitive Processing. – 2023. – Vol. 25. – Iss. 2.
7. Михеева, Е. С. Навигация в городской среде как компонент системы сопутствующего обслуживания на примере города Хабаровска / Е. С. Михеева, Н. Н. Дорофеева // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 12. – С. 193 – 198.
8. Леонтьева, Е. Г. Доступная среда и универсальный дизайн глазами инвалида. Базовый курс / Е. Г. Леонтьева. – Екатеринбург : TATLIN, 2013. – 128 с.
9. Gil-Mastalerczyk, J. Accessibility Study of Historic Buildings and Contemporary Heritage – On the Example of Kielce's Public Utility Buildings / J. Gil-Mastalerczyk, E. Gardyńska-Kieliś // Structure and Environment. – 2023. – Vol. 15. – Iss. 3. – Pp. 133 – 146.
10. Зуйков, Д. В. Особенности восприятия архитектурного пространства у людей с ограниченными возможностями здоровья / Д. В. Зуйков, Р. А. Насыбуллина // Архитектура и современные информационные технологии. – 2024. – № 3(68). – С. 88 – 101.
11. Кузнецов, И. В. Аспект доступности городской среды в рамках концепции «универсального дизайна» / И. В. Кузнецов // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы X Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 45-летию ИАСТ ТГТУ, Тамбов, 13–14 июня 2024 года. – Тамбов : ТГТУ, 2024. – С. 218 – 221.
12. Zhang, S. Evaluation of the Visually Impaired Experience of the Sound Environment in Urban Spaces / S. Zhang, K. Zhang, M. Zhang, X. Liu // Frontiers in Psychology. – 2022. – Vol. 12. – Pp. 731693.
13. Могильников, И. А. Интеллектуальная система поддержки перемещения людей с ограниченными возможностями здоровья по зрению в условиях городской среды / И. А. Могильников, В. С. Ильин, В. И. Терехов // Аллея науки. – 2017. – Т. 1, № 15. – С. 780 – 790.
14. Терягова, А. Н. Цифровой двойник доступной городской среды в рамках социально-пространственной концепции «Здоровый город» / А. Н. Терягова // Градостроительство и архитектура. – 2022. – Т. 12, № 3(48). – С. 163 – 169.
15. Социальный урбанизм: темпоральный контекст доступности (на примере российских городов) / В. Н. Ярская-Смирнова, Н. С. Божок, Д. В. Зайцев и др. – М. : Вариант, 2020. – 378 с.

УДК 692.232
67.09.05: Архитектура, градостроительство и дизайн

МОБИЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ: ТИПОЛОГИЯ, ПРЕИМУЩЕСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Кузнецова Наталия Владимировна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, профессор кафедры «Архитектура и градостроительство»
e-mail: nata-kus@mail.ru

Севодина Кристина Вадимовна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: Sevodina9@mail.ru

Развитие современных технологий создает возможности для развития мобильных зданий и организации средового пространства, отвечающего современным требованиям. Мобильные здания становятся все более актуальными в условиях быстро меняющегося мира, где гибкость и адаптивность играют ключевую роль. Эти конструкции, которые могут быть легко перемещены и переоснащены, находят применение в различных сферах – от временного жилья и офисов до учебных заведений и медицинских учреждений. Мобильные здания – это конструкции, которые могут быть перемещены с одного места на другое без значительных затрат времени и ресурсов. Они проектируются с учетом возможности быстрой установки и демонтажа, что делает их идеальными для временного или мобильного использования. Благодаря этим преимуществам мобильные здания, прошли путь развития от сборно-разборных шалашей и кибиток до современных концептуальных проектов космических поселений и стали неотъемлемой частью глобальной системы [1].

Существует несколько критериев классификации мобильных зданий: по назначению, по проектно-конструктивным особенностям, по возможности трансформации, по автономности, по среде местоположения и др. [2]. Типологически мобильные здания, расположенные в различных средах, существенно различаются, что позволяет выделить первым уровнем классификации среду нахождения (рис. 1) [3].

Появилось множество типов мобильных зданий, которые располагаются на земле, на воде и воздухе. Типы зданий на земле включает в себя различные категории такие, как модульные (блочно-модульное), инвентарное (отдельные блоки или совмещенные друг с другом), вагон-дом, прицеп-дом, контейнерные, глемпинг (палатки, юрты), тентовые, пневмокаркасные сооружения, передвигающиеся самостоятельно; на воде – «плывучие дома»; в воздухе – атмосферные (дирижабли и в перспективе развития – дроны-капсулы с местами для двух человек, а также внеатмосферные (космические корабли) [4]. По проектно-конструктивным особенностям современные мобильные здания выполняются из модульных конструкций, контейнерных домов, сборно-разборных конструкций, с использованием технологии быстрой сборки и разборки без специального оборудования, инновационных конструкций [5].



Рис. 1. Типология мобильных зданий в зависимости от среды нахождения

Мобильные здания, зародившиеся в качестве жилья кочевых народов, в настоящее время переживают возрождение на новом этапе, что связано с высокой востребованностью мобильности в социальной и профессиональной сферах. На рисунке 2 приведены примеры эволюции мобильных зданий, показывающие современное технологическое воплощение основных преимуществ и принципов мобильной архитектуры [6].

Важным аспектом для дальнейшего развития мобильной архитектуры будет возможность интеграции с умными системами управления, что позволяет оптимизировать использование ресурсов и повысить комфорт проживания [7].

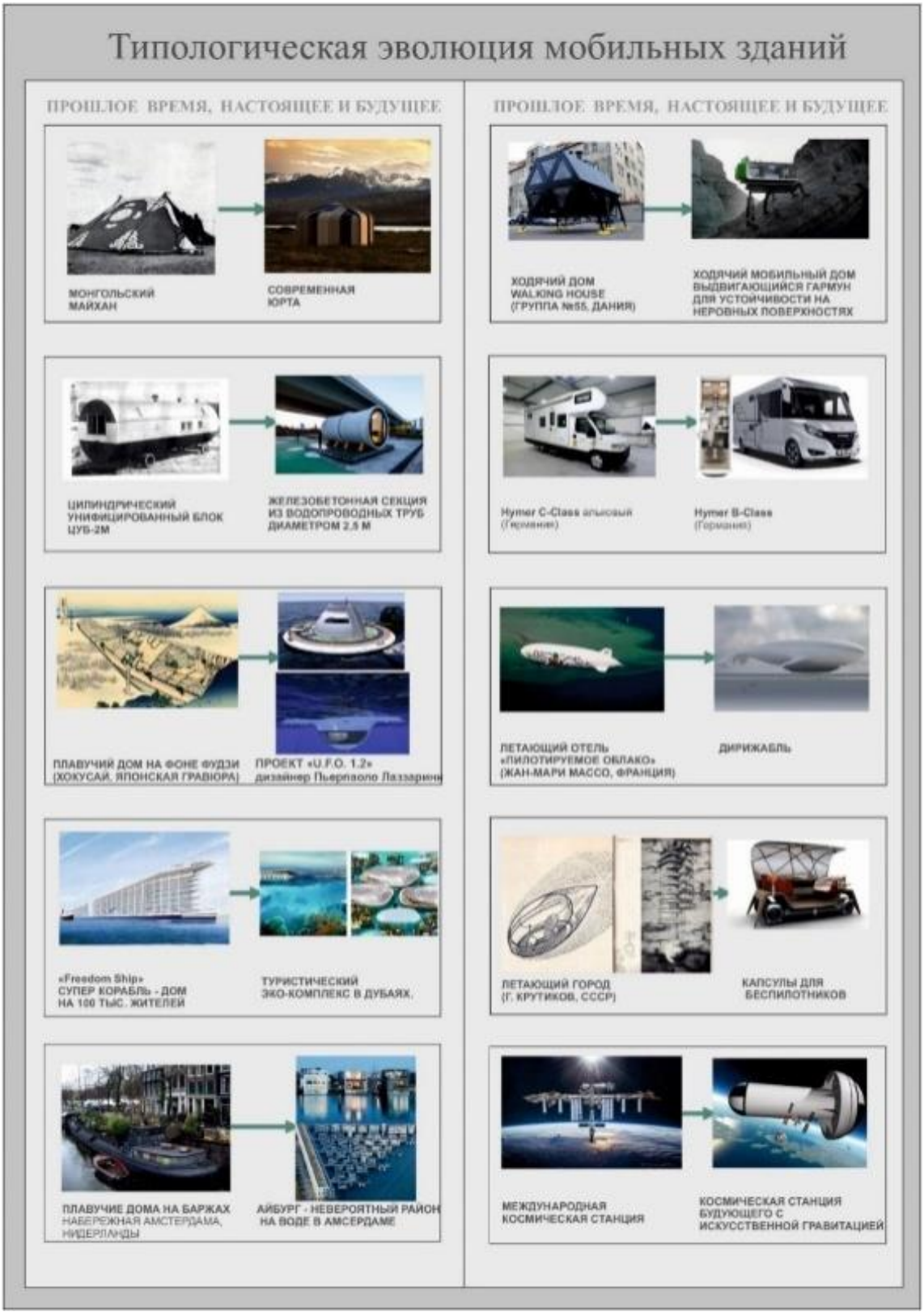


Рис. 2. Типологическая эволюция мобильных зданий

Актуальность использования мобильных зданий в современном мире обусловлена несколькими ключевыми факторами, такими как адаптивность и гибкость, что позволит людям быть готовым к природным катастрофам, экономическим кризисам и быстро реагировать на эти изменения. Немаловажным фактором является экономия ресурсов: здания быстро возводятся и экономят средства. С учетом глобальных изменений климата мобильные здания могут быть спроектированы с использованием экологически чистых материалов и технологий, что снижает их углеродный след [8].

Технологические инновации развития новых технологий, такие как 3D-печать, модульное строительство и умные системы управления, открывают новые возможности для проектирования и эксплуатации мобильных зданий, делая их более удобными и эффективными.

В условиях глобальных кризисов довольно актуальны социальные нужды. Временные жилища для беженцев, мобильные медицинские учреждения и учебные заведения, становятся все более востребованными. А в условиях роста городского населения мобильность станет альтернативой некоторым капитальным зданиям для создания коммерческих пространств в городах и отдыха загородом. Приведем некоторые характеристики, которыми обладают мобильные здания, которые активно внедряются городскую и загородную среду: перемещаемость, быстрота установки, гибкость дизайна, легкость конструкций, экономичность, устойчивость к погодным условиям, возможности модульности, экологичность, разнообразие применения [9].

Эти характеристики делают мобильные здания привлекательным решением для многих ситуаций, где требуется гибкость и быстрая реакция на изменяющиеся условия. Стоит выделить преимущества мобильных зданий по сравнению со стационарными – это перемещаемость с одного места на другое; изготовляются из легких и прочных материалов (алюминий, модульные панели); быстро устанавливаются (часы или дни); наиболее функциональны для временных нужд (стройплощадки, выставки); потребует меньших затрат по стоимости на строительство и обслуживание; не имеют строгих ограничений на установку в различных местах города или природной территории; экологичность при использовании материалов с возможностью их рециклинга, а также легких конструкций каркаса (ЛСТК, дерево) и эффективных тепло-, звукоизоляционных материалов. Использование, наряду с традиционными, аддитивных технологий (3D-печать) позволяет быстро производить уникальные компоненты и снижать отходы при производстве конструкций. Внедрение систем управления мобильными зданиями (например, системы диспетчеризации здания BMS) позволит контролировать микроклимат, освещение, безопасность путем регулирования работы механического и электрического, слаботочного оборудования здания.

Все вышеописанное позволяет создавать мобильные здания, которые удовлетворят различные потребности людей разных возрастов, от общественных до жилых модулей. Но отдельного внимания заслуживает инфраструктура для мобильных зданий как в городских, так и в загородных условиях с учетом специфики мобильных зданий. В городе развита транспортная доступность, парковочные зоны, зеленые зоны, коммунальные услуги, социальная инфраструктура, а загородом природные ресурсы необходимо будет адаптировать под локацию мобильного здания или комплекса из мобильных зданий использованием доступных технологий, необходимо наладить доступ к природным ресурсам: водоснабжение (бурение скважин, установки систем сбора дождевой воды), энергия (солнечные панели, ветровые генераторы или биомассы), транспортная логистика (доставки материалов и оборудования), автономные системы (септики, систем очистки сточных вод), интернет и связь (спутниковые и мобильные сети), общественные центры для мероприятий сельское хозяйство (склады).

Инфраструктура для мобильных зданий в городских и загородных условиях должна учитывать особенности местности, доступность ресурсов и потребности населения. С учетом этих факторов можно создать эффективную и устойчивую среду для жизни и работы, используя преимущества мобильных конструкций.

Использование мобильных зданий в городской и загородной среде варьируются в зависимости от социальных потребностей жителей. Мобильные здания в городской среде могут удовлетворить социальную потребность в сфере образования (школы и детские сады, курсы и тренинги), медицины (клиники, пункты вакцинации), социальное обслуживание (центры для бездомных, кризисные центры), культурные мероприятия (галереи, выставочные залы), спорт и активный отдых. В загородной среде социальную потребность мобильные здания могут удовлетворить в сфере образования в удаленных районах, где отсутствуют постоянные школы (школы, детские сады, мобильные классы по ремеслам и агрономии), здравоохранения (медицинские пункты, пункты первой помощи), социальное обслуживание (центры поддержки), культуры (фестивали, ярмарки, общественные собрания), сельского хозяйства (складские помещения), туризма (туристические базы, базы отдыха). Мобильные здания играют важную роль в экстренных ситуациях и могут стать отличным выбором для временных коммерческих объектов, способствуя развитию бизнеса и улучшению качества жизни всех слоев населения.

Таким образом, социальные нужды, как в городских, так и в загородных условиях могут эффективно удовлетворять мобильные здания благодаря своей гибкости и быстрой адаптации. Они идеальны для решения различных проблем, с которыми сталкивается общество, улучшая качество жизни.

Использование мобильных зданий в различных сферах, будь то экстренное жилье или временные коммерческие объекты основывается на таких преимуществах как: гибкость и мобильность, быстрая установка, экономическая эффективность, разнообразие форматов, экологичность, многофункциональность, устойчивость к климатическим условиям, легкость в обслуживании, безопасность и защита, поддержка в экстренных ситуациях [10].

Анализ типологии мобильных зданий включает в себя классификацию этих сооружений по различным критериям, таким как назначение, конструктивные особенности, материалы, уровень мобильности и комфорта.

По назначению мобильные здания могут использоваться для следующих функций: экстренное жилье (например, после природных катастроф могут быстро развертываться для размещения пострадавших); временные офисы (например, офисы продаж); военные пункты (здания особого предназначения для вооруженных сил РФ); медицинские пункты (временные клиники в местах с недостатком медицинских услуг); торговые точки (например, на ярмарках или фестивалях); туристические базы (временное жилье в зонах отдыха и туризма).

По уровню мобильности существуют полностью мобильные здания (для частного перемещения), полумобильные здания (можно перемещать, но потребуется время и усилия для установки и демонтажа) и неподвижные мобильные здания (которые были предназначены для мобильности, после установки могут оставаться на одном месте длительное время их сложно перемещать без значительных затрат времени и ресурсов).

По уровню комфорта существуют базовые мобильные здания (обеспечивают минимальные условия для проживания или работы, часто используются в экстренных ситуациях) и комфортные мобильные здания (оснащены всеми необходимыми удобствами: санузел, кухня, отопление, освещение – и предназначены для длительного проживания или работы).

Типология мобильных зданий разнообразна и охватывает широкий спектр решений для различных нужд. Каждый тип имеет свои преимущества и недостатки, что делает важным тщательное планирование и анализ перед выбором мобильного здания для конкретной задачи

Некоторые примеры мобильных зданий в разных средах и для разных целей представлены на рис. 3 – 5. [11 – 13].



Рис. 3. Мобильное жилье для туристов. Гостиничный комплекс «Мельница» в Инжавинском округе Тамбовской области



Рис. 4. Мобильное жилье для научной деятельности. Временное жилье на международной арктической научной станции «Снежинка» в Приуральском районе



Рис. 5. Мобильный медицинский пункт. Передвижной медицинский комплекс «Мобильный центр здоровья»

Пока недостаточно исследованной областью применения мобильных зданий является экологический туризм. Использование мобильных зданий в заповедных зонах, в которых ограничивается антропогенное воздействие на природу, может быть оптимальным в связи с такими качествами мобильной архитектуры как экологичность, адаптивностью, гибкость, использованием инновационных технологий, экономичность. Перспективы внедрения мобильных зданий в сферетуризма в природных охранных зонах обусловлены сбалансированным подходом к природоохранной и экономической составляющей функционирования заповедников.

Список использованных источников

1. Астахова, Е. С. Современная мобильная архитектура и мобильное жилище / Е. С. Астахова // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 4(47). – С. 238.
2. Астахова, Е. С. Рекреационное мобильное жилище / Е. С. Астахова // Наука в современном мире : сб. науч. тр. XXX Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : Перо. – 2017. – С. 6 – 10.
3. Астахова, Е. С. Архитектура мобильного жилища / Е. С. Астахова // Современная наука: теоретический и практический взгляд : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : Перо. – 2017. – С. 5 – 9.
4. Теория и практика использования быстровозводимых зданий в обычных условиях и чрезвычайных ситуациях в России и зарубежом / А. Н. Асаул, Ю. Н. Казаков, В. Л. Быков и др. ; под ред. д.т.н., проф. Ю. Н. Казакова. – СПб. : Гуманистика. – 2004. – С. 9 – 13.
5. Анисимов, Л. Ю. Принципы формирования адаптируемого жилища / Л. Ю. Анисимов // Наука образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ : тр. МАРХИ. Мат. науч.-практ. конф. – М. : Архитектура-С. – 2009. – С. 392 – 399.
6. Гершкович, В. Ф. Энергосберегающие системы жилых зданий. Пособие по проектированию [Электронный ресурс] / В. Ф. Гершкович // ЭСКО. – 2007. – № 1. – URL : http://esco-ecosys.narod.ru/2007_1/art41.htm.5
7. Горгорова, Ю. В. Современные тенденции проектирования медиафасадов / Ю. В. Горгорова, Д. А. Протопопова, А. Н. Сбытова // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 1. – С. 19 – 20.
8. Израилев, Е. М. Мобильная архитектура вчера, сегодня… послезавтра (и кое-что о капитальном строительстве) / Е.М. Израилев // Стройиздат. –1997. – С. 42 – 46.
9. Паршуков, В. И. Умное энергосберегающее энергоэффективное экологически чистое домостроение / В. И. Паршуков // Энергосбережение. – 2013. – № 7. – С. 18 – 20.
10. Тиманцева, Н. Л. Принципы моделирования жилой среды в экстремальных условиях обитания : автореф. дис. … канд. архитектуры / Н. Л. Тиманцева. – М., 2010. – С. 23–24.
11. Гостиничный комплекс «Мельница» [Электронный ресурс]. – URL : https://gkmelnitsa.ru/
12. Арктическая научная станция «Снежинка» в Приуральском районе [Электронный ресурс]. – URL : https://arctic-mipt.com/tpost/df7firrym1-glavnoe-upravlenie-gosudarstvennoi-ekspe
13. Передвижной медицинский комплекс «Мобильный центр здоровья» [Электронный ресурс]. – URL : https://medliga.ru/products/peredvizhnoy-medicinskiy-kompleks-mobilnyy-centr-zdorovya/

УДК 726.03: 69.059.35
67.07.29: Памятники архитектуры. Мемориальные комплексы

ХРАМ ВОСКРЕСЕНИЯ ХРИСТОВА В СЕЛЕ ГАГАРИНО ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ: СОСТОЯНИЕ И СТРАТЕГИИ СОХРАНЕНИЯ

Кузнецова Наталия Владимировна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, профессор кафедры «Архитектура и градостроительство»
e-mail: nata-kus@mail.ru

Сечнев Сергей Вячеславович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: Ssv999999@yandex.ru

Роль церковной архитектуры в общественной жизни России на протяжении более чем тысячелетнего существования христианства на Руси не ограничивалась духовной практикой, а дополнялась просветительской и воспитательной функциями, включала эстетические, культурные аспекты. Храмы, возводимые на века во славу Божию, обладающие уникальными архитектурными, конструктивными особенностями и градоформирующим расположением, являлись центрами христианской веры в каждом городе и деревне.

В основе архитектуры храмов лежат общепонятные христианские ценности, они строились с Божией помощью людьми на основе их духовного и творческого опыта. Храмы, считающиеся выдающимися архитектурными сооружениями, несут религиозное миропонимание в проработке пространства, имеют глубинную, не размениваемую на частности и не зависящую от времени общепонятную ценность [8].

Как грандиозные соборы, так и небольшие приходские церкви создавались как ответ на духовные запросы человека путем формирования органичного единства архитектурно-планировочной композиции и художественно-декоративных приемов, создающих целостное образное решение [1].

Усадебные церкви, как отдельный вид храмового строительства, отличаются архитектурным разнообразием, благодаря зачастую эклектичным образам, сочетающим классические стилевые приемы с региональными особенностями, местными народными технологиями и декором, многие связаны с именами известных личностей и/или историческими событиями.

С конца XVIII века начинается активное строительство усадебных церквей, являющимися значимыми компонентами усадебного пространства. В природном ландшафте храмы располагались в соответствии с древнерусскими традициями на наиболее «обозримом и людном» месте, возле воды [3]. Архитектура усадебных церквей отражала архитектурные тенденции своего времени, зачастую формировалась при личном участии помещиков.

Господствующим стилем в храмовом строительстве вплоть до начала XX века был классицизм. В храмах традиционное русское пятиглавие соединяется с классическими приемами общей композиции и планировки, симметрией, использованием ордерных форм, изяществом строгих линий внешнего облика, относительной простотой каменного убранства с применением всего лишь нескольких декоративных элементов.

В стилистике классицизма как возрожденной античности оформлялись патриотические идеи, распространялись героические сюжеты из российской истории, призванные к укреплению национального единства [10]. Духовная жизнь в русской православной церкви становилась важной объединяющей силой российского общества после Отечественной войны 1812 года. Этой победе посвящались монументы и храмы. В Тамбовской губернии было построено множество церквей, выполненных в классическом стиле, в том числе с использованием столичных образцов, а также частей образцовых проектов из альбома «Собрание планов, фасадов и профилей для строения каменных церквей» (1824 г.).

Церковь Воскресения Христова в селе Благовещенском (Большом Гагарине) Моршанского уезда Тамбовской губернии (на настоящее время – с. Гагарино Пичаевский район Тамбовской области) является примером усадебного храмового строительства в стиле классицизм. Церковь была возведена в 1833 году на средства помещика А. А. Пашкова [4, 6]. Алексей Александрович Пашков – племянник владельца «Дома Пашкова» в Москве и прадед генерала Скобелева – был предводителем народного ополчения в Отечественной войне 1812 года, построил церковь в честь победы в войне.

Храм, крестообразный в плане (рис. 1), с пятикупольным венчанием, имеет традиционные для русского строительства четыре столпа для опирания центрального светового барабана и купола, притвор западного фасада фланкирован двумя симметрично расположенными колокольнями с высокими шпилями. Западный и восточный фасады, центральные части северного и южного фасадов представлены трехчастной симметричной композицией, акцентированной величественным шестиколонным портиком тосканского ордера с гладким треугольным фронтоном. Апсида также оформлена портиком фронтоном, что достаточно редко встречается даже в классицистических композициях. Внутренний объем храма перекрыт купольным сводом, опирающимся на столбы четверика, поверхность арки над алтарем украшена кессонами, богато декорирована элементами растительного орнамента. Классицизм в интерьере проявился в использовании ордера и орнаментальном оформлении.

Масштабность и монументальность храма объясняет местная легенда, согласно которой храм-памятник был посвящен семье Пашкова, погибшей при пожаре в усадьбе, возникшем то ли из-за природного урагана, то ли от рук бандитов. При церкви был семейный склеп Пашковых, разрушенный в 1937 году, когда храм закрыли.



а)



б)



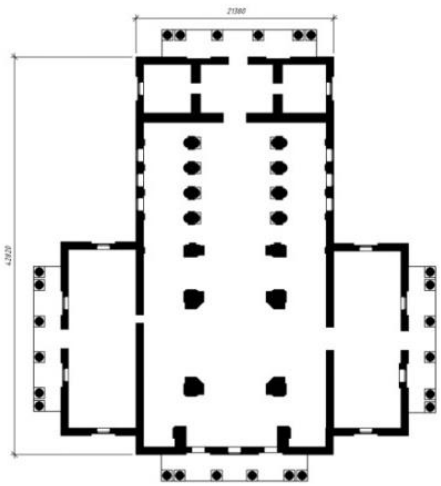


Рис. 1. Церковь Воскресения Христова в селе с. Гагарино Пичаевского района Тамбовской области (1833–1834 гг.):
а – западный фасад; *б* – вид с юго-востока; *в* – план; *г* – интерьер (вид на алтарь)

Церковь Воскресения Христова по композиционному решению принадлежит к двухколоколенным храмам периода классицизма – исторически неприсущему православным храмам типу, занимавшему, однако, значительное место в столичной храмовой архитектуре благодаря облику Троицкого собора Александро-Невского монастыря в Петербурге, который во второй половине XVIII в. стал иконографическим образцом [5, 12].

Воскресенская церковь является уникальным памятником провинциального классицизма, по размерам, пространственно-планировочной композиции, трактовке ордера, богатству оформления интерьера она не уступает лучшим столичным соборам.

Согласно Приказу Департамента по государственной охране объектов культурного наследия Тамбовской области от 13.11.2023 № 353 Храм Воскресения Христова (Тамбовская область, Пичаевский район, с. Гагарино 1-е, ул. Южная, 2б) является объектом культурного наследия регионального значения, для него утверждены границы территории и режимы ее использования и предмет охраны [9].

С сожалением можно констатировать, что в последние десятилетия активно протекает процесс стихийного разрушения церковных зданий, находящихся вдалеке от крупных населенных пунктов, в том числе бывших усадебных церквей, разделивших судьбу обветшавших усадебных построек вследствие утраты какого-либо функционирования. В 20–30-е годы XX века, когда эти комплексы «приспосабливали» под клубы, склады, мастерские и т.п., были утрачены внешние церковные архитектурные элементы (кресты, купола, декор, росписи), позднее в 90-е годы переданные верующим полуразрушенные храмы стали лишены не только своего изначального предназначения, но вообще какого-либо, оказались в заброшенном, руинированном состоянии. Воскресенская церковь, многие десятилетия после закрытия использовавшаяся в качестве склада, возможно, благодаря этому сохранившаяся, в настоящее время разрушается под действием факторов окружающей среды.

В этих условиях при наметившемся процессе возрождения российских святынь исследование усадебных церквей становится актуальным как в историческом, так и в практическом реставрационном отношении.

Реставрация храмов как объектов культурного наследия должна основываться на материалах комплексных научных исследований, включающих историко-архивные сведения, иконографический анализ здания [7, 13], геометрическую (натурную) и фотофиксафиксацию, градостроительный анализ, оценку технического состояния. На основании натурного исследования памятника (ноябрь 2024 г.) был выполнен комплекс архитектурно-археологических обмеров и оценка технического состояния здания.

Оценка технического состояния здания и его элементов проводилась по результатам визуального осмотра согласно ГОСТР 55567–2013 Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования.

1. Общее состояние памятника:

Церковь Воскресения Христова по внешним признакам находится в неудовлетворительном состоянии.

2. Состояние внешних архитектурных и конструктивных элементов памятника:

а) Общее состояние:

Общее техническое состояние здания – ограниченно работоспособное, за исключением крыши, техническое состояние которой – аварийное. На фасадах наблюдаются трещины, повреждения кирпичной кладки, утрата покрытий, утрата покрытий куполов и крестов, отсутствие оконных заполнений, повреждение и частичная утрата декора интерьера.

б) Фундаменты (материал, конструкция, состояние, связи):

Фундамент ленточный из кирпичной кладки из глиняного кирпича на известковом растворе. Горизонтальная и вертикальная гидроизоляция отсутствует. Здание без подвала. Техническое состояние фундаментов работоспособное.

в) Цоколи и отмостки около них:

Цоколь выполнен из керамического кирпича на известково-песчаном растворе, визуально объединен с основным полем стены, с небольшим выступом. Наблюдаются вывалы кирпича в зоне соприкосновения с землей, отмечается деструкция кирпичной кладки на глубину до 80 мм, видны потемнения от намокания. Техническое состояние кирпичной кладки цоколя – ограниченно работоспособное.

Отмостка по всему периметру отсутствует, требуется устройство. Техническое состояние отмостки неудовлетворительное.

г) Стены наружные (материал, конструкция, состояние, связи):

Наружные стены выложены из керамического (глиняного) кирпича на известково-песчаном растворе, толщиной 800 мм (640 мм в нишах), побелены, имеются трещины, вывалы кирпича в районе карниза, выветривание швов кирпичной кладки, (выпадение кирпичей), утрата архитектурных деталей (пьедесталы пилястр), биопоражение. Техническое состояние стен ограниченно работоспособное.

д) Крыша (стропила, обрешетка, кровля, водосточные желоба и трубы):

Крыша как продольной оси (колокольня, трапезная, храм), так и поперечной ветви (приделов) – двухскатная, завершается над фронтонами фасадов, венчается центральным световым барабаном с куполом. По углам четверика расположены четыре малых световых барабана с куполами. Кровельное покрытие старое, выполненное из металлических картин, практически отсутствует. Стропила из деревянных бревен диаметром 150…200 мм, установлены с шагом 0,7…1,0 м, стропильная система на 50% площади кровли отсутствует, на остальной площади – находится в аварийном состоянии. Обрешетка выполнена из досок, практически утрачена.

Техническое состояние крыши аварийное. Требуется консервация здания и проведение противоаварийных работ.

Водоотвод с кровли отсутствует.

е) Главы, шатры, их конструкция и покрытие:

Покрытие колоколен выполнено в виде шатра с полукуполом, барабаном и крестом, основание – из деревянных кружал и обрешетки из брусков, соединенных на врубках. Деревянные элементы стропил повреждены, соединения расшатаны, шатры отклонены от вертикали, близки к обрушению. Завершением вертикалей колоколен служат купола с гранеными шейками и луковичными главками (частично утрачены). Кровля утрачена, остались только железные обода барабанов. Техническое состояние куполов аварийное.

Покрытие куполов полусферической формы выполнено из кирпичной кладки, историческая кровля утрачена. Завершают объемы барабанов луковичные главки с крестами на подкрестном яблоке. На настоящее время ведется восстановление кровли куполов из стали с полимерным покрытием.

ж) Внешнее декоративное убранство (облицовка, окраска, разные украшения, карнизы, колонны, пилястры, лепнина, скульптура, живопись на фасадах):

Восточный фасад представляет собой трехчастную симметричную композицию, центральная часть которой принадлежит основному объему – четверику, а боковые – северному и южному приделам. Центральная часть акцентирована величественным шестиколонным портиком тосканского ордера с гладким треугольным фронтоном. На плоскости фасада колонны дублируют гладкие пилястры. Центральная ось прорезана крупным прямоугольным оконным проемом в клинчатой перемычке и расположенным над ним полуциркульным окном второго света. Аналогично выполнены оси боковых частей. Справа и слева от окна по центральной оси расположены фальш-проемы в виде ниш идентичного с ним размера, с расположенными над ними квадратными нишами.

С северной и южной стороны к основному объему примыкают два идентичных придела. Композиция северного и южного фасадов трапезной в три световых оси. Крупные прямоугольные оконные проемы в клинчатых перемычках акцентированы расположенной над ними горизонтальной нишей, также завершенной клинчатой перемычкой.

Горизонтальное членение фасадов представлено цоколем и тонкими поясками.

Барабаны куполов прорезаны оконными проемами в полуциркульных перемычках, соединены между собой тонкими поясками. Центральный барабан в восемь световых осей, боковые малые – в четыре.

Декоративные элементы фасадов (перемычки, пояски, карнизы, фронтон) имеют повреждение кладки глубиной до 80 мм, вывалы кирпича в районе карниза, выветривание швов кирпичной кладки, биопоражение. Техническое состояние декоративных элементов неудовлетворительное.

Две парные трехъярусные колокольни объединены общим первым ярусом, выполняющим роль притвора. Боковые одноосные фасады первого яруса прорезаны крупным прямоугольным оконным проемом в клинчатой перемычке с расположенным над ним полуциркульным окном второго света. Окна объединены общей нишей в ширину верхнего проема. Второй ярус представляет собой два четверика, прорезанных с каждой стороны крупным световым проемом в полуциркульной перемычке. Завершают стены второго яруса треугольные фронтоны. Третий ярус представлен невысокими восьмериками, каждая из стен которых прорезана круглым окошком.

3. Состояние внутренних архитектурных, конструктивных и декоративных элементов памятника:

а) Общее состояние:

Общее состояние – ограниченно работоспособное.

б) Перекрытия (сводчатые, плоские):

Перекрытие пола первого этажа – по деревянным балкам, опирающимся на стены. Балки в центральной части храма обрушены, в приделах и трапезной сохранились. Техническое состояние перекрытия пола первого этажа – ограниченно работоспособное, местами аварийное.

Перекрытие хоров выполнено по деревянным балкам и деревянным прогонам, опирающимся на кирпичные колонны. Перекрытия изначально были оштукатурены по драни. Штукатурка местами обвалилась, раскрытые балки имеют биопоражения. Техническое состояние перекрытия хоров – ограниченно работоспособное.

Световые барабаны перекрыты купольными сводами. Края арок обрамлены карнизами. Кирпичная кладка сводов имеет признаки выветривания, повреждения отдельных участков.

Трапезная перекрыта кирпичными сводами, опирающимися на балки перекрытия хоров. В кирпичной кладке арок имеются волосяные трещины, штукатурка практически отсутствует.

Техническое состояние сводчатых перекрытий – ограниченно работоспособное.

в) Полы:

Полы в помещении храма выполнены из сплошного дощатого настила по лагам. Толщина настила около 70-100 м, часть досок пола, провисла, сломана, местами утрачена. Доски пола имели окраску, утрачена. Техническое состояние напольного покрытия – недопустимое.

г) Стены внутренние (материал, конструкция, состояние, связи):

Внутренние стены выполнены из кладки из керамического кирпича на известково-песчаном растворе толщиной 1000, 800 мм, оштукатурены. Штукатурка выполнена из известково-цементной штукатурки, толщиной от 20…35 мм. Отделка стен не сохранена. Стены со следами протечек кровли, биопоражений. Стена, отделяющая трапезную от притвора, имеет трещины в кирпичной кладке шириной до 5 мм. Техническое состояние внутренних стен – ограниченно работоспособное.

д) Столбы, колонны:

Столбы четверика выполнены из кладки из керамического кирпича на известково-песчаном растворе, оштукатуренные, прямоугольного сечения 1500×1500 мм. Столбы имеют деревянную обшивку в местах, где располагались иконы, обрамленные колоннами коринфского ордера с профилированным антаблементом. Колонны центральной части, на которые опираются галереи хоров, выполнены из кирпичной кладки, имеют прямоугольное сечение 1000×1000 мм, 8 прямоугольных колонн – с прилегающими полуколоннами (диаметром 800 мм) коринфского ордера. В местах опирания балок на наружные стены в простенках имеются кирпичные прямоугольные пилястры коринфского ордера. Столбы и колонны оштукатурены. Штукатурка местами отсутствует. Техническое состояние – работоспособное.

е) Дверные и оконные проемы и их заполнение:

Исторические входные наружные двери утрачены, установлены поздние двери деревянные, обшитые железом. Верхнее оконное заполнение над дверями с мелкой расстекловкой частично сохранена. Техническое состояние дверных заполнений неудовлетворительное.

Оконные заполнения в здании храма и барабанах куполов частично сохранились, некоторые оконные проемы заложены кирпичной кладкой или зашиты досками. Исторические оконные заполнения деревянные с остеклением в две нити, с мелкой расстекловкой, прямоугольные и арочные. Техническое состояние дверных заполнений недопустимое.

ж) Лестницы и крыльца:

Входы оформлены в виде колонного портика на пьедестале с тремя ступенями, поверхность пьедестала разрушена, ступени, разрушены, заросли травой. База колонн повреждена, капители практически разрушены, стволы колонн с выветриванием швов кирпичной кладки. Состояние элементов входов недопустимое.

з) Лепные, скульптурные и прочие декоративные украшения:

Арка над центральным алтарем богато декорирована элементами растительного орнамента, карнизами, росписью. Внутренняя поверхность арки украшена кессонами. Антаблемент, поддерживающий арку, состоящий из плоского фриза с карнизом, воспроизводящим элементы декора арки, опирается на изящные колонны коринфского ордера.

Междуоконное пространство центрального барабана декорировано парными пилястрами, объединенными элементом по типу антаблемента. Над оконными проемами расположены полуциркульные сандрики, снизу проемы объединены закольцованной подоконной тягой. Массивные профилированные карнизы венчают цилиндрические объемы барабанов. Стены и столпы опоясаны тягами и карнизами.

Галереи хоров ограждают перила из ряда изящных балясин, часть из которых разрушены.

4. Живопись (монументальная, станковая, материал):

Росписи стен и потолков утрачены.

5. Предметы прикладного искусства (мебель, осветительные приборы, резьба по дереву, художественный металл, иконостасы и т.п.):

Иконостасы утрачены.

6. Отопление, вентиляция, канализация:

Здание не имеет оснащения инженерными системами.

7. Сад, парк, двор, ворота, ограда (характеристика территории памятника):

Территория огорожена современной металлической оградой. Благоустройство отсутствует.

Учитывая ограниченно работоспособное общее техническое состояние храма, а для конструкций покрытия – аварийное, требуется проведение первоочередных работ по консервации: возведение временного покрытия и кровли над основным объемом и покрытия глав и шатров, а также установка оконных заполнений (зашивка окон) храма.

Актуальность сохранения памятников церковной архитектуры состоит в возобновлении функционирования храмов в культурной среде общества, восстановлении богослужебного назначения, поддержании традиционного символико-знакового ряда. Функционирование храма как «живого музея» и восприятие «храмового действия как синтеза искусств» [11] являются действенными условиями, способствующими выявлению подлинных ценностей, максимальному полное раскрытию историко-культурных особенностей объекта культурного наследия и обеспечению его целостности и физической сохранности [2]. Храмы-памятники необходимо рассматривать не только с точки зрения сакральной значимости, но и исторической ценности, формирующей историческое сознание людей и поддержание социально-культурной идентичности. Уникальная архитектурно-градостроительная и художественная ценность храма при соответствующем инфраструктурном окружении может быть интересна посетителям региона, привести к обновлению туристических достопримечательностей, дополнению существующих туристических маршрутов.

Разработке проекта реставрации храма Воскресения Христова в селе Гагарино и стратегий его функционирования будут посвящены дальнейшие исследования.

Список использованных источников

1. Борисов, С. В. Стилевой синтез в русских храмах: на примере рязанской региональной архитектурной школы / С. В. Борисов, М. А. Колесник // Архитектура и современные информационные технологии. – 2020. – № 3(52). – С. 115 – 136.

2. Власникова, М. А. Аксиология памятников культовой архитектуры и их сохранение / М. А. Власникова // Вестник Санкт-Петербургского государственного института культуры. – 2019. – № 4(41). – С. 38 – 43.

3. Житин, Р. М. Храмовое строительство в инфраструктуре имений тамбовских помещиков второй половины XIX века / Р. М. Житин // Библиотеки Тамбовской области. Вып. 12 ; Упр. культуры и архивного дела Тамбовской обл., Тамбовская обл. универсальная науч. б-ка им. А. С. Пушкина. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2016. – 10 с.

4. Зиновьева, Т. М. Исследовательская работа «Храм-памятник» [Электронный ресурс] / Т. М. Зиновьева. – URL : https://nsportal.ru/ap/library/drugoe/2014/03/03/ issledovatelskaya-rabota-khram-pamyatnik. (дата обращения: 05.04.2025).

5. Клименко, Ю. Г. Генезис двухколоколенных храмов русского классицизма [Электронный ресурс] / Ю. Г. Клименко // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ. Московский архитектурный институт (государственная академия). – 2023. – С. 342 – 345. – URL : https://marhi.editorum.ru/ru/nauka/conference_article/9381/view (дата обращения: 13.04.2025).

6. Кученкова, В. А. Тамбовские православные храмы / В. А. Кученкова. – Тамбов : Областная типография, 1992. – 184 с.

7. Морозова, О. В. Методологический анализ структуры иконографического и иконологического методов в историко-архитектурном исследовании / О. В. Морозова // Вестник ТГАСУ. – 2011. – №4. – С. 37 – 53.

8. Петров-Спиридонов, Н. А. Генезис архитектурных типов православных храмов в современности и грань между поиском и «архитектурой изгнанных смыслов» / Н. А. Петров-Спиридонов // Архитектура и современные информационные технологии. – 2020. – № 1(50). – С. 23 – 46.

9. О включении выявленного объекта культурного наследия «Храм Воскресения Христова» (Тамбовская область, Пичаевский район, с. Гагарино 1-е, ул. Южная, 2б) в единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации в качестве объекта культурного наследия регионального значения, утверждении границ территории объекта культурного наследия и режима ее использования : приказ Департамента по государственной охране объектов культурного наследия Тамбовской области от 13.11.2023 № 353 [Электронный ресурс]. – URL : https://pam.tmbreg.ru/assets/files/Prikazy/2023/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D1%8B/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%B7%20353%20%D0%BE%D1%82%2013.11.2023%20%D1%81%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BB.pdf

10. Путятин, И. Е. Русский ампир – стиль Российской Империи. Проблемы изучения стиля в церковной архитектуре / И. Е. Путятин // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник РГХПУ им. С. Г. Строганова. – 2022. – № 3-2. – С. 34 – 54.

11. Флоренский, П. А. Храмовое действо как синтез искусств. Сочинения : в 4 т. / П. А. Флоренский. – М. : Мысль,1996. – Т. 2. – С. 370 – 383.

12. Чекмарев, А. В. Троицкий собор Александро-Невской лавры как иконографический образец / А. В. Чекмарев // Архитектура в истории русской культуры. – 2007. – Вып. 7. – С. 317 – 362.

13. Щенков, А. С. Проблемы иконографии храма [Электронный ресурс] / А. С. Щенков // Об иконографии и тектонике православного храма. – М., 1996. – С. 9 – 21. – URL : http://www.rusarch.ru/shenkov3.htm (дата обращения: 05.04.2025).

УДК 711.112
67.07.00: Архитектура. Общие вопросы

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВЕЛЬСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Кузьмина Станислава Вадимовна
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», студент
e-mail: stasikuzmina43@gmail.com

Викарчук Анастасия Алексеевна
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», студент
e-mail: aleksevenaa@gmail.com

Еремеева Александра Федоровна
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», кандидат архитектуры, доцент кафедра архитектурного проектирования
e-mail: arch.eremeeva@gmail.com

Введение. Актуальность темы обусловлена необходимостью комплексного развития туристического потенциала Вельского района как перспективного направления внутреннего туризма. В условиях возрастающего спроса на аутентичные туристические продукты и уникальные культурные ландшафты Русского Севера, формирование в Вельске туристической инфраструктуры, способствует привлечению интереса к городу. Развитие туризма в районе будет способствовать не только экономическому росту территории, но и сохранению ее уникального культурно-исторического наследия [4].

Цель статьи – выявление туристического потенциала Вельского муниципального района для формирования туристического кластера с центром в городе Вельск во взаимосвязи с населенными пунктами района.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта СПбГАСУ на 2025 год.

Особенности организации туристического кластера Вельского муниципального района. Вельский муниципальный район расположен на юге Архангельской области, на границе с Вологодской областью. Он обладает значительным потенциалом для развития туризма. Площадь района составляет 10056 км^2, что делает его одной из крупнейших административно-территориальных единиц региона, с населением 45 тысяч человек. Административным центром является город Вельск. По территории района протекают река Вель и река Вага. Следует отметить, что Вельский муниципальный район обладает значительным туристическим потенциалом. Уникальные природные ландшафты, богатая история и культурное наследие создают благоприятные условия для развития различных видов туризма, включая экотуризм, культурно-познавательный туризм и активный отдых. Это делает район перспективным объектом для исследований в области географии, экономики и туризма.

Район пересекается трассой М8, которая является основной дорогой от Москвы до Архангельска. Путь от Москвы до Вельска составляет 9 часов на автомобиле или сутки на поезде, в то время как путь от Архангельска до Вельска на автомобиле составляет 6 часов. Чтобы добраться от Санкт-Петербурга, необходимо воспользоваться автобусом, дорога на котором составляет 14 часов в дороге или же добраться на поезде за 17 часов.

Территория Вельского района на протяжении долгих лет подвергались изменениям в административном делении, переходя из состава одних административных единиц в другие. Изначально на землях проживали финно-угоры. В период до XV в. земли были под управлением Новгорода. В 1780 году Вельск получил статус уездного города и включен в состав Вологодской губернии. В 1929 году был официально учрежден Вельский район.

В состав туристического кластера предлагается включить следующие населенные пункты: деревня Хорошевская, деревня Возгрецовская, деревня Покровская, поселок Погост, деревня Андричевская, село Пежма и село Благовещенское (рис. 1). Данные поселения расположены на трассе М8. Город Вельск является центральным узлом в кластере, поскольку именно отсюда осуществляется старт маршрутов в другие населенные пункты.



Рис. 1. Карта Вельского муниципального района с указанием городов и поселений туристического кластера

Взаимосвязь поселений кластера выявлена в следующих аспектах:

1. Транспортная сеть. Вельск – Погост – Благовещенское находятся на трассе М8. В районе Благовещенского от нее ответвляется трасса R2, которая ведет к поселениям Долматово, Няндома и Каргополь. На данном маршруте расположена деревня Андричевская, Возгрецовская и Покровская, расстояние до которых составляет 9,7 км от Вельска, являются самыми приближенными к центру. До населенного пункта Пежма расстояние составляет 23 км, регулярное автобусное сообщение обеспечивает наиболее удачную транспортную доступность данного маршрута.

2. Традиции и ремесла. В районе хорошо развиты соседские связи, традиция навещать друг друга по праздникам и посещать соседние села зародилась еще давно. За счет того, что многие поселения являются небольшими, у жителей принято ездить в соседние деревни на празднование праздников и проведение фестивалей.

3. Архитектурное наследие. Церковь Благовещения Пресвятой Богородицы (с. Благовещенское, XIX в.) – была духовным центром для окрестных деревень [2]. Во всех поселениях есть сохранившиеся примеры северной архитектуры

4. Хозяйственная связь. Вельский район исторически развивался как аграрно-промышленный регион, где деревни и села связаны не только культурой, но и экономикой. Здесь до сих пор сохранились классические северные хозяйственные модели: лесозаготовки и животноводство (Погост), молочное производство (Благовещенское).

Анализ туристического потенциала г. Вельск. Город Вельск впервые был упомянут в 1137 году как поселение на торговом пути, соединяющем Новгород с северными деревнями. Возникновение первых поселений в Вельском районе связано с его хорошими условиями для жизни рядом с берегом реки Вель и расположенном в зоне соснового массива. В 1780 год произошло существенное преобразование положения Вельска, по указу Екатерины II город получил официальный статус уездного города Вологодской области. Городское сельское хозяйство начало развиваться. Больше всего это коснулось земледелия и огородничества. Промышленность основывалась на смолокурении, которое ориентировалось на экспорт за границу. Также шла активная торговля с Вологдой, Ярославлем и Архангельском.

Первый генплан города, составленный в 1784 году, совпал с прокладкой через город тракта Москва–Архангельск. В середине XIX века город представляет из себя небольшое поселение с шестью улицами, двумя церквями, 177 домами, двумя училищами и больницей. Характер застройки начинает меняться после пожара 1885 года, город начали застраивать каменными зданиями, и на его центральной Торговой площади были построены торговые ряды, где до 1917 года проводились ежегодная Афанасьевская ярмарка и два торговых дня – Кирилловский и Семеновский. В марте 1918 года Вельский уездный съезд крестьянских депутатов передал власть Советам. После установления власти было национализировано свыше 50 зданий. Пятиглавый Троицкий собор XVIII века и церковь Святителя Николая, начала XX века, были закрыты и разобраны в 1930-х годах. Преображенский храм был превращен в Дом социалистической культуры, являющийся на данный момент Культурным центром. После Второй мировой войны Вельск стал центром лесной промышленности региона и сейчас его экономика зависит от лесопромышленных предприятий. С 1990-х годов историческая застройка Вельска XIX–XX веков претерпела существенные изменения в результате вмешательства частных собственников. В целях сохранения архитектурного и исторического облика в 2023 году центральная часть города получила статус объекта культурного наследия регионального значения [3].

Историческая застройка Вельска представляет собой уникальный ансамбль, сохранивший характер уездного города. Для полноценного развития туризма в малом городе необходимо создание комплексного туристско-рекреационного пространства. Наличие такого пространства свидетельствует о становление города как туристического центра. Для выявления проблем развития Вельска был проведен анализ существующего туристско-рекреационного пространства с использованием матрицы, состоящей из восьми взаимосвязанных пространств согласно методике, приведенной в статье И. А. Потапова (табл. 1) [6].

1. Анализ туристско-рекреационного пространства г. Вельск

Туристическое пространство	Вельск
Город исторический	Исторический центр города входит в перечень выявленных объектов культурного наследия Архангельской области. В Вельске 4 музея: Вельский краеведческий музей имени Кулакова, научно-образовательный и культурный центр Дом Карпеченко, Вельская картинная галерея, экспозиционно-выставочный комплекс «Музей домовых росписей Поважья». 21 объект культурного наследия регионального значения, среди них исторический центр города Вельск (территория, ограниченная: с севера – параллельно улице Фефилова, в 100 м к северо-востоку от нее, с востока – Набережной улицей, с юга – улицей 1 Мая, с запада – параллельно Советской улице, в 100 м к северо-западу от нее), Успенская церковь, дом Котутина, дом Орлова, дом Кичева, дом Истомахина, Преображенский собор и еще 13 объектов
Город природный	Река Вага, городской парк, а также сквер у площади Ленина
Город событийный	3 ежегодных мероприятия: фестиваль «Дорога на Русский Север», Конный фестиваль, фестиваль мотокросса, Кириллов день
Город мифологический	«Вельск – город расписной», именно так он позиционирует себя для гостей Вельск – уездный город на севере, где время течет иначе. Когда-то Вельск был важным уездным центром, аккумулирующим в себе все: административную власть, ярмарочную торговлю, связи с ближайшими деревнями и селами. Уездный статус наложил на город свой неспешный характер
Город рекреационный	2 спа-центра, прогулочная набережная
Город ночной	3 кинотеатра, которые работают в вечернее время, также один ночной клуб
Город сервисный	8 гостиниц общей вместимостью 160 – 180 человек, 6 ресторанов, 11 кофеен, местное турбюро «Вельск-Тур»
Город виртуальный	Визит-центр Вельского района. Не ведут социальные сети

Проанализировав исходные данные и нанеся их на карту можно сделать вывод, что основная инфраструктура в виде гостиниц, мест питания, досуговых заведений находится в границах улицы Фефиловой с севера, набережной с востока заканчивающей рыночной площадь, а также Советской улицей с запада (рис. 2). Именно эта территория является потенциальной для развития туристической инфраструктуры, так как имеет уже явные узлы притяжения в виде улицы Дзержинского, Карпеченко и Нечаевского, на которых сосредоточено большее количество исторических зданий. Основываясь на карте города 1920 года можно сделать вывод, что историческая застройка сохранилась фрагментарно [5, 7]. Исторический центр Вельска не так хорошо сохранился, как, например, Каргополь и Сольвычегодск, но отдельные здания поддерживаются. Часть деревянных домов находится в ветхом состоянии, хотя есть примеры реставрации. Сохранилось только ~1/5 дореволюционных зданий, именно они формируют архитектурный колорит города. Новые здания чаще появляются на окраинах, но в центре тоже есть вкрапления. Набережная служит главным связующим звеном территории, как основная прогулочная зона, площадь Ленина и рыночная площадь, как основные точки начала и конца маршрута, а также центры событийного туризма. Благодаря данной оценке были получены границы туристического центра Вельска, оценена существующая насыщенность туристической инфраструктурой (рис. 3).



Рис. 2. Схема анализа территории исторического центра Вельска с разбивкой зон на категории



Рис. 3. Схема исторического центра Вельска с наложением туристических зон и выделением границ туристического центра

В границах выявленной территории туристического центра, по существующему функциональному зонированию, часть земли отдана под индивидуальные жилые дома, а также многоквартирное домостроение [1]. Однако, большую часть занимает зона специализированной общественной застройки, что позволяет использовать территорию для развития туристической инфраструктуры. Если смотреть на территориальное зонирование города в целом, то около 35% выделено под промышленные предприятия. Территория вдоль реки полностью выделена под зеленые насаждения общего пользования. В городе преобладает застройка индивидуальными жилыми домами.

Город ценен своей идентичностью уездного северного города. Основные архитектурные стили ему присущие это поздний классицизм, эклектика и модерн. Преобладающий стиль уездных городов того периода – эклектика. В этом стиле выполнены такие здания как Вельский краеведческий музей, дом Василия Шичева. В Вельске эклектические элементы проявляются в отдельных зданиях, где сочетаются различные архитектурные детали и формы. Также важны другие элементы уездных городов русского севера, например палисады, аккуратно выстроенные вдоль домов, чаще всего палисадники были небольшими, но на просторных участках с богатыми домами их делали довольно обширными. Здесь не только сажали деревья и кустарники, но и устраивали розарии, разбивали клумбы. Разные балконы с балясинами, для северного дома балкон был своеобразным проявлением достатка, обычно балконы имели дома зажиточных крестьян. Декоративная деревянная обшивка – часть традиционного деревянного зодчества, использовалась для художественно-декоративного оформления народного жилища. Сохранение данных особенностей уездного города, дает Вельску возможность в развитии его в сфере туризма, как уездного города русского севера, с сохранением исторической застройки и увеличению интереса к быту и особенностям того времени. Основные проблемы, которые могут встать на пути развития это изменение пропорций зданий из-за современных пристроек, расширение оконных проемов, удаление декоративных элементов, зашивка исторических балконов, замена традиционных материалов на современные (металл, пластик), а также хаотичное бессистемное занавешивание фасадов рекламой.

Вельск обладает рядом уникальных особенностей, позволяющих развивать разнообразные формы туризма. Ключевой из них это этнографический туризм – благодаря сохранившемся особенностям в Вельске, как уездном городе. Посещение музеев, старинных домов, участие в народных мастер-классах, позволяет туристам глубже познакомиться с историко-культурным наследием региона. Паломнический туризм – историческое наследие Вельска и соседних деревень включает в себя сохранившиеся православные храмы и часовни, которые могут стать основой для развития паломнических маршрутов. Особый интерес представляют старинные храмы и места, связанные с духовной культурой Русского Севера. Создание экскурсионных маршрутов по церковным памятникам, проведение православных праздников и духовно-просветительских мероприятий способствуют привлечению туристов, интересующихся религиозной историей. Событийный туризм – одним из факторов притяжения туристов становятся культурные события, проводимые в Вельске. Примером может служить ежегодный фестиваль «Вельск – уездный город», который воссоздает атмосферу дореволюционного провинциального быта, включает театрализованные представления, ярмарки, концерты и выставки. Активный туризм – часть программы «В Вельск за адреналином». В городе уже практикуются полеты на воздушных шарах, парапланеризм, мотокроссы и конные прогулки. Эти виды туризма ориентированы на молодежную и спортивную аудиторию.

Анализ туристического потенциала поселений Вельского муниципального района. В процессе исследования был проанализирован туристический потенциал поселений Вельского муниципального района (табл. 2) [2], который выявил отсутствие необходимых туристических сервисов, обеспечивающих комфортное пребывание: гостиниц, объектов общественного питания, торговли, визит-центров.

Заключение. Анализ Вельского муниципального района выявил высокий уровень туристического потенциала из-за своей истории, местоположения, а также благодаря визуальному образу уездного города, который удалось сохранить до наших дней. Также определено, что в административном центре, городе Вельске, уже существуют мероприятия и организации, занимающиеся привлечением гостей.

Для создания туристического кластера определены населенные пункты, которые благодаря своим памятникам архитектуры и образу, являются уникальными и могут вызывать интерес у туристов. Таким образом, можно сделать вывод, что Вельский муниципальный округ обладает высоким туристическим потенциалом и при его развитии может стать значимой точкой притяжения среди районов Архангельской области. Сейчас Вельск, посещаем, в основном, по пути из Москвы или Санкт-Петербурга в Архангельск. Формирование современной туристической инфраструктуры обеспечит более длительное пребывание туристов в городе. Вельск как опорный город туристического кластера должен иметь развитую туристическую зону с комфортными современными гостиницами, объектами общественного питания, торговли, досуга, общественными пространствами. Малым поселениям Вельского муниципального района необходима инфраструктура, позволяющая сделать краткосрочную остановку для групп туристов, интересующихся историко-культурными достопримечательностями региона или обеспечивающая длительное пребывание для желающих отвлечься от городской суеты на продолжительное время, – инфраструктуру агротуризма, рекреационного туризма. Архитектура туристических объектов должна сохранять идентичность историко-культурного и природного контекста места.

2. Анализ туристического потенциала поселений Вельского муниципального района

Название поселения	Достопримечательности	Транспортная доступность	Туристический сервис	Мероприятия / праздники	Перспективные виды туризма
Андричевская	Андричевская колокольня, Церковь Николая Чудотворца	До Вельска 1 ч 15 мин на машине	Отсутствие гостиниц, ресторанов, кафе	Фестиваль Петрово заговенье	Событийный туризм, рекреационный туризм, историко-культурный туризм
Благовещенское	Церковь Благовещения Пресвятой Богородицы, Церковь Александра Невского	До Вельска 1 ч на машине, также требуется паромная переправа через реку Вага	Отсутствуют гостиницы. Два кафе в деревне	–	Агротуризм, историко-культурный туризм, активный туризм
Погост	Церковь Ильи Пророка	До Вельска 30 мин на машине или 45 мин на автобусе	Отсутствие гостиниц, ресторанов, кафе	–	Агротуризм, историко-культурный туризм, активный туризм
Покровская	Церковь Покрова Пресвятой Богородицы	До Вельска 15 мин на машине или 20 мин на автобусе	Рядом находится рыбоводное хозяйство с гостевым домом и геокуполом (максимальная вместимость 6 человек). Отсутствие ресторанов и кафе	Программа «В Вельск за адреналином»	Агротуризм, историко-культурный туризм, активный туризм
Пежма	Богоявленская церковь	До Вельска 25 мин на машине	Рядом находится база отдыха Ново-Крылово с деревенской трапезной (максимальная вместимость 8 человек)	Велосипедный маршрут «Поехавшие в деревню», Туристический маршрут «Нет милей на свете края», «Пежемская вкуснятина»	Событийный туризм, историко-культурный туризм, активный туризм
Возгрецовская	Церковь Вознесения Господня, Ильинская церковь	До Вельска 21 мин на машине или 15 мин на автобусе или 1 ч пешком	Отсутствие гостиниц, ресторанов, кафе	–	Историко-культурный туризм, рекреационный туризм

Список использованных источников

1. Администрация МО «Вельский муниципальный район». Схема территориального планирования [Электронный ресурс]. – URL : https://g-velsk-r29.gosweb.gosuslugi.ru/deyatelnost/napravleniya-deyatelnosti/gradostroitelstvo/shema-territorialnogo-planirovaniya/ (дата обращения: 11.05.2025).
2. Бодэ, А. Б. Деревянные церкви в окрестностях Вельска / А. Б. Бодэ // Деревянное зодчество: сб. науч. ст. ; Российская академия архитектуры и строительных наук, Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства. – М., СПб, 2013. – С. 239 – 259.
3. Василевский, М. А. Незабываемая радуга детства. Воспоминания о старом Вельске / М. А. Василевский, О. Н. Марчук. – Вельск : 2009. – 204 с.
4. Еремеева, А. Ф. Туристические ресурсы как основа формирования туристических кластеров в российской Арктике / А. Ф. Еремеева, К. Н. Гончарова // Техническая эстетика и дизайн-исследования. – 2023. – Т. 5, № 1. – С. 22 – 33.
5. История и перспективы развития малоэтажной деревянной застройки городов Севера России / Ф. В. Перов, Р. А. Мангушев, Т. А. Дацюк, С. А. Болотин // Жилищное строительство. – 2024. – № 1-2. – С. 51 – 57.
6. Потапов, И. А. Проблемы рекреационного развития Сольвычегодска / И. А. Потапов // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2017. – № 2, Т. 11. – С. 102 – 110.
7. Черкасова, М. С. Документы XVII–XVIII вв. из архивов соборных храмов в Вельске и Верховажье [Электронный ресурс] / М. С. Черкасова. – URL : https://www.sedmitza.ru/data/541/997/1234/61_130.pdf (дата обращения: 11.05.2025).

УДК 614.849
67.09.05: Общая характеристика и классификация строительных материалов и изделий. Материаловедение

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ БЕЗ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Левинский Илья Игоревич
МЧС России, Департамент надзорной деятельности и профилактической работы, отдел нормативно-технический, инспектор
e-mail: *i.levinskiy@mchs.gov.ru*

Цели принятия технических регламентов перечислены в ч. 1 ст. 6 Федерального закона [1], среди которых защита жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества.

Статьей 5.1 Федерального закона [1] определено, что особенности технического регулирования в области обеспечения безопасности зданий и сооружений устанавливаются Техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений [2].

Вместе с тем, согласно ст. 8 Технического регламента о безопасности зданий и сооружений [2], пожарная безопасность зданий и сооружений обеспечивается в соответствии с требованиями Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [3].

Определившись с хронологией нормативных правовых актов, на основании которых обеспечивается безопасность зданий и сооружений, рассмотрим каким-образом обеспечивается безопасность объектов капитального строительства в ходе их эксплуатации.

На основании ч. 5 ст. 55.24 Градостроительного кодекса Российской Федерации [4], эксплуатация зданий и сооружений должна осуществляться, в том числе, в соответствии с требованиями технических регламентов, нормативных правовых актов Российской Федерации, а также в соответствии с проектной документацией.

Аналогичная норма расположена в пункте 2^1 Правил противопожарного режима в Российской Федерации [5].

Проектная документация здания или сооружения должна использоваться в качестве основного документа при принятии решений об обеспечении безопасности здания или сооружения на всех этапах жизненного цикла здания или сооружения (ч. 10 ст. 15) [2].

Кроме того, параметры и другие характеристики строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения в процессе эксплуатации здания или сооружения должны соответствовать требованиям проектной документации (ч. 2 ст. 36) [2].

Указанное соответствие должно поддерживаться посредством технического обслуживания и подтверждаться в ходе периодических осмотров и контрольных проверок и (или) мониторинга состояния строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения, проводимых в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Техническое обслуживание зданий и сооружений, согласно ч. 8 ст. 55.24 Градостроительного кодекса Российской Федерации [4], проводится в целях обеспечения надлежащего технического состояния таких зданий, сооружений. При этом, под надлежащим техническим состоянием зданий, сооружений понимаются, в том числе, исправность строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения, в соответствии с требованиями технических регламентов и проектной документации.

Кроме того, периодичность и состав подлежащих выполнению работ по техническому обслуживанию зданий, сооружений должны определяться в соответствии с проектной документацией (ч. 4 ст. 55.25) [4].

Исходя из системного анализа норм правовых актов [2, 3], к системам инженерно-технического обеспечения относятся, в том числе системы противопожарной защиты зданий и сооружений.

В соответствии с ч. 12 ст. 48 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [4] состав и содержание проектной документации определяются Правительством Российской Федерации.

На основании пункта 3^1 Положения о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию [6], в состав проектной документации для зданий и сооружений в обязательном порядке должен быть включен раздел 9 «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности».

Положения Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [3] обязательны, в том числе, при эксплуатации зданий и сооружений, и направлены на защиту жизни, здоровья, имущества граждан и юридических лиц, государственного и муниципального имущества от пожаров.

Для применения или исполнения требований пожарной безопасности, необходимо провести идентификацию здания или сооружения.

Идентификация осуществляется посредством определения существенных признаков, перечисленных в ст. 6.1 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [3], среди которых:

– класс функциональной пожарной опасности;
– степень огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности;
– категория наружных установок по пожарной опасности, категория зданий, сооружений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности (для производственных объектов).

Указанные существенные признаки должны быть указаны и обоснованы в разделе 9 проектной документации [6].

Кроме того, согласно ч. 1 ст. 78 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [3] проектная документация на здания и сооружения должна содержать пожарно-технические характеристики, предусмотренные [3].

Таким образом, пожарная безопасность в процессе эксплуатации зданий и сооружений может быть достигнута путем поддержания технических решений, заложенных в проектную документацию, в период строительства, реконструкции и капитального ремонта.

Аналогичные требования закреплены в пунктах 13, 23, 54 Правил противопожарного режима в Российской Федерации [5] и других их положениях.

Исходя из вышеизложенного следует, что при отсутствии проектной документации на здания или сооружения, невозможно обеспечить их пожарную безопасность, проверить исправность строительных конструкций и систем противопожарной защиты. Возможность идентификации здания или сооружения, с целью подбора к ним пожарных норм, также отсутствует.

Особое внимание обращается на то, что административные процедуры по восстановлению проектной документации на здания и сооружения Минстроем России до настоящего времени не разработаны, что создает правовой вакуум.

Вместе с тем, в своем письме [7] Департамент градостроительной деятельности и архитектуры Минстроя России излагает мнение, что в случае отсутствия проектной документации на объект капитального строительства, ее необходимо восстановить.

Поэтому лицу, ответственному за эксплуатацию здания и сооружения, остается в «слепую» эксплуатировать объекты капитального строительства, формально проводя на них техническое обслуживание, при этом заполняя журнал, предусмотренный положениями нормативных правовых актов [4, 5].

С учетом [8 – 13] сложившуюся ситуацию с отсутствием проектной документации на объект защиты можно представить в виде системы (ROP), в которой происходит марковский случайный процесс с дискретными состояниями s_1, s_2, s_3. [13]. Здесь предполагается, что переходы системы из состояния в состояние осуществляются в случайные моменты времени. Они происходят под воздействием пуассоновского потока событий с интенсивностью γ_{ij} = const. Это позволяет составить размеченный граф состояний системы ROP. Пример графа показан на рис. 1.

На рисунках 1 – 4 состояние s_1 характеризуется наличием предпосылок к формальной эксплуатации объектов капитального строительства при отсутствии проектной документации. Состояние s_2 соответствует выбору подхода, предусматривающего эксплуатацию объекта защиты в соответствии с проектной документацией. При состоянии s_3 объект защиты эксплуатируется в соответствии с проектной документацией, которая не соответствует требованиям технических регламентов.

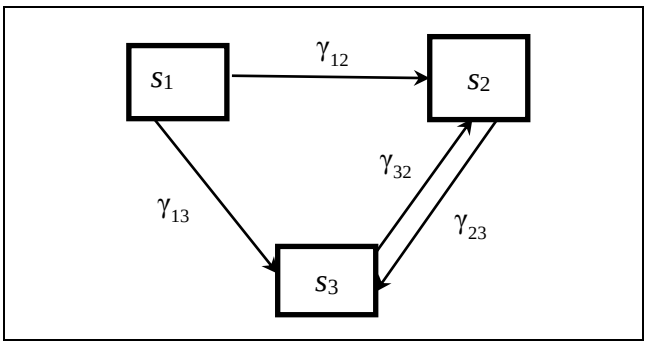


Рис. 1. Размеченный граф состояний системы ROP

Для системы ROP система дифференциальных уравнений с учетом опыта [13] будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} \dfrac{d\omega_1(t)}{dt} = -(\gamma_{12}+\gamma_{13})\cdot\omega_1(t), & (1) \\ \dfrac{d\omega_2(t)}{dt} = \gamma_{12}\omega_1(t)+\gamma_{32}\omega_3(t)-\gamma_{23}\omega_2(t), & (2) \\ \dfrac{d\omega_3(t)}{dt} = \gamma_{13}\omega_1(t)+\gamma_{23}\omega_2(t)-\gamma_{32}\omega_3(t), & (3) \end{cases}$$

где $\dfrac{d\omega_i(t)}{dt}$ – производная вероятностей s_1 состояния; γ_{ij} – интенсивность потока событий; $\omega_i(t)$ – предельное вероятностное состояние; t – случайные моменты времени.

Для нахождения предельных вероятностей в уравнениях Колмогорова принимается $\dfrac{d\omega_i(t)}{dt}=0,$ затем система алгебраических уравнений решается с учетом условия $\sum_{i-1}^{n}\omega_i(t)=1$.

Результаты исследования и их обсуждение.

На рисунках 2 – 4 представлены размеченные графы трех различных систем, отражающие подходы с заданными значениями интенсивности потока событий.

Рассмотрим систему ROP $_1$ на рис. 2.

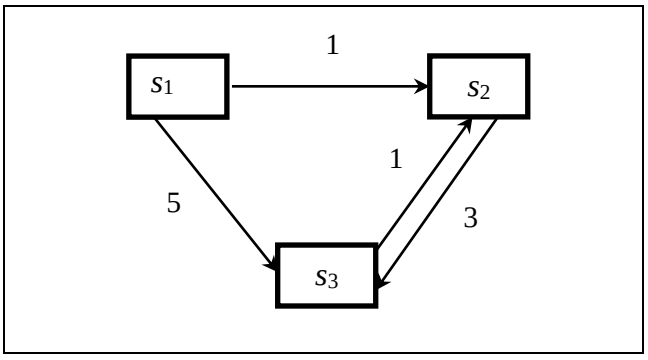


Рис. 2. Размеченный граф состояний системы ROP$_1$

Для системы ROP$_1$ система дифференциальных уравнений будет иметь вид:

$$\begin{cases} \dfrac{d\omega_1(t)}{dt} = -6\omega_1 & (4) \\ \dfrac{d\omega_2(t)}{dt} = \omega_1+\omega_3-3\omega_2 & (5) \\ \dfrac{d\omega_3(t)}{dt} = 5\omega_1+3\omega_2-\omega_3 & (6) \end{cases}$$

При решении данной системы получим предельные вероятности для системы ROP$_1$. Они будут равны: $\omega_1 = 0$; $\omega_2 = 0{,}25$; $\omega_3 = 0{,}75$.

Для системы ROP_2 система дифференциальных уравнений будет иметь вид:

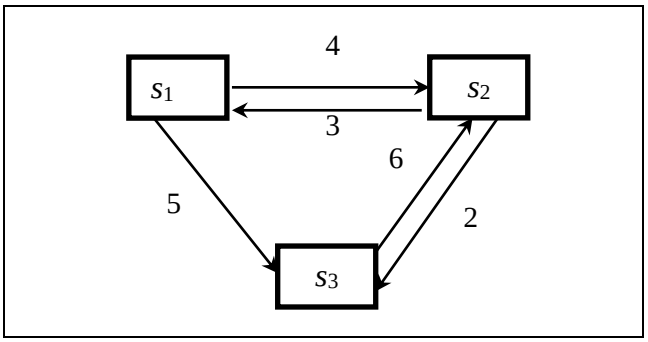


Рис. 3. Размеченный граф состояний системы ROP_2

Система дифференциальных уравнений для данного случая будет иметь вид:

$$\begin{cases} \frac{d\omega_1(t)}{dt} = -9\omega_1 + 3\omega_2 & (7) \\ \frac{d\omega_2(t)}{dt} = 4\omega_1 + 6\omega_3 - 5\omega_2 & (8) \\ \frac{d\omega_3(t)}{dt} = 5\omega_1 + 2\omega_2 - 6\omega_3 & (9) \end{cases}$$

По итогам решения данной системы получим предельные вероятности для системы ROP_2. Они будут равны: $\omega_1 = 0{,}171$; $\omega_2 = 0{,}514$; $\omega_3 = 0{,}314$.

Рассмотрим систему ROP_3 на рис. 4.

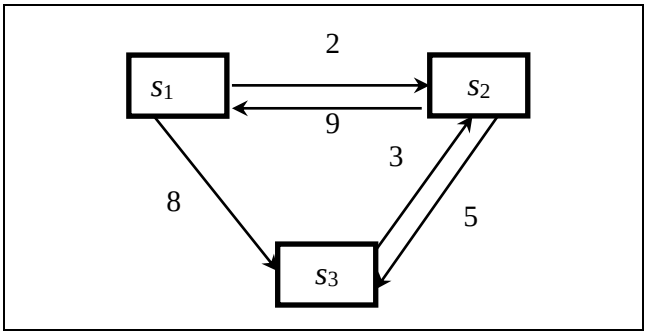


Рис. 4. Размеченный граф состояний системы ROP_3

Для системы ROP_3 система дифференциальных уравнений будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{d\omega_1(t)}{dt} = 9\omega_2 - 10\omega_1 & (10) \\ \frac{d\omega_2(t)}{dt} = 2\omega_1 + 3\omega_3 - 14\omega_2 & (11) \\ \frac{d\omega_3(t)}{dt} = 8\omega_1 + 5\omega_2 - 3\omega_3 & (12) \end{cases}$$

При решении данной системы получим предельные вероятности для системы ROP_3. Они будут равны: $\omega_1 = 0{,}150$; $\omega_2 = 0{,}167$; $\omega_3 = 0{,}681$.

В работе по исследованию системы выбора отношения к наличию проектной документации на объект защиты проводился ряд численных экспериментов при различной интенсивности потока событий для трех состояний (эксплуатация объекта защиты: при отсутствии проектной документации; в соответствии с проектной документацией; в соответствии с проектной документацией, которая не соответствует требованиям технических регламентов).

Проведенное исследование показало динамику изменения значений предельной вероятности для систем ROP_1 – ROP_3, в результате чего можно сделать следующие выводы.

1. Определены предельные вероятности для систем ROP_1, ROP_2, ROP_3. Система ROP_1 в среднем 25% будет находиться в состоянии s_2, 75% – в состоянии s_3. Система ROP_2 в среднем 17,1% будет находиться в состоянии s_1, 51,4% – в состоянии s_2, 31,4% – в состоянии s_3. Система ROP_3 в среднем 15,0% будет находиться в состоянии s_1, 16,7% – в состоянии s_2, 68,1% – в состоянии s_3.

2. Полученные результаты эксперимента представляются адекватными, они сопоставимы с результатами исследования [13], аналогичны им и могут быть использованы для проведения дальнейших расчетов.

3. Результаты исследования могут быть использованы для подготовки сотрудников надзорных органов МЧС России к действиям при отсутствии проектной документации на здания и сооружения. В этом случае при эксплуатации таких объектов капитального строительства существует угроза жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества. В связи с этим, руководствуясь частью 1 статьи 55.26 Градостроительного кодекса Российской Федерации [4], эксплуатация указанных зданий и сооружений подлежит приостановке в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

Список использованных источников

1. О техническом регулировании : федер. закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ (ред. от 25 декабря 2023 г. № 651-ФЗ) // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2002. – № 52 (ч. I). – Ст. 5140.
2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» : федер. закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ (ред. от 25 декабря 2023 г. № 653-ФЗ) // Собр. Законодательства Рос. Федерации. – 2009. – № 52 (ч. 1). – Ст. 6217.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: (ред. от 25 декабря 2023 г. № 665-ФЗ) // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2008. – № 30 (ч. I). – Ст. 35794.
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ: (ред. от 26 декабря 2024 г. № 494-ФЗ) // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2004. – № 1 (ч. I). – Ст. 16.
5. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1479 // Собр. Законодательства Рос. Федерации. – 2020. – № 39. – Ст. 6056.
6. Об утверждении Положения о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: постановление Правительства Рос. Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2008 – № 8. – Ст. 744.
7. Департамент градостроительной деятельности и архитектуры Минстроя России. Письмо от 18.04.2023 № 10916-ОГ/08 «По вопросу восстановления проектной документации» [Электронный ресурс] // СПС «Консультант плюс». – URL : [Дата обращения: 11.05.2025].
8. О пожарной безопасности объектов, не проверенных надзорными органами / А. А. Лазарев и др. // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. – Иваново, 2023. – С. 250 – 254. – EDN: KZCUFA
9. О пожарной безопасности населенных пунктов, подверженных угрозе ландшафтных (природных) пожаров / О. С. Романова и др. // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. – Иваново, 2023. – С. 341 – 346. – EDN: ODBFRW
10. Лазарев, А. А. Рискогенные факторы планирования проверок в области пожарной безопасности / А. А. Лазарев, В. В. Булгаков // Техносферная безопасность. – 2018. – № 4(21). – С. 138 – 145. – EDN: YXLVQD
11. Пожарная опасность объектов надзора на основе анализа обстановки с пожарами в Ивановской области в 2022 году / О. С. Романова и др. // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. – Иваново, 2023. – С. 347 – 351. – EDN: RXCHMG
12. Модель совершенствования специальных технических условий по пожарной безопасности / М. Л. Меликян и др. // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 2(51) – С. 65 – 73. – EDN: MEDQMT
13. Проблемы разработки условий особого противопожарного режима / С. В. Федосов и др. // Пожарная безопасность. – 2024. – № 2(115). – С. 74 – 83. – EDN: CIXJTS

УДК 711.165
67.25.23: Реконструкция и восстановление городов и населенных мест

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ СОЦИАЛЬНО-БЫТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТЕРРИТОРИЙ МАССОВОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

Литвинова Наталия Андреевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант, кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги»
e-mail: natashakiseleva.25@gmail.com

Матвеева Ирина Владимировна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доцент кафедры «Городское строительство и автомобильные дороги»
e-mail: times02@yandex.ru

Шишкин Дмитрий Михайлович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант, кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги»
e-mail: gsiad_tambov@mail.ru

Социально-бытовая инфраструктура населенных пунктов является одним из важных показателей качества среды жилых территорий. Ее наличие и состояние показывает уровень развития и влияет на привлекательность тех или иных районов при выборе места жительства населением. Инфраструктура объектов обслуживания является в этой связи неотъемлемой частью повседневной жизни населения и индикатором социального благополучия города. Помимо основной функции по удовлетворению потребностей жителей городов в получении ежедневных услуг (торговли, питания, ремонта одежды и обуви, парикмахерских и т.п.), социально-бытовая инфраструктура выступает также дополнительным источником занятости населения, что может говорить об уровне развития жилой территории в целом [1].

К объектам социально-бытового назначения принято относить:

- предприятия торговли (магазины различного назначения);
- предприятия общественного питания (закусочные, столовые, кафе, рестораны и т.п.);
- предприятия здравоохранения (поликлиники, больницы, медицинские центры);
- объекты образования и воспитания детей (детские сады, школы);
- объекты культурного досуга (библиотеки, театры, кинотеатры, танцевальные залы и т.п.);
- физкультурно-спортивные объекты (бассейны, спортивные залы);
- объекты дополнительного образования и творчества детей и взрослых (музыкальные и художественные школы, центры творчества, клубы по интересам).

Наиболее востребованными предприятиями для ежедневного использования, так называемой «шаговой доступности», являются торговые предприятия, аптеки, парикмахерские. При этом ощущается нехватка предприятий, предоставляемых услуги по ремонту одежды, обуви, бытовой техники и приборов.

При анализе инфраструктуры бытового обслуживания жилых кварталов и микрорайонов различных периодов застройки отмечено, что с точки зрения обеспечения всем спектром социально-бытовых услуг наибольшая насыщенность рассматриваемыми объектами наблюдается на территориях, застроенных в 60-70-е годы XX века. Связано это с тем, что с середины 20-го века началось развитие комплексного планирования в градостроительстве и при массовой застройке крупных территорий одновременно возводились и объекты социально-бытовой инфраструктуры с учетом планируемой плотности населения на них [2]. В советский период существования государства создание объектов обслуживания населения поддерживались на государственном уровне, что позволяло равномерно обеспечить население различных территорий требуемыми услугами. В условиях рыночной экономики практически вся сфера услуг, за исключением образовательных, развивается за счет активности предпринимателей, преследующих прежде всего финансовую выгоду. Этим объясняется неравномерность размещения предприятий по территории застройки. Высокая плотность населения диктует и высокую потребность, в случае низкой плотности населения наблюдается существенный недостаток в той или иной сфере услуг.

Показательным примером может служить массовая застройка ул. Мичуринской в Тамбове от Северной площади до ул. Магистральная. Периметральная застройка жилых кварталов представлена четырех-, пятиэтажными жилыми домами в кирпичном и крупнопанельном исполнении. Внутри некоторых кварталов размещены отдельностоящие девятиэтажные двухподъездные панельные здания, являющиеся высотными акцентами.

На момент формирования рассматриваемой жилой застройки комплексным планом предусматривалось и было реализовано строительство четырех школьных зданий, десяти детских садов, нескольких отдельностоящих и встроенных в жилые здания торговых центров. Была также создана сеть почтовых отделений, предприятий, предоставляющих услуги по ремонту, химчистке и т.п. Услуги досуга, спорта и дополнительного образования предоставляли филиалы библиотек, кинотеатр «Юность», музыкальная школа № 2, бассейн «Надежда». Многие из перечисленных предприятий продолжают функционировать и сейчас по своему первоначальном назначению. На рисунке 1 представлена схема социально-бытового обслуживания жилого квартала в границах улиц Мичуринская – бул. Энтузиастов – Шлихтера – Н. Вирты.

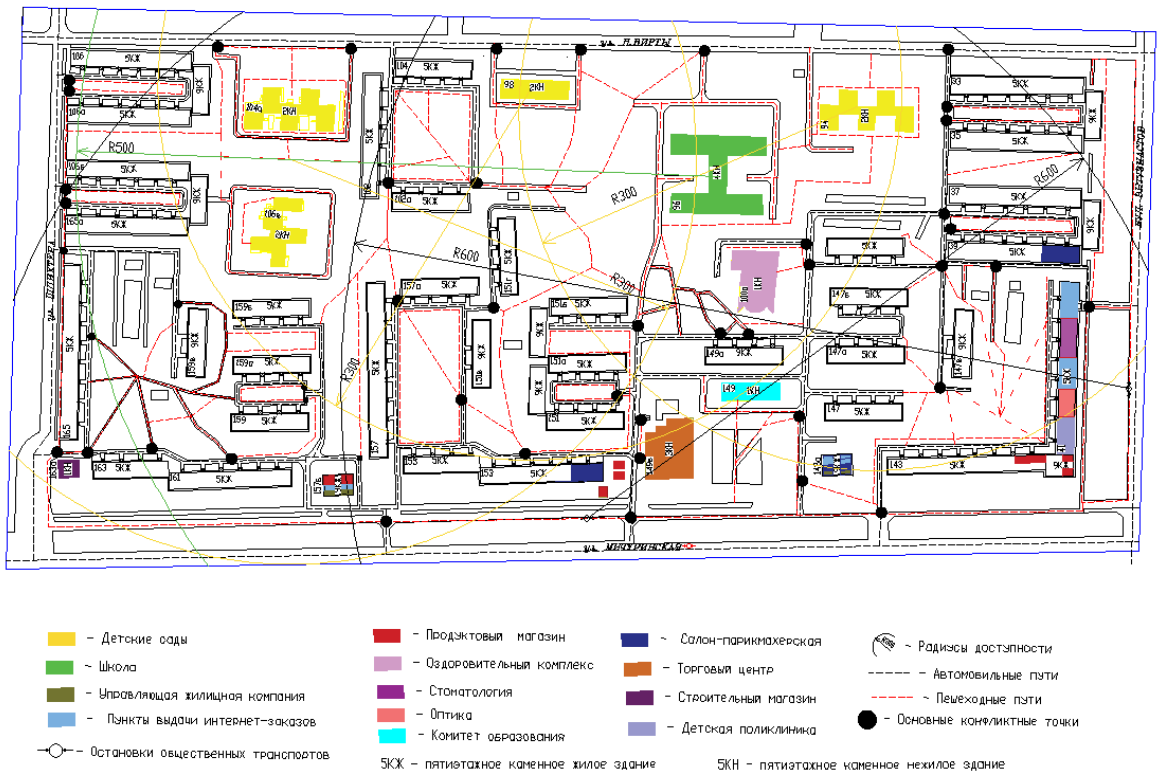


Рис. 1. Схема социально-бытового обслуживания жилого квартала в Тамбове

Как видно из представленной схемы, наряду с благополучной ситуацией, складывающейся с объектами торговли, образования, досуга детей, необходимо обратить внимание на отсутствие на этих территориях достаточного количества предприятий общественного питания, особенно с учетом того, что здесь расположен кампус Тамбовского государственного технического университета, а также Тамбовский колледж торговли, общественного питания и сервиса. Высокую потребность в подобных услугах не могут закрыть несколько точек быстрого питания, расположенных в районах притяжения студентов (торговые комплексы «Океан», «ТЦ № 19»).

Одной из причин несоответствия социальной инфраструктуры современным условиям может служить то обстоятельство, что за прошедшие после формирования застройки десятилетия изменился и социальный облик жителей. Произошло существенное старение населения, проживающего в кварталах массовой застройки рассматриваемого периода, возросло число мигрантов из ближнего зарубежья, увеличился процент жилья, сдаваемого в аренду. Кроме того, изменилась потребительская ориентация населения, требующая уплотнения сети предприятий социально-бытового обслуживания (магазинов «шаговой доступности», аптек, парикмахерских, медицинских центров и т.п.). Появилась также потребность в проявлении творческой активности не только детей, но и людей разных возрастов. Веянием времени можно назвать и развитую сеть пунктов выдачи заказов интернет-магазинов (маркет-плейсов), что приводит в настоящее время к сокращению количества предприятий по продаже непродовольственных товаров.

Созданию развитой системы социально-бытового обслуживания жителей, так называемой системы предприятий «шаговой доступности», может способствовать комплексное переустройство первых этажей зданий «хрущевок». Наиболее востребованными в последние годы у жителей становятся предприятия, предоставляющие ежедневные потребительские услуги (например, магазины, парикмахерские, аптечные пункты), а также в таких зданиях возможно размещение культурно-досуговых учреждений (детских развивающих центров, детских садов дневного пребывания, коворкингов, клубов пожилых людей) [3].

Создание развитой системы учреждений позволит минимизировать затраты времени работающего населения на получение конкретной услуги и сократить пути передвижения маломобильных жителей.

Интеграция учреждений социально-бытового и культурного обслуживания населения в существующие жилые дома не требует отдельного земельного участка. При этом необходимо осуществлять размещение групп помещений с различными функциями (жилыми и общественными) по принципу вертикального зонирования. Доступ жителей дома в квартиры осуществляется через входы в подъезды со стороны дворовой территории. Вход в учреждения должен быть автономным, осуществляться со стороны улицы, с главного или торцевых фасадов, и обеспечивать требования доступности для маломобильных групп населения.

Несмотря на выявленные недостатки социально-бытовой инфраструктуры районов массовой застройки нужно отметить, что жилые территории, сформированные в период массового строительства (1960 – 1970-е гг.), по спектру предоставляемых населению социально-бытовых услуг наиболее благополучны в отличие от современной жилой застройки, располагаемой на периферийных городских территориях. При высокой плотности населения там отмечается существенный дефицит мест в детских дошкольных учреждениях, школах, не хватает

объектов для массового спорта (стадионов, катков, бассейнов и т.п.). Как и в советский период, потребность в них может быть закрыта только при непосредственном участии государства, а также при стимулировании застройщиков участвовать в строительстве объектов социальной инфраструктуры на условиях государственно-частного партнерства.

Таким образом, развитие системы социально-бытовой инфраструктуры напрямую зависит от территориального размещения застройки в структуре города, от плотности и демографического состава населения, от времени формирования застройки [4, 5]. Для улучшения состояния инфраструктуры на старозастроенных территориях в некоторых случаях будет достаточно при проведении частичной реконструкции существующих жилых домов создать пространства на первых этажах жилых зданий для размещения недостающих предприятий. В условиях современной застройки закрытие дефицита по некоторым группам социально-бытовых объектов возможно только при значительном объеме нового строительства, требующего крупных финансовых затрат [6].

Список использованных источников

1. Парфенова, К. В. Особенности развития социально-бытовой инфраструктуры Забайкальского края / К. В. Парфенова // Вестник Бурятского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. – 2019. – № 4(36). – С. 225 – 232.

2. Вишнивецкая, А. И. Обеспечение комплексности при реновации застроенных территорий / А. И. Вишнивецкая, Е. М. Коршунова // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 6(71). – С. 214 – 220.

3. Страшнова, Ю. Г. Социально-экологическая значимость методов реконструкции пятиэтажной жилой застройки без сноса / Ю. Г. Страшнова // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2022. – № 1(37). – С. 26 – 35.

4. Матвеева, И. В. Модернизация первых этажей жилых зданий массовых серий / И. В. Матвеева, Д. М. Шишкин // Современные проблемы материаловедения : сб. науч. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф., Липецк, 27 февраля 2025 года. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2025. – С. 227 – 233.

5. Андрианов, К. А. Организация обследования и проведения ремонтно-строительных работ – основа сохранения объектов культурного наследия в исторической застройке Тамбова / К. А. Андрианов, А. В. Крюков, В. И. Леденев // Современная наука: теория, методология, практика : материалы IV Всерос. национальной науч.-практ. конф., Тамбов, 20–21 апреля 2022 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2022. – С. 113 – 115.

6. Градостроительные, экологические, социальные и технические проблемы исторической застройки Тамбова и пути их решения / А. С. Жабина, С. И. Серегин, А. А. Крюкова, В. И. Леденев // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., Тамбов, 23 – 25 сентября 2020 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2020. – С. 129 – 132.

УДК 741.021: 378.09
14.35.09: Методика преподавания учебных дисциплин в высшей профессиональной школе

РИСУНОК В АРХИТЕКТУРНО-ДИЗАЙНЕРСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Мамугина Валентина Петровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет,
кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры дизайна
e-mail: mamugina@mail.ru

Направленность процесса архитектурно-дизайнерского образования на познание и преобразования мира по законам красоты требует постоянного совершенствования технологии обучения студентов в вузе.

Профессиональная культура архитектора-дизайнера, как известно, тесно связана с графикой. «Способность обучающегося оперировать понятиями и пространственными образами, связанными с визуализацией информации, транслировать ее с помощью графических средств» [6, с. 266] актуальна и в настоящее время для творческих специальностей.

В архитектурно-дизайнерском образовании в вузе наблюдается обращение к вопросам рукотворного мастерства и его значимости с возникновением графических изображений, созданных на основе информационных технологий.

Рисунок имеет важное значение в архитектурно-дизайнерском творчестве, являясь частью процесса становления образа. Именно с этой точки зрения исследователями художественного процесса отмечается необходимость сохранения в образовательном пространстве изобразительной подготовки. Умение рисовать не теряет своего значения, как показало время, а, наоборот, приобретает особое звучание. Оно по-прежнему актуально и сегодня, поскольку «…только рука, – как справедливо отмечает известный архитектор Заха Хадид, – устанавливает связь между сознанием и подсознанием» [1]. Созданию изображения на компьютере предшествуют: набросок, эскиз, рисунок, макет. Эти этапы способствуют формулированию и фиксации замысла, и только

потом следует 3D-моделирования. Рукотворное изображение помогает выстроить концепцию, логику, подсказать художественное решение образа. Мышление и рассуждение на первоначальной стадии формирования и развития идеи посредством рисунка не может заменить машинная техники.

Рисунок представляется главным компонентом, способствующим развитию склонности к логическому мышлению, эмоциональному восприятия мира и на основе наблюдений, размышлений и фантазий активизировать механизм творческого процесса.

Рисунок архитектора-дизайнера также направлен на познание конструктивной природы объекта, его сущностной основы. Представить сложную форму как комбинаторику простейших геометрических тел. Аналитический подход дает понимание общности форм и логических взаимосвязей между объектами.

Рисунок необходим архитектору-дизайнеру на этапе создания образа. Во время работы над эскизом включается фактор воображения. Их может быть несколько и каждый является этапом творческой работы над образом. Можно отказаться от одного и перейти к другому. На компьютере скорость переключения иная, в силу сложности различных инструментов компьютерных программ. Да, безусловно, компьютерное проектирование имеет свои плюсы, со стороны работа, выполненная на компьютере, выглядит более солидной. Но целью эскиза не является высокое качество 7. Задача заключается в изображении архитектурных идей, передаче своего неповторимого, авторского, индивидуального почерка наиболее рациональным графическим путем. Только рисунок позволяет передать наши представления вне зависимости от всех существующих установок, приемов и подходов, то есть создать такие построения, которые говорили бы с полной силой о поставленной проблеме, но не были бы связаны требованием их обязательного практического применения [2 – 4].

Рисунок является языком архитектора-дизайнера, который постоянно совершенствуется, приобретает черты индивидуальности и становится показателем его культуры. Рисунок в профессии архитектора-дизайнера это средство общения с заказчиком, исполнителем, средство воплощения творческого замысла. Для общения с заказчиком необходимо овладеть определениями, понятиями, терминологией, связанной с художественной практикой. Осознание и обобщение своего творческого опыта можно передать другим. Осознать, значит приобрести потенциальную возможность передать информацию, объяснить суть вещей другому. Способность к пониманию своего творческого опыте является необходимым условием формирования личности будущего специалиста. Этот опыт приобретается в процессе обучения, включающего развитие как логического, так и чувственного, образного компонентов в мышления.

Рисунок в профессионально-художественном развитии будущего архитектора-дизайнера является той дисциплиной, которая учит пониманию формы и ее расположения в пространственной среде. Единый объект интереса и архитектора, дизайнера и графика: форма и пространство. В дизайне, архитектуре, графическом искусства имеет место общность в художественном языке. Его элементы в той или иной степени применяются в этих видах искусств.

Пользуясь понятиями «художественный язык», «художественно-выразительные средства», «изобразительно-выразительные средства», следует пояснить, что они включают в себя. Под художественным языком понимается совокупность изобразительно-выразительных средств и приемов для воплощения содержания произведения. Понятие «изобразительно-выразительные средства» – художественные приемы и средства создания образов искусства, определяющие их наглядность и эмоционально-эстетическую выразительность. Их выбор зависит от сущности, задач и особенностей того или иного вида искусства. В художественной педагогике часто пользуются понятием «художественно-выразительные средства». Оно, в целом, однозначно понятию «изобразительно-выразительные средства». Художественно-выразительные (изобразительно-выразительные) средства являются той структурой и приемами, которые служат для воплощения зрительно-ассоциативной работы художника по образному воспроизведению мира. Художественно-выразительные средства, как более широкое понятие, можно разделить на художественно-организаторские и изобразительно-выразительные средства. К художественно-организаторским относятся: выбор формата, композиционного центра, построение пространства, применение композиционной схемы, движение форм и др. Изобразительно-выразительные средства включают: различные виды контрастов, ритма, нюансы, симметрии, пластику и др. Деление – это условно так, как и первая и вторая группа средств часто является одновременно организующим и выразительным элементом произведения. Используется такое деление в обучающем процессе для конкретизации задач по грамотному и выразительному решению изображения [5].

Такие противоречия как: ритм – пластика; симметрия – асимметрия; статика – динамика; контраст – аналогия, изобразительность – декоративность, – не могут существовать одна без другой в композиции. Они представляют собой единство диалектически противоположных категорий. В этом случае задача художественного образного обобщения выражается в найденном соотношении между определенными противоположностями. Разумеется выделение одного из средств выразительности, как решение поставленной задачи, носит не абсолютный, а относительный характер, т.е. не исключает использование других средств выразительности необходимых для создания эстетических ценной композиции.

Среди художественно-организаторских средств рисунка, изучаемого студентами в вузе, выделим некоторые из них для рассмотрения влияния на грамотное и выразительное решение изображения. Так, например, выбор формата и расположение изображения на листе. Горизонтальный формат и горизонтальное расположение элементов позволяют за компоновать большое количество элементов и способствуют передаче образа покоя. Вертикальный формат и вертикальные направления применяются чаще всего там, где требуется передача состояния приподнятости, величия, динамики. Квадратный формат влияет на передачу статики, покоя. Исполь-

зование диагональных направлений лучше передает силу движения, напряженность, устремленность. Применение в рисунке параллельности направлений является методом усиления единства действий. Расположение объектов по кругу применяется для передачи в изображении замкнутости, пластики [5].

Создание атмосферы в рисунке, архитектурно-дизайнерском проекте достигается посредством пространственных планов и акцентов. Композиция воспринимается как динамичная предметно-средовая система.

Художественное видение, как известно, тяготеет к утрировке, заострению, доходящему до гротеска. Это определяет использование в изображении такого художественно-выразительного средства, как условность. Художественный образ не тождественен изображаемому объекту и поэтому может быть назван условным. Она оттеняет или заостряет выразительные моменты изображения. Подчеркивания и преувеличения усиливают целостное ассоциативное воздействие на зрителя изобразительного решения и необходимы в рисунке в достижении его выразительности [5].

Одним из ведущих художественно-выразительных средств является контраст. Контрасты большого и малого, близкого и далекого, светлого и темного, статичного и динамичного, симметрии и асимметрии и др. способствуют достижению желаемого эффекта образного звучания. Так, например, присутствие с динамично расположенными в рисунке и дизайнерской композиции объектами статичного по характеру элемента позволяет максимально выразить движение. Контрасты не должны быть случайными или хаотичными. Они должны быть обоснованными и подчиняться определенной закономерности, например, ритму. В процессе осмысления идеи рисующий должен уловить в ней своеобразный порядок, которым она стремиться выразиться в рисунке. Ритм в композиции является организующим началом и обладает собственным художественно-выразительным эффектом. Упорядоченная ритмическая организация вертикальных линий способствует созданию впечатления динамичности, устремленности. Преобладание ритма горизонтально расположенных линий влияет на образ статичности, покоя [5].

Взаимосвязь форм, масс, их линий и силуэтов способствует достижению в рисунке пластичности. Пластичность – особая красота, которая достигается цельностью, тонкостью и выразительностью моделировки формы, а также гармоническая взаимосвязь масс, их линий и силуэтов. Хорошо выдержанные пластические формы и пластические отношения усиливают выразительно-смысловой эффект композиции. Они участвуют в создании целостности. Для достижения пластической выразительности следует хорошо владеть навыками линейно-конструктивного и тонального рисунка. Исследование конструктивного взаимодействия форм, их соподчиненности по пропорциям, масштабу, на занятиях по рисунку позволяет постичь пластический смысл объектов и их взаимодействие между собой.

Трудно обозначить границы между основными изобразительно-выразительными средствами, в силу подвижности этих границ. Знакомство с комплексным их сочетанием следует осуществлять уже на более высоком уровне овладения художественно-выразительными средствами изображения. Освоение художественных средств языка искусства позволяет лучше понимать нравственное, эстетическое и художественное содержание образов искусства, способствует достижению соответствия между образом восприятия действительности и отражением его в рисунке, дает практику для создания рисунков и дизайнерских проектов.

В практике художественной педагогики можно найти примеры специальных упражнений, направленных на развитие художественного мышления, на сознательное усвоение особенностей художественного языка изобразительного искусства (Д. Н. Кардовский, С. Х. Раппопорт, Л. Б. Михаленко и др.).

Нас интересуют специальные графические задания, в которых объединяются противоречия различных аспектов изобразительного искусства. Например: «контраст – аналогия», «пространство – плоскость», «ритм – пластика», «симметрия –асимметрия» и т.п. Задача, поставленная в такой форме, требует активного оперирования образами, представлениями, понятиями, в рамках противоположных категорий, что способствует более глубокому формированию принципов продуктивного решения поставленной задачи не только на интуитивном, но и на сознательном уровне. Руководствуясь вышеизложенными идеями, предлагается система заданий, базирующаяся на использовании абстрактных геометрических форм в создании композиций, которые будут формировать профессиональную направленность познавательных процессов в творчестве. Формирование сознательного, активного отношения к художественно-выразительным средствам изобразительного искусства происходит при выполнении специальных упражнений, в которых объединяются пластические элементы.

Такие противоречия как ритм и пластика, симметрия и асимметрия, статика и динамика; контраст и аналогия, изобразительность и декоративность не могут существовать одна без другой в композиции, и представляют собой единство диалектически противоположных категорий. В этом случае задача художественного образного обобщения выражается в найденном соотношении между определенными противоположностями. Разумеется выделение одного из средств выразительности как решение поставленной задачи в упражнении носит не абсолютный, а относительный характер, т.е. не исключает использование других средств выразительности необходимых для создания эстетических ценной декоративной композиции.

Перед началом постановки учебно-творческого задания на занятиях по рисунку перед студентами проводится беседа о художественном языке искусства.

Целью теоретической части является:

1) приведение в систему тех знаний, которые были приобретены на других специальных дисциплинах;
2) сообщение новых знаний в области композиции;
3) развитие представлений и понятий, связанных с процессом изобразительного творчества. Каждое теоретическое положение иллюстрируется наглядным материалом.

Практическая работа студентов состоит из поиска решения в эскизе и выполнения окончательного варианта упражнения в заданной технике и материале. Используются абстрактные геометрические элементы, которые не несут дополнительной нагрузки эмоционального воздействия конкретных форм.

Серия краткосрочных рисунков, в основе которых лежит принцип выделения и противопоставления средств художественной выразительности относится к первому этапу формирования качеств и способов мышления необходимых дизайнеру. Упражнения первого этапа должны завершаться заданиями по теме «изобразительность-декоративность».

Упражнения второго этапа формирования художественного мышления связаны с созданием композиций на определенную тему. Согласно замыслу, идеей и чувствами, которые он стремиться выразить. При разработке композиции на определенную тему студент невольно обращается к ассоциативным образам, которые появились при выполнении первого этапа упражнений. Например, определенные навыки в передачи ощущения движения, которые сформировались у студента, будут использованы для выражения динамичного образа в композициях, таких как: «Буря», «Балет», «Полет» и т.п. Художественные ассоциации отличаются от обыденных, они не стереотипны, и, при восприятии изображения, вызывают специфическую эстетическую реакцию.

Таким образом, рисунок является главным изобразительным средством творческого метода архитектора-дизайнера. Умение владеть искусством рисования – это залог успешного выполнения любой проектной задачи. Способность к художественному мышлению в частности, к интеллектуальной его стороне, успешно формируется у студентов на занятиях по рисунку. Формирование образного и понятийного компонента художественного мышления возможно во время обучения рисунку, в том числе, и путем использования системы специальных упражнений. Креативное образование предусматривает частые упражнения в поисках оптимального решения. Это расширяет границы видения проблем развития и проектирования вариативности их воплощения. Осознание своего творческого опыта необходимо для совершенствования своей собственной художественной практики, так и для того, чтобы объясниться с заказчиком, т.е. в практической, профессиональной деятельности.

Список использованных источников

1. Заха Хадид (Zaha Hadid). – URL : http://www.archplatforma.ru/?act=2&tgid
2. Кузнецов С. О. Архитектурный рисунок и его роль в работе архитектора. Сергей Кузнецов. – URL : http://sergeykuznetsov.com/ru/news
3. Ли, Н. Г. Рисунок. Основы учебного академического рисунка : учебник / Н. Г. Ли. – М. : Эксмо, 2021. – 480 с.
4. Максимов, О. Г. Рисунок архитектора, как генератор его профессиональной культуры и творчества / О. Г. Максимов // Архитектура и строительство России. – 2014. – № 12(204). – С. 36 – 40.
5. Мамугина, В. П. Творческое развитие будущих архитекторов в подготовке по рисунку / В. П. Мамугина // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – Тамбов, 2014. – Вып. 8(136). – С. 60 – 66
6. Папилина, Л. В. Особенности обучения техническому рисунку будущих дизайнеров / Л. В. Попилина // Вестник Оренбургского университета. – Оренбург, 2007. – № 11–2.

УДК 004.9
67.23.00: Архитектурно-строительное проектирование

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ

Охотников Леонид Сергеевич
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», студент 4-го курса
e-mail: *l.okhotnikov@sibstrin.ru*

Чмир Юлия Эдуардовна
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», старший преподаватель кафедры градостроительства и городского хозяйства
e-*mail*: *yu.chmir@sibstrin.ru*

Введение. Современные тенденции цифровизации строительной отрасли требуют перехода к структурированным и стандартизированным методам представления данных. С 2024 года вступило в силу Постановление Правительства РФ № 614 [1], регламентирующее формирование информационной модели объекта капитального строительства на всех этапах жизненного цикла, в формате XML. Данное нововведение направлено на повышение прозрачности, качества и эффективности управления строительными проектами. Такое решение обусловлено распоряжением правительства РФ № 3883 от 27 декабря 2021 года [2], утверждающее стремлением к цифровизации и автоматизации процессов в строительной отрасли.

Внедрение XML обусловлено его гибкостью, возможностью валидации данных и совместимостью с автоматизированными системами. В отличие от традиционных форматов (PDF, DOC), XML обеспечивает машинно-читаемую структуру, что упрощает интеграцию между различными этапами жизненного цикла объекта.

Формат XML обеспечивает более структурированный подход к хранению и обмену данными, что упрощает взаимодействие между различными участниками проектов. Это также способствует улучшению контроля за выполнением строительных норм и правил, а также повышению эффективности работы в целом.

Введение обязательного формата XML является важным шагом к модернизации строительной отрасли, позволяя обеспечить более высокую степень стандартизации и унификации информации. Таким образом, компании, работающие в сфере строительства, должны адаптироваться к этим изменениям и внедрять новые технологии для соответствия требованиям Минстроя.

2. Обоснование выбора XML. XML (eXtensible Markup Language) – это расширяемый язык разметки, предназначенный для хранения и передачи данных в структурированном виде. Он позволяет описывать данные с помощью пользовательских тегов, что делает его гибким и универсальным. Разработан Консорциумом Всемирной паутины в 1998 году.[3]

Его ключевые преимущества включают:

- **Структурированность данных** – XML позволяет описывать сложные иерархические структуры, что особенно важно для проектной документации.
- **Человеко- и машиночитаемость** – в отличие от бинарных форматов, XML-файлы могут редактироваться как вручную, так и автоматизированными системами.
- **Валидация через XSD-схемы** – использование XML Schema Definition (XSD) обеспечивает контроль корректности заполнения данных.
- **Интеграция с BIM** – XML может использоваться для обмена данными между информационными моделями (IFC) и государственными информационными системами.
- **Расширяемость** XML, что позволяет создавать собственные теги и структуры в зависимости от потребностей конкретного проекта или документа. Описание структуры, тегов и требований к находится на сайте minstroyrf.gov.ru

3. Формирование XML-схем задания на проектирование, пояснительной записки. Техническое задание формируется между инвестиционным обоснованием проекта и заключением договора на проектную стадию. В пояснительной записке содержится информация обо всех разделах (КР, ИОС, ЭС и др.) на основании Постановления № 87 от 16 февраля 2008 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [4] и мы можем частично сформировать пояснительную записку на основании данных из технического задания и наоборот. В этом и состоит одна из достоинств xml схем – это автоматизация заполнения документации благодаря удобным пользовательским тегам. Так же это нам дает возможность проверять данные на более поздних этапах жизненного цикла проекта.

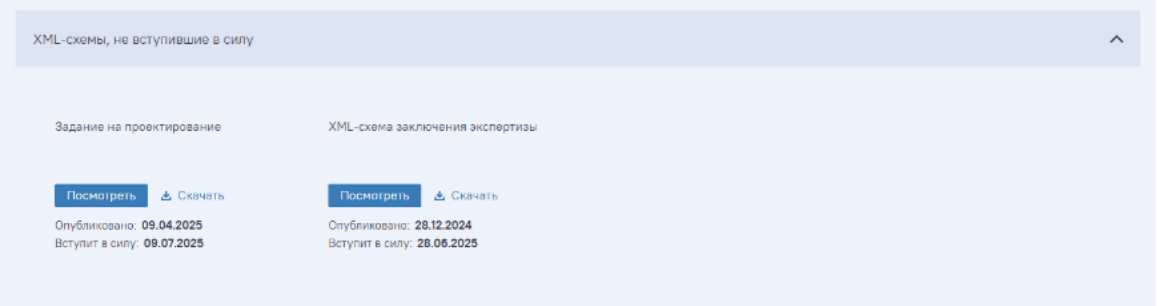


Рис. 1. Сайт МИНСТРОЙ РФ XML-схема, не вступившие в силу, в том числе: задание на проектирование (дата обращения 15.05.2025 г.)

Схема Задания на проектирование находится еще в разработке [5]. Если скачать комплект xml-схемы мы получаем три файла. Описание xml схемы, где описывается в человекочитаемом виде устройство xml-схемы, а также два файла в формате .xsd (XML Schema Definition) и .xsl (eXtensible Stylesheet Language). Первый файл нужен для описания структуры и тегов xml-схемы, второй для преобразования xml-схемы в человекочитаемый вид.

Из актуальных и удобных сервисов по формированию xml файлов можно выделить Единую цифровую платформу экспертизы [6] и Полезные инструменты от ЭЦ «СИБСТРОЙЭКСПЕРТ» [7]. Есть возможность сразу сформировать и проверить XML-файл, а также в человекочитаемом виде PDF.

4. Методы формирования пояснительной записки объемно-планировочные и архитектурных решений в формате XML. Есть два способа сформировать файлы XML раздела Архитектурных решений. Первый можно назвать автоматизированным. Можно отфильтровать при помощи фильтра IDS IFC файл цифровой информационной модели, выгрузить в среду общих данных. Далее формируем xml схему из среды общих данных и фильтруем с помощью файла xsd получаем нужный файл для нужного нам раздела.

Другой вариант заполнить xml вручную при помощи сервисов, описанных выше. Дальше можно при помощи автоматизации заполнить xml нужного нам раздела.

На данный момент я реализовал автоматизированное заполнение пояснительной записки первого раздела из задания на проектирование и наоборот. Реализовано приложение на WPF (Windows Presentation Foundation) .NET Framework, на языке C#, по шаблону Model-View-ViewModel.

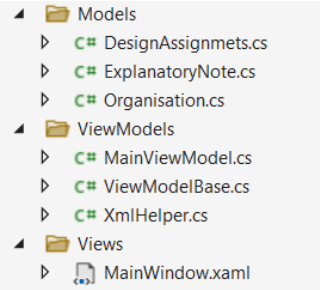


Рис. 2. Структура проекта

В моделях мы описываем структуру xml документа. Вот пример корневой структуры для задания на проектирование:

```
[XmlRoot(“Document”)]
public class DesignAssignment{
[XmlAttribute(«Id»)]
public string Id { get; set; }
[XmlAttribute(“TypeCode”)]
public string TypeCode { get; set; }
[XmlAttribute(“VersionNumber”)]
public string VersionNumber { get; set; }
[XmlElement(“Requisites”)]
public Requisites Requisites { get; set; }
[XmlElement(“Content”)]
public Content Content { get; set; }}
```

Класс DesignAssignment аннотирован атрибутом [XmlRoot(«Document»)], что означает, что в XML-файле он будет представлен как корневой элемент с именем <Document>. Этот элемент служит контейнером для всей информации о задании на проектирование.

Атрибуты корневого элемента:

1. Id. Уникальный идентификатор документа, представленный в виде строки. Позволяет однозначно идентифицировать документ в системе.
2. TypeCode. Код типа документа. Определяет категорию или классификацию проектного задания (например, «ТЗ» для технического задания, «ПП» для проектного плана и т. д.).
3. VersionNumber. Номер версии документа. Используется для контроля версионности и отслеживания изменений.

Вложенные элементы:

1. Requisites. Объект класса Requisites, содержащий реквизиты документа (например, дата создания, автор, статус и т. д.). Этот элемент позволяет структурировать метаданные документа.
2. Content. Объект класса Content, хранящий основное содержимое проектного задания (текст, графики, схемы, спецификации и т. д.).

Данный код на C# описывает класс DesignAssignment, который предназначен для сериализации (преобразования объекта в XML) и десериализации (восстановления объекта из XML). Это часть класса точно соответствует структуре XML-файла:

```
<Document Id="DA-123" TypeCode="05.03" VersionNumber="1">
    <Requisites>
            //реквизиты документа
    </Requisites>
    <Content>
            //содержание документа
    </Content>
</Document>
```

Во View находится описание интерфейса программы на языке разметки XAML. Пример обращения к полям в модели:

```
<Label Grid.Row=”0” Grid.Column=”0” Content=”Полное наименование юридического лица: “/>
<TextBox Grid.Row=”0” Grid.Column=”1” Text=”{Binding DesignAssignment.Requisites.Authors.Author.Organization.FullName, Mode=TwoWay}” Margin=”5”/>
<Label Grid.Row=”1” Grid.Column=”0” Content=”Сокращённое наименование юридического лица: “/>
<TextBox Grid.Row=”1” Grid.Column=”1” Text=”{Binding DesignAssignment.Requisites.Authors.Author.Organization.AbbreviatedName, Mode=TwoWay}” Margin=”5”/>
```

Обращаемся мы к полю из модели через Binding. В данном случае мы создаем TextBox-ы для заполнения информации об юридическом лице – авторе задания на проектирование.

Во view model уже осуществляется связь между интерфейсом и моделям: происходит чтение xml файлов, генерация одного xml файла из другого, сохранение готового xml файла.

Пример заполнения автора Задания на проектирование (DesignAssignment):

```
Authors = new Authors{
  Author = new Author{
    Organization = new Organisation{
      FullName = ExplanatoryNote.IssueAuthor.Organization.OrgFullName,
      OGRN = ExplanatoryNote.IssueAuthor.Organization.ENOGRN,
      INN = ExplanatoryNote.IssueAuthor.Organization.ENINN,
      KPP = ExplanatoryNote.IssueAuthor.Organization.ENKPP,
      Address = new Address{
        Country = ExplanatoryNote.IssueAuthor.Organization.Address.Country,
        Region = ExplanatoryNote.IssueAuthor.Organization.Address.ENRegion,
        District = ExplanatoryNote.IssueAuthor.Organization.Address.District,
        City = ExplanatoryNote.IssueAuthor.Organization.Address.City,
        Settlement = ExplanatoryNote.IssueAuthor.Organization.Address.Settlement,
        Street = ExplanatoryNote.IssueAuthor.Organization.Address.Street,
        Building = ExplanatoryNote.IssueAuthor.Organization.Address.Building,
        Room = ExplanatoryNote.IssueAuthor.Organization.Address.Room,
        Note = ExplanatoryNote.IssueAuthor.Organization.Address.Note}}}}
```

Заключение. Внедрение XML-формата для формирования информационной модели объектов капитального строительства в соответствии с Постановлением Правительства РФ №614 является важным шагом в цифровизации строительной отрасли. Этот подход обеспечивает:

1. Стандартизацию и структурированность данных

– XML позволяет четко определять иерархию данных, что критически важно для проектной документации (например, разделы АР, КР, ИОС и др.).

– Использование XSD-схем гарантирует корректность заполнения и соответствие нормативным требованиям.

2. Автоматизацию документооборота

– Возможность автоматического формирования одних документов (например, пояснительной записки) на основе других (технического задания) сокращает время подготовки проектной документации.

– Интеграция с BIM-моделями (через IFC) и государственными информационными системами упрощает передачу данных между участниками проекта.

3. Гибкость и масштабируемость

– XML поддерживает расширяемость (добавление новых тегов и атрибутов), что позволяет адаптировать схему под конкретные проекты.

– Преобразование XML в человекочитаемые форматы (PDF, DOCX) через XSLT обеспечивает удобство работы как для программных систем, так и для пользователей.

4. Повышение контроля и прозрачности

– Машинная обработка XML снижает риск ошибок при заполнении документов.

– Единые стандарты (например, схемы от Минстроя РФ) упрощают проверку соответствия нормам.

Перспективы развития:

- Доработка XML-схем (например, для пояснительной записки третьего раздела) и их интеграция в Единую цифровую платформу экспертизы.
- Развитие инструментов автоматизации (как предложенное WPF-приложение) для ускорения подготовки документации.

Таким образом, переход на XML-форматы в строительной отрасли оптимизирует процессы, снижает трудозатраты и повышает качество данных, что соответствует глобальным трендам цифровой трансформации. Внедрение таких решений требует дальнейшей разработки стандартов, инструментов проверки и обучения специалистов, но уже сейчас демонстрирует значительные преимущества перед традиционными подходами.

Список использованных источников

1. Об утверждении правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов : постановление правительства РФ № 614 от 17 мая 2024 г.
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27.12.2021 № 3883-р.
3. https://www.w3.org/XML/ (дата обращения: 15.05.2025 г.).
4. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию : постановление правительства РФ от 16 февраля 2008 года № 87.
5. https://minstroyrf.gov.ru/tim/xml-skhemy/zadanie-na-proektirovanie/p12_1/ (дата обращения: 15.05.2025 г.).
6. Единая цифровая платформа экспертизы https://platformaexpert.ru/ (дата обращения: 15.05.2025 г.).
7. ЭЦ «СИБСТРОЙЭКСПЕРТ» https://xmlonline.ru/ (дата обращения: 15.05.2025 г.).

УДК 378.046.4
14.37.27: Повышение квалификации взрослых

ИСТОРИЯ ИСКУССТВ В СИСТЕМЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ АРХИТЕКТОРОВ

Петронюк Инна Степановна
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», кандидат педагогических наук, доцент кафедры профессиональной аттестации и внедрения инноваций
e-mail: *pis25@mail.ru*

Никифоренко Елена Михайловна
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», кандидат искусствоведения, член Союза художников, доцент Высшей школы дизайна и архитектуры
e-mail: *ya.nikiforenko@yandex.ru*

Аннотация. Статья рассматривает роль и место истории искусств в системе дополнительного профессионального образования (ДПО) архитекторов. Анализируются современные подходы к интеграции искусствоведческих знаний в программах повышения квалификации и профессиональной переподготовки. Особое внимание уделяется междисциплинарным связям, практико-ориентированным методикам и актуальным тенденциям в преподавании истории искусств для архитекторов.

Ключевые слова: история искусств, дополнительное профессиональное образование, архитектура, искусствоведение, профессиональная переподготовка.

Современный мир ставит перед архитекторами сложные задачи: от проектирования «умных» городов до создания экологически устойчивых пространств. В этой связи архитектурное образование приобретает особую актуальность, так как должно не только давать фундаментальные знания, но и готовить специалистов к работе в условиях неопределенности и быстрых изменений.

К 2050 году около 70% населения Земли будет проживать в городах. Это требует от архитекторов навыков проектирования высокоплотной застройки, понимания принципов «умного города» (smart city), учета социальных аспектов (доступная среда, инклюзивность). Климатические изменения и дефицит ресурсов диктуют необходимость интеграции принципов «зеленого» строительства, использования энергоэффективных технологий, изучения бионики и регенеративной архитектуры. Современные технологии радикально меняют архитектурную практику. В настоящее время реальностью стало использования технологий сквозного проектирования, алгоритмического дизайна и генеративных технологий, VR/AR для визуализации и презентации проектов. Архитектор больше не работает в изоляции – необходимо взаимодействие с социологами и экологами для исследования пользовательских сценариев, инженерами и IT-специалистами для разработки «умных» систем, экономистами и девелоперами для управления проектами. Чтобы соответствовать новым требованиям, архитектурные школы внедряют практико-ориентированные модули (стажировки, реальные кейсы), гибкие учебные планы (возможность выбора специализаций), онлайн- и гибридные форматы (курсы по цифровым инструментам). Архитектурное образование сегодня – это не только освоение классических принципов проектирования, но и подготовка к работе в условиях нестабильности. Будущее профессии зависит от способности образовательных программ интегрировать экологию, цифровые технологии и междисциплинарный подход, формируя архитекторов как универсальных специалистов, способных решать комплексные задачи. По мнению ученых, «в настоящее время исследования в области архитектурного образования вновь приобретают огромное значение в связи с изменением методики проектирования, активным внедрением информационного моделирования, минимизацией ручной графики. Макетирование заменяется 3D-моделированием, при этом образовательные программы в целом практически не изменились с 1990-х гг.» [1].

Творчество в личности архитектора представляет собой синтез искусства и рациональности. Особенностями природы архитектурного творчества является уникальный синтез дисциплин художественного видения и инженерного расчета, интуиции и технологическими дисциплинами, культурной памятью и футуристическим мышлением. Парадоксами профессии являются свобода творчества и нормативные ограничения, индивидуальный почерк и функциональные требования, эмоциональное воздействие и прагматизм строительства. Структура творческого потенциала включает в себя когнитивные составляющие, личностные качества и профессиональные навыки [2]. Для архитекторов это:

– пространственный интеллект (способность мысленно трансформировать объемы),
– ассоциативное мышление (нахождение неочевидных связей),
– концептуальное мышление (перевод идей в структурные принципы),
– личностные качества (гибкость восприятия, толерантность к неопределенности, перфекционизм),
– профессиональные навыки такие, как визуализация абстрактных концепций, «перевод» между языками разных специалистов (инженеров, дизайнеров, заказчиков), способность к итеративному поиску.

Факторами развития творческого начала служат:

– образовательные стратегии: чередование аналитических и экспериментальных заданий, метод «осознанного копирования» (от репродукции к интерпретации), практики междисциплинарного кросс-обучения (театр, скульптура, программирование);

– профессиональная среда: значение мастерских как творческих лабораторий, роль наставников в раскрытии индивидуального стиля, конкурсная культура как катализатор инноваций;

– личные практики: ведение «визуальных дневников», освоение смежных искусств (каллиграфия, фотография), регулярные «творческие сафари» (путешествия с исследовательской целью).

Архитектор – «художник реальности». Творчество в архитектуре – это дисциплинированная свобода, где вдохновение должно пройти проверку: гравитацией, бюджетом, антропологией пространства. Современное образование должно культивировать этот баланс, избегая двух крайностей – безудержного фантазерства и сухого технократизма. Возможности дополнительного профессионального образования открывают дополнительные возможности в сфере качественного совершенствования подготовки архитекторов.

В условиях динамичного развития архитектурной практики и возрастающих требований к профессионализму архитекторов дополнительное образование играет ключевую роль в поддержании и углублении компетенций. История искусств, будучи фундаментальной дисциплиной в подготовке архитекторов, не теряет своей актуальности и в системе дополнительного профессионального образования. Она способствует формированию эстетического кругозора, пониманию историко-культурного контекста и развитию критического мышления, необходимого для создания архитектурных проектов.

В отличие от базового высшего образования, где история искусств изучается в рамках обязательных курсов, в системе дополнительного профессионального образования ее преподавание требует адаптации к потребностям практикующих специалистов. Основные направления включения истории искусств в программы дополнительного профессионального образования:

1. Углубленное изучение стилей и эпох – анализ архитектурных направлений (античность, готика, барокко, модерн, конструктивизм и др.) в связи с современными архитектурными практиками.
2. Связь с реставрацией и сохранением наследия – изучение методов работы с историческими объектами, принципов реконструкции и адаптации памятников архитектуры.
3. Междисциплинарные модули – интеграция истории искусств с урбанистикой, дизайном интерьеров, ландшафтной архитектурой.
4. Практико-ориентированные форматы – мастер-классы, воркшопы, case-study на примере реальных объектов.

Архитектура, будучи синтезом искусства, науки и социальной практики, неразрывно связана с историко-культурным контекстом. История искусств служит для архитекторов не только источником вдохновения, но и инструментом анализа, позволяющим осмыслить эволюцию форм, конструкций и эстетических идеалов. В условиях глобализации и цифровизации профессии сохранение этой связи становится особенно важным для формирования целостного профессионального мировоззрения. История искусств в архитектурном образовании направлена на формирование стилевой грамотности, развитие пространственного и композиционного мышления, обеспечение культурную преемственность и работу с наследием, возможности критического анализа и внедрения инноваций.

Стилевая грамотность – способность осознанно оперировать языком архитектурных форм, понимать их генезис и культурный контекст. В условиях современной архитектурной практики, где сосуществуют исторические реминисценции и радикальные новации, это качество становится профессиональным императивом. Формирование стилевой грамотности требует системного изучения морфологии стилей, их философских оснований и трансформаций в разные эпохи. Компонентами стилевой грамотности являются: способность к морфологическому анализу (понимание формальных признаков, конструктивных принципов, историко-культурного контекста). Методами формирования:

– сравнительный анализ (параллельное изучение контрастных эпох, работа с аналогами),

– визуальная фиксация и зарисовки (эскизирование ключевых деталей для развития «памяти руки», анализ пропорций через графические реконструкции),

– изучение технологий цифрового моделирования (создания 3D-реконструкций утраченных памятников, использование VR для «погружения» в историческую среду),

– выполнение практико-ориентированных заданий (проектирование в заданном стиле с обязательной аргументацией выбранных приемов, реставрационных кейсов по анализу аутентичности и допустимых вмешательств).

Вызовами современности стали риск утраты стилевой идентичности и развитие цифровой архитектуры, требующей адаптации классических принципов к алгоритмическому дизайну. Поэтому, в образовательный процесс необходима интеграция междисциплинарных модулей (совмещения истории искусств с курсами по материаловедению и BIM-проектированию) и полевых исследований (экспедиций с фиксацией региональных стилевых особенностей).

Стилевая грамотность – не архаичный навык, а инструмент для создания осмысленной архитектуры. Ее формирование требует сочетания академических методов (анализ первоисточников) и инновационных подходов (цифровые реконструкции). В условиях возрождения интереса к контекстуальному проектированию, такое знание становится конкурентным преимуществом архитектора, позволяя ему работать с историей как с «живым» материалом, а не музейным экспонатом.

Пространственное мышление архитектора включает в себя способность к мысленному преобразованию объемных форм, навыки анализа и синтеза пространственных структур, умение прогнозировать визуальное

восприятие объекта. Уровни развития пространственного мышления: базовый (оперирование простыми геометрическими формами), проектный (комплексное моделирование архитектурных систем), контекстуальный (учет окружающей среды и градостроительных факторов). Для формирования пространственного мышления используют классические академические методы (начертательная геометрия и проекционное черчение, макетирование из различных материалов, аналитический рисунок архитектурных форм), современные инновационные подходы (цифровое 3D-моделирование, VR/AR-технологии для иммерсивного проектирования, параметрическое моделирование), экспериментальные методики (кинетические и трансформируемые структуры, тактильные методы восприятия пространства, нейроархитектурные исследования). Композиционное мышление – необходимый профессиональный навык архитектора. Методы развития служат анализ классических и современных памятников архитектуры, серии композиционных упражнений, работа с абстрактными и концептуальными формами.

В образовательный процесс необходима введение поэтапной системы обучения от базовых геометрических построений к комплексным пространственным структурам и градостроительным системам. Необходима интеграция междисциплинарных связей (скульптура и инсталляция, ландшафтный дизайн, сценография и медиаискусство). Критериями оценки развития пространственного мышления являются точность пространственного восприятия, оригинальность композиционных решений и контекстуальная уместность.

Основные вызовы современности: цифровой разрыв между поколениями преподавателей и студентов, утрата традиционных навыков ручной графики, перегруженность образовательных программ. Перспективные направления: использование гибридных методик (сочетание аналоговых и цифровых техник), нейропедагогики в архитектурном образовании, международных обменных программ.

В архитектуре существует Концепция культурной преемственности, теоретическими основания которой составляют понятие «культурного кода» в архитектурной форме, диалектика традиции и новаторства, проблема «разрыва поколений» в профессиональной среде. Составляющими культурной преемственности являются материальное наследие (памятники, строительные техники), нематериальное наследие (принципы, эстетические концепции) и профессиональная культура (этика, методы работы). Культурная преемственность обеспечивается содержательными аспектами образования: углубленным изучением региональных архитектурных традиций, курсами по истории строительных технологий, анализом эволюции типологий (от традиционного жилья к современным комплексам). Методическими подходами служат «погружение» в исторический контекст через экспедиции и натурные исследования, реконструкцию традиционных техник, работу с архивными материалами. Практико-ориентированные формы предполагают реставрационные практикумы, проектирование с адаптацией традиционных элементов, создание цифровых архивов традиционных технологий.

Необходимо введение спецкурсов по региональной архитектуре, сохранению наследия, школы традиционного зодчества. Требуется система профессионального взаимодействия с помощью привлечения носителей традиционных знаний, сотрудничества с реставрационными организациями, преемственности между поколениями преподавателей.

Основными проблемами на современном этапе являются утрата традиционных строительных навыков, локальная идентичность и технологический разрыв между традициями и инновациями. Инновационными подходами служат использование цифровых технологий для сохранения наследия (3D-сканирование, BIM-моделирование), современных интерпретаций традиционных форм, экологических принципов традиционной архитектуры в «зеленом» строительстве. Программы должны быть построены по принципу от «изучения» к «проживанию» традиции, с соблюдением баланса между научным анализом и практическим освоением, использованием контекстуального подхода в преподавании. Роль оценочных критериев выполняют глубина понимания культурного контекста, умение творчески интерпретировать традиции, качество интеграции исторических принципов в современные проекты. Перспективными направлениями в дополнительном образовании архитекторов являются разработка междисциплинарных образовательных модулей, создание мобильных школ традиционной архитектуры, развитие цифровых платформ культурного наследия.

История искусств остается фундаментом архитектурного образования, обеспечивая связь времен и культур. В эпоху алгоритмического проектирования и глобализации ее ценность возрастает: она учит архитекторов мыслить категориями смыслов, а не только функций. Интеграция исторических знаний в учебные программы должна сочетать академическую глубину с прикладной направленностью, готовя специалистов, способных создавать осмысленную и культурно-вовлеченную архитектуру. Развитие пространственного и композиционного мышления остается ключевой задачей архитектурного образования, требующей постоянного обновления методик при сохранении классических принципов. Современные технологии открывают новые возможности для формирования этих навыков, но не должны полностью заменять традиционные методы. Оптимальный подход предполагает синтез академических традиций и инновационных технологий, что позволяет готовить архитекторов, способных создавать осмысленные и качественные пространственные решения. Сохранение культурной преемственности в архитектурном образовании требует системного подхода, сочетающего глубокое изучение традиций с их творческой интерпретацией в современных условиях. Ключевым становится развитие у студентов способности к «культурному диалогу» – умению вести содержательный разговор между прошлым и будущим в архитектурной практике.

Реализация этой задачи предполагает тесное взаимодействие образовательных учреждений, профессионального сообщества и институтов сохранения наследия. В программы дополнительного профессионального образования архитекторов необходимо включать анализ неудачных стилизаций для развития критического

взгляда, использовать метод «обратного проектирования» (от современного здания к его стилевым истокам), создание междисциплинарных работ пространственного моделирования.

Современные образовательные технологии позволяют сделать изучение истории искусств более интерактивным и прикладным:

– виртуальные экскурсии и 3D-реконструкции – использование цифровых технологий для визуализации исторических памятников;

– сравнительный анализ – сопоставление исторических и современных архитектурных решений;

– проектный подход – включение исторических референций в разработку новых архитектурных концепций.

История искусств остается важным элементом дополнительного профессионального образования архитекторов, способствуя их профессиональному росту и расширению творческого потенциала. Интеграция искусствоведческих знаний в программы дополнительного профессионального образования должна учитывать современные тенденции в архитектуре и образовании, обеспечивая баланс между теоретической подготовкой и практической значимостью.

Список использованных источников

1. Короткова, А. С. Архитектурное образование: история и современность / А. С. Короткова // Педагогический журнал. – 2022. – Т. 12, № 2А. – С. 108 – 117.

2. Петронюк, И. С. Творчество в формировании и развитии личности / Педагогика и психология творчества : сб. науч. тр. / И. С. Петронюк, С. В. Кривых ; под ред. Т. И. Сидненко, Е. М. Никифоренко. – СПб. : Изд-во СПбГАУ, 2015. – С. 47 – 56.

УДК 711.112
67.07.00: Архитектура. Общие вопросы

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ КОТЛАС-СОЛЬВЫЧЕГОДСК-КОРЯЖМА

Рассолова Светлана Сергеевна
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», студент
e-mail: rassolova_ss1310@mail.ru

Новикова Виктория Евгеньевна
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», студент
e-mail: vikkanovikkova@gmail.com

Еремеева Александра Федоровна
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», кандидат архитектуры, доцент кафедра архитектурного проектирования
e-mail: arch.eremeeva@gmail.com

Введение. Города как центры социально-экономического и культурного развития играют ключевую роль в формировании туристических кластеров, объединяя историческое наследие, инфраструктуру и рекреационные ресурсы [1, 5]. В этом контексте перспективным представляется изучение городов Котлас, Коряжма и Сольвычегодск, расположенных в Архангельской области и образующих локальный туристический кластер с взаимодополняющими функциями.

Исторически данные города развивались как важные торговые, промышленные и культурные центры Русского Севера. Однако в части туризма данное направление уступает другим туристическим направлениям Архангельской области, таким как Архангельск, Соловки, Беломорье, Каргополь [6, 9]. В статье рассматриваются основные проблемы и направления развития потенциала туристско-рекреационной зоны Котлас-Сольвычегодск-Коряжма с учетом роли каждого из городов в объединенной системе, охарактеризованы туристические составляющие городов кластера, проанализированы их наполняемость и выявлены те факторы, которые отрицательно или положительно влияют на рекреационное развитие.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта СПбГАСУ на 2025 год.

Котлас. Котлас – крупный транспортный узел, расположенный в месте впадения Вычегды в Северную Двину. Наличие автомобильной магистрали, железной дороги, аэропорта, автовокзала, соединяющих Котлас с городами центральной и северной части России (Москва, Санкт-Петербург, Архангельск, Сыктывкар), определили значение Котласа в туристко-рекреационной зоне как опорного города, через который туристы попадают в данную часть Архангельской области [9].

Котлас как поселение возник в 1607 году и имел значение крепости для защиты северных рубежей страны и контроля над торговыми путями по Северной Двине. Впоследствии Котлас стал важным торговым центром,

что способствовало росту населения и строительству новых зданий. Развитие лесной и судостроительной промышленности в XIX в., появление заводов и фабрик способствовало увеличению численности населения и строительству новых жилых и производственных зданий.

В советское время Котлас стал важным транспортным узлом и центром лесной промышленности. После распада СССР Котлас продолжал развиваться, но столкнулся с экономическими трудностями.

Сольвычегодск. Основание Сольвычегодска в XV веке связано с развитием торговых путей и рыбной ловли. В это время появляются первые деревянные постройки. В 1796 году Сольвычегодск получает статус города. Начинается активное строительство церквей, связанное с деятельностью купцов Строгановых. Возводятся храмы – образцы русской архитектуры в стиле «Строгановского барокко» [2]. В XIX веке строятся типовые жилые дома, административные и общественные здания. Сольвычегодск не становится крупным индустриальным центром из-за своего географического положения на правом, малонаселенном берегу крупной реки Вычегды, через которую нет моста. В советский период архитектура города претерпевает изменения. Строятся новые дома, школы и культурные учреждения. С переходом к рыночной экономике начинается процесс приватизации зданий, появляются коммерческие объекты.

Сольвычегодск, богатый исторической застройкой, часть которой датирована XVII веком, благодаря лечебным ресурсам, начал развиваться как курорт с 1923 года. Однако развитие курортной инфраструктуры ограничилось единственным санаторием. Культурно-историческое наследие не использовалось должным образом, реставрация объектов производилась крайне редко и была недостаточной, в результате чего некоторые были утрачены и разрушены. На территории города с дореволюционного времени располагались двенадцать церквей и один монастырь, сохранились же в различной сохранности степени всего четыре. Несмотря на наличие богатого музейного фонда, Сольвычегодск не стал популярным туристическим центром [6]. Для города с малой численностью населения создание привлекательной туристической инфраструктуры представляет собой значительную сложность, большие трудности возникают при его удаленности от основных транспортных маршрутов. В рамках данной работы стоит задача выявить ключевые особенности, которые могут как препятствовать, так и способствовать развитию Сольвычегодска как туристически привлекательного места.

Основу туристического потенциала Сольвычегодска составляют исторические постройки. В Сольвычегодске сохранились четыре объекта федерального значения и пятнадцать регионального, среди которых три культовых сооружения XVI–XVIII веков, обладающие высокой художественной ценностью (комплексы Благовещенского собора, Введенского монастыря, Спасообыденной церкви), и один памятник градостроительства – усадьба Пьянковых. Многие объекты культурного наследия практически не реставрировались. В городе действует историко-художественный музей, который находится в комплексе Благовещенского собора, принадлежавшего семье Строгановых. Его коллекция включает в себя образцы усольской живописи и предметы декоративно-прикладного искусства. Есть школа народных ремесел. Одной из достопримечательностей является дом, где проживали в разное время политические ссыльные, в том числе И. В. Сталин. Сольвычегодск также известен как место рождения прославленного литературного героя Козьмы Пруткова, и с недавних пор город развивает этот бренд.

Сольвычегодск обладает значительным туристическим потенциалом, благодаря уникальным бальнеологическим ресурсам, единственному на севере России источнику сероводородных вод мацестинского типа и живописному расположению на берегу крупной реки Вычегды. В июле ежегодно проходит большой известный фестиваль «Сольфест», объединивший Прокопьевскую ярмарку и День юмора имени Козьмы Пруткова. В остальное время в городе проводятся только местные праздники.

Количество мест размещения туристов в городе небольшое: гостиница и санаторий «Сольвычегодск», гостевые дома «Сольвычегодская усадьба», гостиница «Купеческая» и Дом Н. А. Григорова. Сфера общественного питания развита слабо [8]. Основным источником информации в интернете является сайт Сольвычегодского музея-заповедника, который предоставляет организацию экскурсий. Турфирм в городе нет.

Географическое положение Сольвычегодска создает существенные проблемы транспортной доступности, населенный пункт находится практически в 10 км от ближайшей станции железной дороги, при этом главная проблема заключается в отсутствии моста через реку Вычегду. Добраться до Сольвычегодска в холодное время года можно по ледовой переправе из Котласа, в теплое из Коряжмы с помощью понтонного моста или парома.

Коряжма. Первые упоминания о Коряжме датированы 1535 годом. Коряжма значится как небольшое поселение, связанное с рыбной ловлей и лесозаготовками. В советское время Коряжма начинает развиваться как центр лесной и деревообрабатывающей промышленности, начинается активное строительство промышленных объектов. В годы Великой Отечественной войны Коряжма становится важным центром по производству древесины для нужд фронта. Архитектура этого времени включает в себя функциональные постройки, предназначенные для поддержки военных усилий. В настоящий момент градообразующим предприятием Коряжмы является Котласский целлюлозно-бумажный комбинат.

Основной достопримечательностью Коряжмы является Коряжемский Николаевский монастырь. Архитектурный ансамбль монастыря является объектом культурного наследия регионального значения.

Возможности развития туристско-рекреационной зоны Котлас-Сольвычегодск-Коряжма. В целях определения факторов, которые препятствуют развитию туристического кластера, объединяющего Котлас, Сольвычегодск и Коряжму, проведен анализ сформированности туристско-рекреационного пространства по четырем основным признакам: достопримечательности, транспортная доступность, туристический сервис, мероприятия (табл. 1) [3, 4]. Согласно таблице, можно выделить специализацию каждого из городов.

1. Анализ туристско-рекреационного пространства

Город	Достопримечательности	Транспортная доступность	Туристический сервис	Мероприятия	Перспективные виды туризма
Сольвычегодск	**Объекты федерального значения:** Сольвычегодский Введенский монастырь, Комплекс Благовещенского собора, Церковь Спаса Нерукотворного Образа, Дом купцов Пьянковых **Объекты регионального значения:** Усадьба Я. В. Хаминова, Дом жилой купчихи Цирениковой, Дом жилой Быкова, Жилой дом пер. Музейный, д. 4, Мельница, Дом Ионовых, Школа ремесленная, Баня, Музей политической ссылки (дом М. П. Кузаковой), Дом Григорова, Здание начального училища, Дом купца И. В. Хаминова, Доходный дом купца Хаминова, Сольвычегодская библиотека и Литературная усадьба Козьмы Пруткова	**Машина, автобусы** **№ 3 08, № 350** Котлас – Сольвычегодск 52 мин (35 км) Котлас – Коряжма – Сольвычегодск 1 ч (52 км)	**Гостиницы** Гостиница «Сольвычегоск», гостевые дома «Сольвычегодская усадьба», гостиница «Купеческая», Дом Н.А. Григорова Общее количество мест ~ 70 **Санаторий** «Сольвычегодск» **Рестраны, кафе** ~ 7	Сольфест, Введенская ярмарка, Ночь музеев, Строгановские чтения, фестиваль юмора имени Козьмы Пруткова	Историко-культурный туризм, экологический туризм, событийный туризм
Котлас	**Объекты регионального значения:** Котласский краеведческий музей, Храмовый комплекс из церкви Стефана Пермского и церкви Николая Чудотворца и иконы Божией Матери Владимирской	**Самолет** Москва – Санкт-Петербург – Архангельск **Поезд** Москва – Санкт-Петербург – Архангельск – Сыктывкар – **Машина** Москва – (970 км) Санкт-Петербург – (1170 км) Архангельск – (600 км) Сыктывкар – (340 км)	**Гостиницы** 8 Номеров ~ 140 **Рестораны, кафе** ~ 35	День города, Ночь музеев	Транзитный туризм, речной туризм, экологический туризм
Коряжма	**Объекты регионального значения:** Николаевский Коряжемский монастырь, Николаевский собор, Спасская церковь, Архиерейские палаты	**Машина** Котлас – (35 км) **Автобус № 355** Котлас – Коряжма 40 мин (35 км)	**Гостиницы** 5 Номеров ~ 90 **Рестраны, кафе** ~ 30	День города	Промышленный и деловой туризм

В результате анализа туристско-рекреационного пространства, городов Котлас, Сольвычегодск, Коряжма, выявлено следующее:

- Историко-культурным ядром и основным туристическим центром туристско-рекреационной зоны является город Сольвычегодск – бывший крупный торговый и ремесленный центр Русского Севера, в котором сохранилось богатое наследие федерального и регионального значения. Расположение Сольвычегодска на правом берегу реки Вычегды, осложненное отсутствием моста и трудностями с переправой, делает город менее доступным для туристов. Состояние объектов культурного наследия снижает его визуальную притягательность [7]. Уникальные лечебные ресурсы предложены только отдыхающим санатория, и из-за нехватки мест для размещения, туристы, не являющиеся его пациентами, обычно проводят в Сольвычегодске лишь несколько часов. Для повышения туристической привлекательности возможно создание эко-парка с гостевыми домами для отдыха и релаксации на набережной Вычегды, организация интерактивных музейных пространств. Особое внимание следует уделить привлечению жителей близлежащих городов Котласа и Коряжмы, предлагая им Сольвычегодск в качестве альтернативы отдыху выходного дня.
- Котлас выполняет транспортно-логистическую функцию, обеспечивая доступность кластера благодаря развитой железнодорожной, речной инфраструктуре и наличию аэропорта, которые связывают город с центральными городами страны и соседними региональными центрами. Здесь перспективно развитие транзитного туризма, ориентированного на поток людей, приезжающих в город с дальнейшей целью посетить Сольвычегодск. Помимо транспортной пересадки, они могут провести в Котласе больше времени при наличии качественной досуговой инфраструктуры, гостиниц, общественного питания – то есть развитого туристического пространства города.
- Коряжма, основанная вокруг крупного целлюлозно-бумажного комбината, представляет собой пример промышленного города с потенциалом делового туризма и логистическим пунктом на пути в Сольвычегодск. Для повышения туристической привлекательности городу также необходимо развивать систему общественных пространств, насыщенных туристическими сервисами.

Заключение. Проведенное исследование показало, что туристско-рекреационной зоны Котлас-Сольвычегодск-Коряжма обладает хорошими туристическими ресурсами с высоким потенциалом развития. Для полноценного развития туристической сферы необходимо создание комплексного туристско-рекреационного пространства с учетом возможностей каждого из рассмотренных городов туристско-рекреационной зоны. Дальнейшее развитие туристической инфраструктуры необходимо вести в соответствии с особенностями каждого города и его ролью в кластере. Оно также окажется благоприятным и для местных жителей, которые смогут получить привлекательные благоустроенные территории и новые рабочие места.

Список использованных источников

1. Афанасьев, О. Е. Типология туристских кластеров, включенных в ФЦП «Развитие въездного и внутреннего туризма в Российской Федерации» / О. Е. Афанасьев // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2016. – Т. 10, № 1. – С. 37 – 46.
2. Беляев, В. И. Маркетинг территорий и экономическое развитие городских поселений (на материалах г. Сольвычегодска Архангельской области) / В. И. Беляев, К. В. Неяскина, Н. С. Сотникова // Экономика Профессия Бизнес. – 2018. – № 2. – С. 5 – 16.
3. Еремеева, А. Ф. Туристические ресурсы как основа формирования туристических кластеров в российской Арктике / А. Ф. Еремеева, К. Н. Гончарова // Техническая эстетика и дизайн-исследования. – 2023. – Т. 5, № 1. – С. 22 – 33.
4. Каптиков, А. Ю. Храмы Сольвычегодска и архитектура русского Севера XVIII века / А. Ю. Каптиков // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2011. – № 2. – С. 43 – 46.
5. Кудрякова, С. О. Проблемы развития малых исторических городов России и пути их решения / С. О. Кудрякова // Сервис в России и за рубежом. – 2012. – № 8(35).
6. История и перспективы развития малоэтажной деревянной застройки городов Севера России / Ф. В. Перов, Р. А. Мангушев, Т. А. Дацюк, С. А. Болотин // Жилищное строительство. – 2024. – № 1-2. – С. 51 – 57.
7. Потапов, И. А. Проблемы рекреационного развития Сольвычегодска / И. А. Потапов // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2017. Т. 11, № 2. – С. 102 – 110.
8. Слезкин, А. В. Сольвычегодск и окрестности / А. В. Слезкин. – М. : Астрель, 2006. – 63 с.
9. Цветков, А. Ю. Транспортно-инфраструктурные основы стратегии развития туризма в Архангельской области / А. Ю. Цветков // Арктика и Север. – 2020. – № 38. – С. 44 – 55.

УДК 711.112
67.07.00: Архитектура. Общие вопросы

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНИРОВКИ И АРХИТЕКТУРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ АРХАНГЕЛЬСКА

Резайкин Илья Валерьевич
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», студент
e-mail: i_rzykin@mail.ru

Бусуек Анастасия Юрьевна
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», студент
e-mail: anastasiabusuek@yandex.ru

Еремеева Александра Федоровна
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», кандидат архитектуры, доцент кафедра архитектурного проектирования
e-mail: arch.eremeeva@gmail.com

Введение. Архангельск – город с богатым историческим прошлым и архитектурным наследием. Целью данной статьи является изучение истории Архангельска, его архитектурных и градостроительных особенностей, структуры центральной части города, выявление существующих проблем и определение мер по развитию городской среды, направленной на восстановление утраченной идентичности и формирование комфортной, функциональной и эстетически выразительной среды с учетом местных культурных традиций и современных требований к качеству жизни.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта СПбГАСУ на 2025 год.

Основание города. Ранее земли, на которых расположен современный Архангельск, назывались Заволочьем – земли бассейнов Онеги и Северной Двины. На этих территориях издревле коренными жителями были коми, ненцы, корелы и лопари. Еще в 9 веке Новгородцы, чьи земли примыкали к Заволочью, пришли на эту территорию с целью добычи меха и рыбы и основали свои поселения. Это были промысловые типы русских поселений – погост, починок, волостка [1].

В связи с необходимостью обороны границ страны и освоением лесных окраин, возводились крепости. В 1584 году по указу Ивана Грозного началось строительство такой крепости и в устье Северной Двины. Крепость была возведена на возвышении мыса Пур-Наволок, на котором уже находились поселение и Михаило-Архангельский монастырь (рис. 1) [2, 3]. Она представляла собой острог с двойными рублеными стенами, башнями и воротами на север, запад и юг, окруженный рвом с тыном в нем и надолбами перед ним. В течение двух веков Архангельск был важнейшим, а в отдельные исторические периоды, единственным внешним морским и военным портом страны.

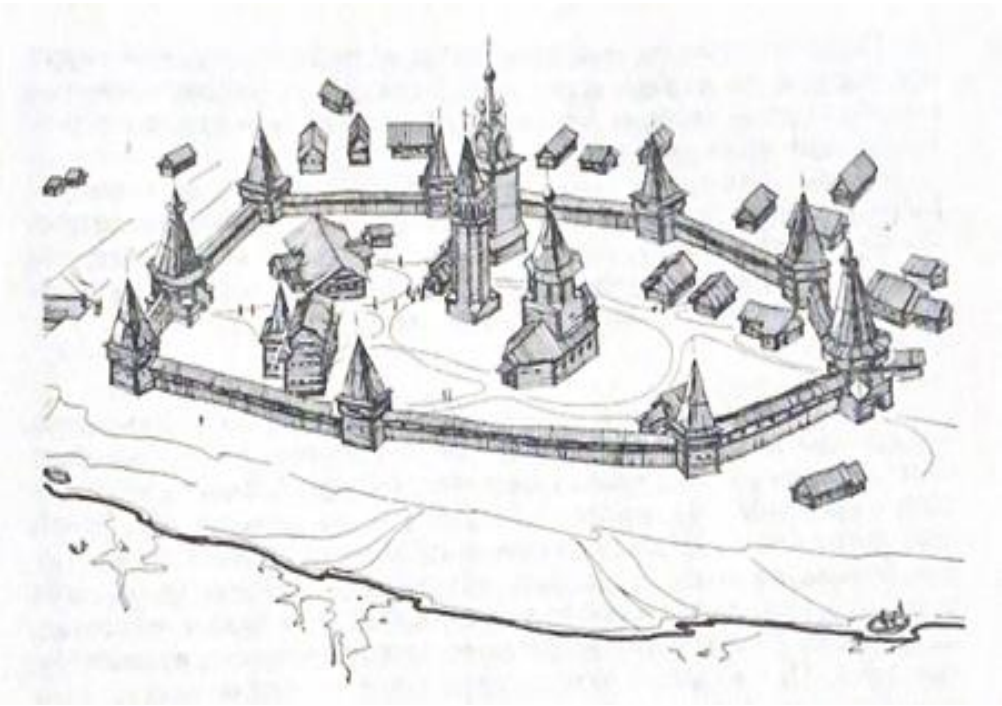


Рис. 1. Мыс Пур-Наволок. Деревянная крепость. 1584 г.

Старейшей каменной постройкой города является комплекс Архангельских гостиных дворов (рис. 2). Построенный во второй половине XVII века (1668 – 1684 г) на месте сгоревшей деревянной крепости, комплекс являлся самым крупным торговым каменным сооружением того времени на Руси. Гостиные дворы состояли из трех частей, главной из которых был так называемый «каменный город» – площадь для торговли, окруженная каменными стенами с башнями. По бокам от этого пространства находились русский и немецкий гостиные дворы. Представлявшие собой в плане параллелограммы со сторонами 60×90 и 79×90 сажен соответственно. Форма и архитектурная композиция комплекса объясняются расположение на побережье и изогнутым контуром берега Двины. Заметно также тяготение ансамбля к симметрии с главной осью, проходящей через квадратную башню торговой площади и четкая ориентация главным фасадом к реке, с которой можно было увидеть сооружение полностью [3].

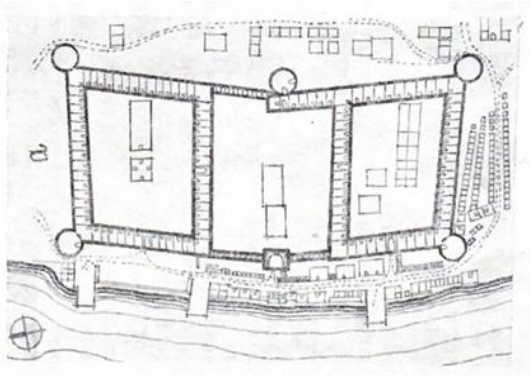


Рис. 2. Гостиные дворы

До наших дней дошли лишь фрагмент западной стены гостиного двора и северная башня. В постсоветское время ансамбль долгое время находился в аварийном состоянии. И только в 2006 году был включен в областную программу «Культура Русского Севера (2006 – 2009)», по которой выделены средства на реставрацию. В 2008 году здание Биржи с центральной башней было отреставрировано и окрашено в желтый цвет. Сейчас в здании располагается Архангельский краеведческий музей.

Градостроительство в XVII–XVIII веках. Город застраивался стихийно и очень плотно, преимущественно деревянной застройкой, поэтому много раз горел и отстраивался из-за этого облик города постоянно менялся. Градостроительные ошибки XVIII столетия приводили к разрушительным пожарам на протяжение полувека, что приводило к серьезным последствиям [7].

Сначала в Архангельске застраивались наиболее сухие участки земли с плотными грунтами, по мере развития город разрастался и занимал уже заболоченные территории. В 1784 году город обзавелся регулярной планировкой в связи с указом Екатерины II, начала прослеживаться четкая градостроительная структура города, состоящая из 4 проспектов параллельных реке (рис. 3) [2].

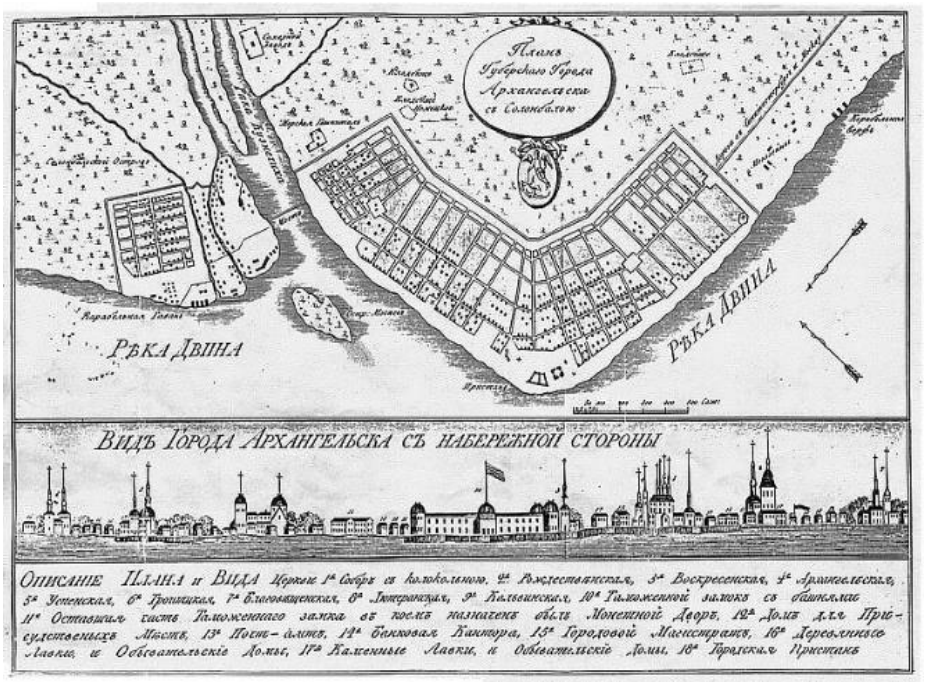


Рис. 3. Карта Архангельска в XVII-XVIII веках

Архитектура и градостроительство конца XIX – начала XX века. С 1800-х годов активно развивается регулярная планировочная структура с очень плотной деревянной застройкой, развитие ведется вдоль набережной и крупных транспортных путей. В центре, как правило, располагались купеческие усадьбы и административные здания, ближе к окраинам – рабочие слободы. Преобладала плотная деревянная застройка 1–2-х этажными домами, которые зачастую были многофункциональными. В ремесленных мастерских, в которых и жили, и работали люди, часто возникали пожары, именно поэтому город горел множество раз. Около 1900-го года идет активное развитие железной дороги, город начинает быстро расти и его развитие становить стихийным. В архитектуре этого времени активно развивались неоклассицизм и эклектика, что проявлялось в использовании элементов различных архитектурных стилей.

В Архангельске XIX–XX-го веков большая часть зданий все так же строится из дерева. Отличительными чертами таких домов является обилие эркеров, украшение окон резными наличниками (рис. 4), обшивка срубов досками, для создания ровного тона с едва заметным рустом, разнообразие решений верха зданий. Устремляющийся подъем крыш над эркерами составляет композиционные оси зданий. Характерно также использование водосточных труб для украшения зданий и большой вынос узорных карнизов с глубокой светотенью. Особое внимание уделялось входным дверям, которые украшают рельефами [3].

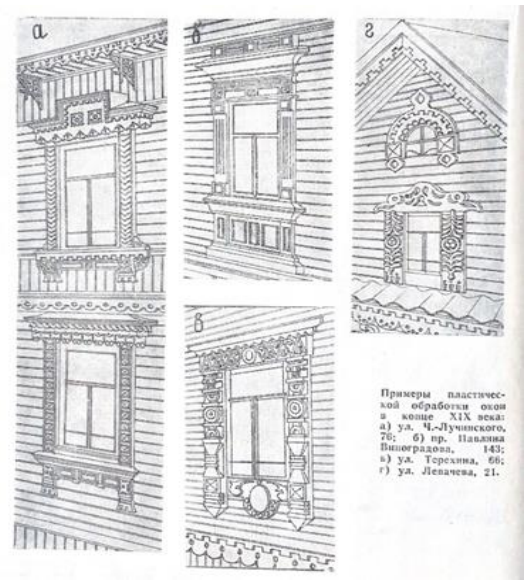


Рис. 4. Варианты отделки деревянных домов Архангельска

Особняк Шарвина можно считать ярким примером архитектуры XIX века (рис. 5). Построен он был в 1852 году по проекту Сергея Пеца. Для его строительства использовались деревья лиственничных пород. Первоначально дом был оформлен в классическом стиле, но в 1911 году в ходе реконструкции стиль здания поменялся с классического на модерн. Сейчас это сооружение является архитектурным памятником областного значения и объектом культурного наследия второй половины XIX века.



Рис. 5. Особняк Шарвина. 1852 г.

К концу XIX начале XX века все чаще в строительстве используется кирпич, что позволяет зданиям быть более прочными и долговечными и зарождается так называемый «кирпичный стиль» архангельской архитектуры. В этот период из кирпича возводили бывшие городские особняки, культовые, промышленные и торговые здания. Особенно часто «кирпичный стиль» использовался в архитектуре производственных строений. Ярким примером данного стиля можно считать дом Якова Беляевского, известный также как «Дом Гайдара», построенный в 1907 году (рис. 6).



Рис. 6. Дом Якова Беляевского. 1907 г.

Набережная Северной Двины в Архангельске – один из центров туристического притяжения города, где сохранилась аутентичная архитектура XIX столетия. Раньше там находилась улица, называвшаяся Торговой – торговый центр Архангельска в то время. Она когда-то была оживленным местом с торговыми рядами, купеческими усадьбами и банками. До нашего времени на этой улице сохранились некоторые памятники архитектурного наследия, такие как, Никольская церковь, выполненная в русском стиле по проекту архитектора Н. А. Каретникова в 1904 году, Усадьба Е. К. Плотниковой – памятник архитектуры конца XVIII – начала XX веков, Дом Буторова – памятник архитектуры XIX века, каменный двухэтажный особняк, построенное в 1898 – 1903 годах в стиле эклектика. Сейчас на этой улице появляются новые постройки, такие как здание бассейна в современном стиле, напротив Свято-Никольского храм, которое сильно выбивается из общей малоэтажной каменной застройки, не вписываясь в масштаб улицы и ее атмосферу.

Архитектура и градостроительство советского периода (1918 – 1990 гг.). В 1930-е Архангельск становится военным и промышленным центром региона. В 1939 году впервые четко зафиксировано трехлучие, исходящее от проектируемой центральной площади с Домом Советов, каждое направление имело свою функциональную нагрузку: юг – торгово-административный, северо-восток – жилая, запад – промышленность (рис. 7). Начинается формирование микрорайонов, основным принципом становится “близость жилья к месту работы». В 1950-х начинается активный рост города вдоль реки, индустриализация: повышается этажность, строятся огромные жилые массивы, развивается инфраструктура, школы, детсады, магазины и др., формируется основной ансамбль центра.



Рис. 7. Дорожная сеть центра Архангельска

В 1950 году был утвержден второй генеральный план развития города Архангельска, в основу которого легли идеи проекта генплана 1937 года. Территория центральной части Архангельска ограничивалась с одной стороны Северной Двиной с другой железной дорогой. Все свободные территории в этой зоне предлагалось отдать под жилую застройку. Территория центра была разделена на три функциональные зоны: многоэтажную каменную, двухэтажную смешанную и одноэтажную. При этом строительство общественных зданий предусматривалось в камне.

Для архитектуры первых десятилетий советского периода (1920 – 1930-е годы) характерен стиль конструктивизм. Определится и получил широкое распространение новый тип жилых домов – деревянный двухсекционный брусчатый жилой дом с обшивкой и без нее. Несмотря на скромный облик такой архитектуры, она, несомненно, улучшала качество жизни населения. До конца 1920-х годов город остается малоэтажным и деревянным, две трети построек одно-двухэтажные, тогда как более двух этажей имели лишь 19 зданий. Из 3311 жилых построек в центре города каменных было всего 117.

В связи с образованием Северного края возникла задача образования нового административного центра в Архангельске. Первым зданием нового центра стал театр драмы, построенный в 1929 – 1931 годах из кирпича разобранного Свято-Троицкого кафедрального собора – центрального православного храма города (рис. 8). Здание выполнено по проекту И. А. Голосова. Такие материалы фасадов, как бетон и стекло типичны для стиля конструктивизм, характерного для того времени стиля. Ось симметрии подчеркивалась выступающим на середине здания объемом.



Рис. 8. Театр Драмы. 1931 г.

В конце 1940-х – начале 1950-х годов в Архангельске наблюдалась эпоха «сталинского ампира». Зданием того времени свойственно стремление к торжественности и парадности. Фасады здания выполняли также в стиле классицизм или неоклассицизм и использовали такие украшения, как портики, колонны, фронтоны, барельефы. Примерами зданий того временя являются административное здание УВД, бывшее здание Совета Народного Хозяйства, здание областного совета профсоюзов. В центре города в это время в городе было построено несколько «сталинок» с единым стилем.

К 1980 годам многие деревянные дома Архангельска обветшали и была принята политика ликвидации старых зданий, которые уже не соответствовали техническим характеристикам и нормам. К 1980 году было снесено аварийных и ветхих деревянных домов общей площадью около 600 тысяч квадратных метров [4].

Жилая советская архитектура 1980-х годов была ориентирована на функциональность, с акцентом на удобство проживания и рациональное использование пространства. Основным типом жилых зданий стали панельные дома. Декоративные элементы были минимальными, акцент делался на простоту и практичность. При всей визуальной скромности массовых серий на разных зданиях был разный орнамент, что придавало им индивидуальность. Что характерно для северной застройки, дома располагались на генплане, образовывая защищенные от ветров дворы с равным доступом к инсоляции. В основном такие дома имели от 5 до 9 этажей.

Одним из значимых архитектурных объектов 1980-х годов в Архангельске является здание проектных организаций, которое является главной доминантой города и самым высоким зданием в Архангельской области (рис. 9). 24-этажное здание расположено на площади Ленина и выполнено в стиле советского модернизма по проекту архитекторов М. П. Бубнова, В. М. Кибирева, Г. Ф. Кузнецова, И. В. Семейкина, и других – удостоенных диплома первой степени и медали Союза архитекторов СССР. Высота здания по уровню крыши – 82 метра, на крыше расположено антенное сооружение, поэтому полная высота здания превышает 100 метров.



Рис. 9. Здание проектных организаций

Архитектура начала XXI века. В начале двухтысячных годов в России развивалось направление капиталистического романтизма («капром») и Архангельск оно не смогло пройти стороной. В это время архитекторы стремились выразить индивидуальность каждого отдельного здания, не рассматривая их, как общую городскую структуру, систему связанных между собой зон и архитектурных объектов. Также этому стилю было присуще низкое качество отделки, здания этой эпохи созданы из некачественного материала и быстро разрушаются. Таких объектов было построено достаточно много в Архангельске за период нулевых, как и в других городах России и СНГ. Сейчас эта архитектура разрушает общий облик города, выбиваясь из исторически характерной для данного региона застройки.

Бизнес-центр «Гулливер» на пересечении Северодвинской улицы и ул. Шабалина ярким пятном выделяется на фоне деревянных двухэтажных домов. Кричащий синий цвет, сплошное остекление розоватого оттенка, круглые окна-иллюминаторы и нависающие дискообразные консоли крыш смотрятся вычурно и неестественно (рис. 10).



Рис. 10. Бизнес-центр «Гулливер»

В последние 10 – 20 лет Архангельск застраивается современными многоэтажками, которые своим внешним видом, масштабом, материалом, очень выбиваются из общего вида города, нарушают его цельность и разрушая идентичность. Строя высокие, многоквартирные здания совсем рядом с малоэтажными, характерными старому Архангельску, домами уничтожается атмосфера, колорит, присущий центральной исторической части города. На нее также отрицательно влияет и большое количество агрессивной некачественной наружной рекламы [5].

Помимо несоответствия современных зданий архитектурному облику города, существуют и другие проблемы Архангельска. Большая часть архитектурных памятников города находится в аварийном состоянии. В связи с тем, что значительная часть архитектурных памятников были построены из такого недолговечного материала, как дерево, многие из них потеряли свой первоначальный облик и требуют реставрации [6, 8].

Несмотря на то, что город расположен на берегу реки Северная Двина и река исторически занимает важное место в градостроительной структуре города, в Архангельске отсутствует благоустроенная набережная, которая могла бы стать центром притяжения жителей города и привлечь туристов.

Заключение. Каждая эпоха по-своему влияла на облик Архангельска, придавая городу свои характерные особенности. Одной из ярких идентификационных характеристик города является обилие уникальных, присущих только этому месту, деревянных строений, особенно в центре города. Но в связи с тем, что за последние десятилетия Архангельск застраивался очень хаотично, стихийно, по причине отсутствия грамотно составленного регламента застройки, сейчас можно наблюдать беспорядочно застроенную среду, где сосуществуют совершенно разные по своему типу, образу здания – историческая малоэтажная и современная высотная застройки. В ней не учитываются градостроительные принципы застройки, а именно видовые оси и расположение доминант; архитектурные особенности данного района – элементы идентичности, этнические характеристики местности, а также современные требования к комфортной жизни в городской среде.

Другой немаловажной проблемой современного Архангельска является аварийное состояние большого количества, как жилых деревянных домов барачного типа, так и памятников истории и архитектуры. Полуразрушенные, заброшенные здания, неблагоустроенные дворы и придомовые территории – все это негативно влияет на общий облик города, делает его малопривлекательным и некомфортным для жизни.

Сейчас одной из важнейших задач является сохранение исторического облика города, своеобразия его колорита и создание индивидуального художественного облика северного города, который бы делал его узнаваемым и привлекал людей.

Список использованных источников

1. Барашков, Ю. А. Архангельск Архитектурная биография / Ю. А. Барашков. – Архангельск : Северо-западное книжное издательство, 1981. – 160 с.

2. Беляев, А. Н. Эволюция градостроительства Архангельска и Северодвинска / А. Н. Беляев, А. Ю. Варфоломеев, А. В. Фрейберг // Arctic Environmental Research. – 2010. – С. 5 – 9. – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-gradostroitelstva-arhangelska-i-severodvinska/viewer

3. Кибирев, М. Ф. Архангельск / М. Ф. Кибирев. – Архангельск : Архангельское книжное издательство, 1955. – 83 с.

4. Благовидова, Н. В. Сохранение культурного наследия в контексте архитектурно-планировочной идентичности Архангельска / Н. В. Благовидова, В. Д. Акишева // Architecture and Modern Information Technologies. – 2024. – № 4(69). – С. 192 – 207.

5. Еремеева А. Ф., Перспективы развития арктического города: дискуссия в Салехарде / А. Ф. Еремеева, С. Г. Кравчук // Техническая эстетика и дизайн-исследования. – 2023. – Т. 5, № 1. – С. 5 – 8.

6. Разработка критериев сохранности деревянной городской застройки / Осина Н. А., В. А. Егорова, А. В. Атясова, Н. С. Брязгунова // Вестник гражданских инженеров. – 2024. – № 1(102). – С. 15 – 22.

7. История и перспективы развития малоэтажной деревянной застройки городов Севера России / Ф. В. Перов, Р. А. Мангушев, Т. А. Дацюк, С. А. Болотин // Жилищное строительство. – 2024. – № 1-2. – С. 51 – 57.

8. Сарвут Т. О. Принципы формирования среды обитания в Арктическом регионе / Т. О. Сарвут // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, № 2(113). – С. 130 – 140.

УДК 699.885
70.01.31: Архитектура и градостроительство

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМОЙ ЗАСТРОЙКИ С УЧЕТОМ ВЫСОКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В СТРАНАХ ОАЭ

Сокольская Оксана Николаевна
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «архитектуры, гражданских и промышленных зданий имени А. В. Титова»
e-mail: *ons33@mail.ru*

Ааадех Хаммам И. Х.
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», аспирант
e-mail: *hammam.awawdeh@yandex.com*

Аннотация. Опыт ОАЭ по реализации градостроительных стратегий по защите от солнца является очень ценным примером южных регионов России и стран Центральной Азии, где также наблюдались экстремальные температуры и повышенная солнечная радиация. В таких городах, как Краснодар, Сочи, Душанбе и Бишкек, температура в летние месяцы регулярно достигает +38 – +44 °С, а годовое количество солнечной радиации может превышать 1800 – 2000 кВт·ч/м². В условиях растущего глобального потепления и увеличения продолжительности жары эти решения актуальны для развития энергоэффективного, благоприятного для биосферы и устойчивого к изменению климата развития. Целью данной статьи является анализ и систематизация инновационных архитектурных стилей в ОАЭ с целью их последующей адаптации к климатоподобным районам.

В условиях экстремального солнечного воздействия, характерного для климата Объединенных Арабских Эмиратов, применяется комплексный подход к проектированию зданий, сочетающий пассивные архитектурные методы и современные технологические решения. Ключевые стратегии включают оптимальную ориентацию зданий, использование традиционных элементов (таких как национальные машрабии, представляющих собой ажурные деревянные решетки на окнах и внутренние дворы) для естественной вентиляции и затенения, а также применение инновационных материалов – теплоотражающего остекления, термоизоляционных бетонных конструкций и адаптивных фасадных систем. Современные здания оснащаются фотоэлектрическими панелями двойного назначения, интеллектуальными системами климат-контроля и динамическими солнцезащитными конструкциями, что позволяет минимизировать теплопоступления при сохранении визуального комфорта. Эти решения реализуются в рамках строгих нормативных требований (Кодекс зеленого строительства ОАЭ, стандарты LEED и ESTIDAMA), обеспечивая значительное повышение энергоэффективности при сохранении архитектурной идентичности. Подобный интегральный подход делает эмиратский опыт проектирования солнечно защищенных зданий уникальным примером адаптации современной архитектуры к экстремальным климатическим условиям.

Целью данной работы является изучение градостроительного и архитектурно-планировочного опыта проектирования зданий и сооружений в ОАЭ с учетом защиты зданий от солнечной радиации и повышенных температурных характеристик. Именно эти климатические показатели являются ведущими факторами, влияющими на принципы формирования застройки. Архитектурно-строительные подходы к проектированию в ОАЭ вращаются вокруг достижения комплексных целей, основанных на повышении энергоэффективности и повышении экологической устойчивости, поскольку именно эти меры направлены на снижение тепловой нагрузки на здания, снижение зависимости от интенсивных систем охлаждения и достижение экономии энергии до 40%. Эти решения также сочетают в себе исторические архитектурные элементы, такие как национальные машрабии, внутренние дворы, с передовыми технологиями теплоизоляции и умными фасадами, адаптируемыми к интенсивности солнечного излучения. Регулирование ведется при помощи местных зеленых стандартов, таких как Estedama и Кодекс зеленого строительства. Преимущества этих методов не ограничиваются экологическим и экономическим аспектом, а распространяются на повышение качества жизни за счет обеспечения здоровой внутренней среды, которая снижает воздействие вредных лучей, что делает их ключевой опорой в достижении Видения устойчивого развития ОАЭ до 2030 года и укреплении лидирующих позиций в области устойчивой архитектуры в тропических регионах.

Ключевые слова: солнцезащитные мероприятия, градоустройство ОАЭ, энергоэффективность, микро-климатические стратегии, динамические фасады, вертикальное озеленение, аридные регионы.

Постановка задачи. Цель исследования – анализ современных архитектурных и градостроительных решений по защите от солнца, применяемых в ОАЭ, с последующей оценкой их применимости в южных регионах Российской Федерации и странах Центральной Азии. Важность обусловлена схожестью климатических характеристик: в Краснодаре и Сочи температура летом превышает 40 °С, в Душанбе и Бишкеке – до 42 – 44 °С, при этом количество солнечных часов достигает 3000 в год. Эти показатели делают важным защиту зданий от солнечного излучения, очень важно обеспечить тепловой комфорт и снизить энергопотребление.

Результаты. Проведен анализ архитектурных и градостроительных решений, включая динамические фасады, вертикальное озеленение и микроклиматические зоны, которые снижают теплоприток на 40 – 70% и энергопотребление на 23%. Предложена модель интеграции этих технологий в единый градостроительный каркас.

Выводы. Научная новизна исследования заключается в доказательстве экономической и экологической эффективности солнцезащитных стратегий, что открывает перспективы для их применения в других аридных регионах в условиях глобального потепления.

Климатические особенности ОАЭ: вызовы экстремальной среды для урбанистики. Характерной чертой климата Объединенных Арабских Эмиратов является его гиперзасушливость, усугубляемая экстремальными температурными режимами и интенсивной инсоляцией. Здесь доминируют экстремальные температуры: среднегодовой показатель превышает 28 °С, а в летние месяцы (июнь–сентябрь) столбики термометров регулярно достигают 41 – 43 °С, с пиками до 50 °С в пустынных районах, таких как Лива или Аль-Айн. При этом

относительная влажность воздуха в прибрежных зонах, включая Дубай и Абу-Даби, нередко поднимается до 90%, создавая эффект «паровой бани» – сочетание, которое по индексу тепловой нагрузки (Heat Index) эквивалентно 60°C и выше, согласно исследованиям Национального центра метеорологии ОАЭ (2021) [9].

Солнечная радиация здесь приобретает разрушительную силу: среднегодовое количество солнечных часов превышает 3,500, а уровень ультрафиолетового излучения (UVI) в летний период стабильно держится на отметке 11+ – максимальной границе шкалы ВОЗ, обозначающей «экстремальную опасность». По данным Института Масдар, интенсивность прямой солнечной радиации достигает 2200 кВт·ч/м² в год – показатель, вдвое превышающий аналогичный в умеренных широтах [10]. Это не просто климатическая особенность, а ключевой фактор, диктующий необходимость радикальных решений в архитектуре: от оптимизации ориентации зданий до разработки композитных материалов с отражающими свойствами.

Однако климат ОАЭ – это не только жара. Пустынные регионы сталкиваются с частыми песчаными бурями (до 20 – 30 дней в году), которые снижают видимость до 500 метров и менее, а также увеличивают концентрацию взвешенных частиц PM2.5 и PM10 в воздухе – до 200 мкг/м³, что в 4 раза превышает нормы ВОЗ (отчет Министерства климата и окружающей среды ОАЭ, 2022). Эти явления не только усложняют эксплуатацию инфраструктуры, но и формируют долгосрочные риски для здоровья населения: по данным UAE University, рост респираторных заболеваний в период бурь увеличивается на 15 – 20% [11].

Важным аспектом остается дефицит осадков: среднегодовое количество не превышает 100 мм, а в некоторых районах, таких как Абу-Даби, опускается до 50 мм. Это создает парадокс урбанизации: мегаполисы, потребляющие гигантские объемы воды (например, Дубай – 500 л/чел в день) [12], существуют в условиях, где естественное пополнение водоносных горизонтов практически отсутствует. Более того, сочетание высоких температур и низкой влажности в континентальных районах приводит к испарению до 80% поливной воды – факт, подчеркивающий необходимость интеграции климатической аналитики в системы ирригации и ландшафтного дизайна.

Нельзя игнорировать и эффект «городского острова тепла» (Urban Heat Island), усиливающий экстремальность климата: исследования, опубликованные в журнале [1], показали, что температура в центре Дубая на 5 – 7 °C выше, чем в пригородных зонах. Это результат аккумуляции тепла бетонными конструкциями, асфальтовыми покрытиями и снижения альбедо поверхности – проблемы, требующей пересмотра градостроительных норм в сторону увеличения зеленых зон и «холодных» кровельных материалов.

Архитектурные решения для солнцезащиты. Градостроительство ОАЭ, столкнувшись с агрессивным солнечным воздействием, превратило солнцезащиту в ключевой принцип проектирования – не просто элемент эстетики, но технологический императив. Традиционные методы, такие как машрабия – ажурные деревянные решетки, – сегодня переосмыслены через призму цифрового моделирования: [1, 2] их сложная геометрия снижает проникновение прямых солнечных лучей на 60 – 70%, одновременно обеспечивая естественную вентиляцию. В мечети Шейха Зайда в Абу-Даби, например, модернизированные машрабия из композитных материалов с керамическим покрытием сокращают теплоприток на 40%, сохраняя визуальную связь с культурным наследием.

Современные фасады стали лабораторией экспериментов: динамические солнцезащитные системы, подобные «умным» экранам Al Bahr Towers в Абу-Даби, – это 2,000 подвижных модулей, реагирующих на траекторию солнца (рис. 1). Их алгоритм, разработанный при участии инженеров Aedas, снижает энергозатраты на кондиционирование на 34% (отчет Atkins Global, 2020). Не менее революционны светоотражающие материалы: покрытия на основе наночастиц TiO_2, используемые в Burj Khalifa, повышают альбедо поверхности до 85%, отражая 95% УФ-излучения [2, 3].

Однако инновации не ограничиваются фасадами. Вертикальное озеленение, интегрированное в проекты вроде «Зеленой планеты» в Дубае, выполняет двойную функцию: плотный слой растительности снижает температуру прилегающих стен на 7 – 10 °C (по данным Emirates Green Building Council), а испарение влаги с листьев создает микроклимат с влажностью до 60% даже при внешних 45 °C [13]. Параллельно развиваются «биомиметические» подходы: вдохновленные строением кактуса, здания в Masdar City оснащены угловыми выступами, отбрасывающими тень на 80% оконных поверхностей в пиковые часы – решение, сокращающее потребление энергии на охлаждение на 27% [1, 2].

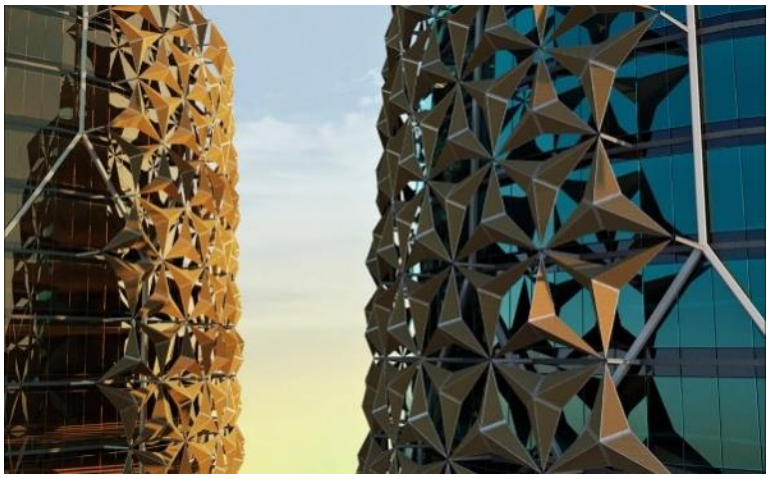


Рис. 1. Подвижные модули Al Bahr Towers

Критически важным становится использование стекла с переменной прозрачностью: электрохромные панели в проекте Museum of the Future регулируют светопропускание от 5 до 80% за 90 секунд, блокируя 99% инфракрасного излучения. Экономический эффект таких решений впечатляет: по расчетам Dubai Electricity and Water Authority, здания с адаптивными системами экономят до 1,2 млн кВт·ч в год – эквивалент энергопотребления 150 домохозяйств [14].

Но даже эти технологии меркнут перед гибридными решениями. Солнечные панели, встроенные в тентовые конструкции пешеходных зон Dubai Expo 2020, демонстрируют симбиоз функций: они генерируют 4 ГВт·ч ежегодно, одновременно создавая затенение, снижающее температуру асфальта под ними на 15 °C [1, 4]. А в проекте «Солнечный купол» в Шардже фотоэлектрические элементы интегрированы в купольные структуры, чья кривизна рассчитана для максимизации тени в полдень – подход, увеличивающий КПД панелей на 22% за счет охлаждения [1]

Анализ этих решений выявляет парадокс: чем сложнее климатические условия, тем изощреннее архитектурный ответ. Однако эффективность всегда имеет количественное выражение. Например, применение аэрогеля в изоляции окон отеля Address Sky View снизило теплопередачу на 50%, а трехслойные стеклопакеты с аргоновым наполнением в небоскребе Cayan Tower уменьшили проникновение УФ-лучей на 98%. Даже цвет играет роль: белые граниченые фасады Jumeirah Emirates Towers отражают на 30% больше тепла, чем темные аналоги [1].

Градостроительные стратегии ОАЭ: переосмысление урбанизма под солнцем пустыни. В условиях, где солнце превращает асфальт в раскаленное зеркало, а воздух – в плотную пелену тепла, градостроительство ОАЭ эволюционировало в науку о балансе между плотностью застройки и выживанием в экстремальной среде. Основой этой философии стала концепция «вертикальных городов»: в Дубае 92% зданий выше 80 метров сконцентрированы вдоль магистралей шейха Зайда и Аль-Хаиля, образуя каньоны из стекла и бетона, где тень от высотных башен снижает солнечную нагрузку на пешеходные зоны на 40 – 50% [1, 2]. Однако эта стратегия не лишена парадоксов: та же компактность усиливает эффект «ветровой тени», блокируя естественную циркуляцию воздуха – проблема, решаемая через алгоритмическое моделирование воздушных потоков в проектах вроде Dubai Creek Harbour, где угол наклона башен рассчитан для создания коридоров ветра со скоростью до 5 м/с.

Ключевым элементом стали «островки прохлады» – искусственные микроклиматические зоны, созданные через синтез воды, зелени и тени. Например, парк Аль-Мамзар в Дубае, спроектированный с системой туманообразующих установок, снижает температуру на 12 °C в радиусе 20 метров, потребляя при этом 30% меньше воды, чем традиционные спринклеры [5]. Но настоящим прорывом стало внедрение «умных» навесов: в районе Dubai Design District динамические тентовые конструкции, оснащенные датчиками UV-индекса, автоматически разворачиваются при интенсивности излучения выше 8 Вт/м², сокращая тепловое воздействие на 65% – технология, запатентованная компанией AESG в 2021 году [15].

Революционным подходом оказалось переосмысление транспортной инфраструктуры. Подземные пешеходные галереи, соединяющие станции метро Дубая с небоскребами, охватывают 82% делового центра, уменьшая необходимость выхода на поверхность в часы пиковой солнечной активности. Экономический эффект колоссален: по оценкам RTA (Roads and Transport Authority), это снизило энергопотребление кондиционеров в прилегающих зданиях на 18%, экономя 4,7 млн кВт·ч ежегодно [10]. Параллельно развивается сеть надземных закрытых переходов с фотохромным остеклением – в Абу-Даби их протяженность достигла 27 км, создавая непрерывную климатизированную зону для пешеходов.

Особое внимание уделяется «зеленому каркасу»: стратегия Dubai 2040 предусматривает увеличение парковых зон до 25% территории города, но в условиях дефицита воды это требует инноваций. Система «вертикальных болот» в проекте Sustainable City – 3,500 м² фиторемедиационных панелей, очищающих сточные воды для полива – сократила потребление пресной воды на орошение на 90% [2, 3]. Еще более амбициозен проект «теневых коридоров»: высадка 100 000 пальм вдоль магистралей, чьи кроны, достигая 15 м в диаметре, создают непрерывную тень над 60% тротуаров – решение, снизившее тепловую нагрузку на асфальт на 20 °C в тестовых зонах Шарджи.

Не менее важна реконструкция исторических районов: в квартале Аль-Фахиди (Дубай) реставрация ветровых башен позволила естественным образом вентилировать 70% помещений, уменьшив зависимость от кондиционеров на 40% [1, 4]. Однако современные технологии идут дальше: в «умном» районе Мейдан используются датчики IoT, анализирующие движение солнца в реальном времени, чтобы активировать водяные завесы на фасадах зданий – система, снижающая температуру приземного слоя воздуха на 8°C в радиусе 50 метров.

Критическим вызовом остается борьба с Urban Heat Island: замена 34% асфальта в Абу-Даби на покрытия с высоким альбедо (0,65 против стандартных 0,1) уменьшила нагрев поверхности на 15°C, а внедрение «холодных крыш» в 500 муниципальных зданиях Дубая сократило энергопотребление на 23% [1].

Но настоящим символом прогресса стал искусственный остров Bluewaters Island: его кольцевая структура, открытая к морю, создает естественную тягу воздуха, снижая влажность на 25% – эффект, достигнутый без единого кондиционера в общественных пространствах.

Эти стратегии, однако, не панацея. Исследование UAE University в 2023 выявило, что 60% новых проектов в Дубае превышают рекомендованную плотность застройки (FAR 4.0), усиливая тепловые острова. Но ответ уже найден: алгоритмы искусственного интеллекта, используемые в планировании Mohammed Bin Rashid City,

оптимизируют распределение зданий так, чтобы тень от одной башни покрывала 30% площади соседней – подход, увеличивающий комфорт пешеходных зон на 40% при экономии энергии на 15%. [16]

Заключение. Таким образом, основной задачей исследования являлось выделение основных подходов в развитии энергоэффективной, биосферносовместимой застройки на примере методов застройки, применяемых в ОАЭ. Основных направлений развития градостроительных решений, архитектурно-строительных, объемно-планировочных подходов формирования застройки для городов, отличающихся высокими показателями температуры, а также методы благоустройства уличного пространства, позволяющие существенно улучшить комфортность приземного слоя атмосферного пространства.

Наглядно продемонстрирован синтез традиционных и инновационных подходов к солнцезащите. Анализ архитектурных и градостроительных решений ОАЭ – от ажурных машрабия до динамических фасадов Al Bahr Towers – позволил выявить не только их локальную эффективность (снижение теплопритока на 40 – 70%), но и универсальные принципы, применимые в других регионах с жарким климатом, а также повышенными показателями солнечной радиации и температуры в летний период.

Особый вклад – доказательство экономической целесообразности решений: например, использование фотохромного остекления в Museum of the Future сократило затраты на кондиционирование на 1,2 млн кВт·ч в год, что открывает перспективы для масштабирования технологий в условиях глобального потепления [10].

Защита от солнца в зданиях ОАЭ представляет собой новаторскую модель интеллектуального взаимодействия с климатическими проблемами, сочетающую архитектурную оригинальность с технологическими инновациями. Используя комплексные решения, включающие продуманный архитектурный дизайн, использование передовых изоляционных материалов и умные системы затенения, страна успешно достигла баланса между тепловым комфортом и энергоэффективностью.

Эти методы важны не только для улучшения экологических характеристик зданий, но и для повышения качества жизни и поддержки «зеленой» экономики, что делает их ключевым элементом в достижении видения устойчивого развития ОАЭ. В нем также подчеркивается, как климатические проблемы могут быть превращены в возможности для инноваций, поскольку здания ОАЭ в настоящее время являются источником вдохновения для устойчивого дизайна в странах с жарким климатом аридным и тропическим климатом, а также в странах с повышенными показателями температуры в летний период.

В свете глобальной тенденции к зеленой архитектуре ОАЭ на этом опыте доказывают, что устойчивые решения являются не просто вариантом, а императивом на будущее, и что адаптация к климату может идти рука об руку с городским и эстетическим развитием, чтобы создать более устойчивую и дружественную к человеку городскую среду.

Список использованных источников

1. Современные солнцезащитные устройства. Классификация основных типов / В. С. Буравченко, А. Т. Дворецкий, О. В. Сергейчук и др. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2018. – № 1-2. – С. 54 – 56.
2. Серебряник, И. А. Объединенные Арабские Эмираты: экономический путеводитель / И. А. Серебряник // Theoretical & Applied Science. – 2015. – № 10. – С. 24 – 27.
3. Махамат, У. У. К вопросу влияния климата на архитектурное формирование экопозитивной жилой среды индивидуальной застройки городов государства Чад (зоны Сахель) / У. У. Махамат, Т. Н. Колесникова // Безопасный и комфортный город : сборник науч. тр. по материалам I Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Орел : Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, 2017. – С. 36 – 40.
4. Говзман, М. Л. Солнцезащитные средства на зданиях в условиях Краснодарского края / М. Л. Говзман // Глобальные проблемы научной цивилизации, пути совершенствования : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х частях. – Ставрополь : ООО «Ставропольское издательство «Параграф», 2022. – С. 543 – 548.
5. Попова, Е. А. Использование конструктивных и архитектурно-планировочных солнцезащитных мероприятий в г. Ростове-на-Дону / Е. А. Попова, А. Р. Лебединская // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации : сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф. – Омск : СибАДИ, 2019. – С. 316 – 320.
6. Министерство энергетики и инфраструктуры ОАЭ. Руководство по энергоэффективности в зданиях. – 2023.
7. Организация по стандартам и метрологии ОАЭ. Экологический строительный кодекс Эмиратов. – 2022.
8. Совет по городскому планированию Абу-Даби. Стандарты Estidama для устойчивого проектирования. – 2021.
9. Национальный метеорологический центр ОАЭ. Ежегодный климатический отчет 2021: Экстремальные погодные явления и тепловые индексы в ОАЭ. – Абу-Даби, 2021.
10. Институт науки и технологий Масдар. Атлас солнечной радиации ОАЭ: Измерения и прогнозы. – Абу-Даби : Издательство Масдар, 2020.
11. Аль-Хосани, М. Влияние песчаных бурь на здоровье в ОАЭ: Лонгитюдное исследование / М. Аль-Хосани, Ф. Аль-Маскари // Журнал экологического здоровья Университета ОАЭ. – 2023. – Т. 12, № 3. – С. 45 – 60.

12. Управление электроэнергии и водоснабжения Дубая (DEWA). Отчет о водной безопасности 2023: Тенденции потребления и стратегии сохранения. – 2023.
13. Совет по экологическому строительству ОАЭ. Рекомендации по системам вертикального озеленения в засушливом климате. – Дубай, 2021.
14. Управление электроэнергии и водоснабжения Дубая (DEWA). Энергоэффективность в умных зданиях: Годовой отчет о производительности. – 2022.
15. AESG. Патент № AE-P-2021-034: Динамическая система солнечных навесов с датчиками, реагирующими на УФ-излучение. – Ведомство по интеллектуальной собственности ОАЭ, 2021.
16. Аль-Мехаири, К. Городская плотность и тепловой комфорт в Дубае: Проблемы и решения / К. Аль-Мехаири. – Издательство Университета ОАЭ, 2023.

УДК: 711.4.01
70.01.31: Архитектура и градостроительство

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ОТРАЖЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КРАСНОДАРА

Сокольская Оксана Николаевна
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Архитектуры, гражданских и промышленных зданий имени А. В. Титова»
e-mail: *ons33@mail.ru*

Ааадех Хаммам И. Х.
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», аспирант
e-mail: *hammam.awawdeh@yandex.com*

Литвяк Мария Викторовна
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», студент
e-mail: *mary.litvyak@gmail.com*

Аннотация. Данная статья посвящена влиянию степени отражения подстилающей поверхности на формирование микроклимата в южном городе Российской Федерации Краснодаре в летний период. Были определены показатели относительной температуры воздуха с учетом относительной влажности в летнее время года в различных районах города. В ходе исследования обнаружены температурные аномалии в определенных частях города, причиной которых являются архитектурно-планировочные и объемно-планировочные особенности сложившейся застройки города Краснодара.

По полученным данным выведены значения температур подстилающих поверхностей, согласно которым самые высокие температуры наблюдаются в районах торговых центров «Галактика», «СБС Мегамолл», «Красная площадь», «Мега Адыгея», «METRO», «Леруа Мерлен» и на территориях крупных промышленных зон, и на территории павильонов выставочного центра города Краснодара.

По полученным данным для уменьшения тепловых нагрузок в жаркий период для города Краснодара при формировании объемно-планировочной и архитектурно-строительной структуры застройки следует применять целый ряд мероприятий для снижения воздействия климатических изменений на человека в жаркий период времени среди городской среды, к ним относятся: масштабное озеленение территории, использование развитой системы водных сооружений, развитие аэрационного режима среди городской застройки при помощи различных градостроительных средств и т.д.

Ключевые слова: микроклимат, городская среда, коэффициент альбедо, подстилающая поверхность, термическое воздействие, солнечная радиация, зеленые насаждения, температура, остров тепла, климатические изменения, зеленые насаждения, строительство.

Введение. Данные исследования играют большую роль для градостроительства южных городов регионов Российской Федерации, в частности для города Краснодара. Это обусловлено тем, что альбедо подстилающей поверхности оказывает основное влияние на микроклимат, отражает основные процессы, проходящие на уровне деятельной поверхности. Изучение коэффициента альбедо необходимо при исследовании изменения климата в городской среде.

Количество отраженной радиации зависит от притока радиации и отражательной способности подстилающей поверхности застройки. Под коэффициентом отражения (альбедо) понимают отношение отраженной радиации к приходящей суммарной радиации. Коэффициент альбедо любой поверхности зависит от его свойств, а также длины волны и угла падения приходящей радиации. Степень отражения солнечной радиации у темных поверхностей меньше за счет увеличения поглощательной способности и увеличения степени нагрева, отражение на гладких плотных светлых поверхностей городской среды интенсивней.

В строительстве показатель светоотражения альбедо может быть важным параметром при выборе материалов для фасадов зданий и крыш. Материалы с высоким альбедо отражают больше света, что может помочь снизить потребность в искусственном кондиционировании воздуха в помещении нагреваемого здания. Это особенно актуально в Краснодарском крае, где в летний период преобладают высокие температуры воздуха среди городской застройки. Согласно данных различных сайтов по метеорологии, максимальные температуры воздуха в городской среде города Краснодара достигаются в июле +38 °С, в августе +41 °С и сентябре +39 °С

Однако стоит учитывать, что материалы с очень высокой степенью альбедо могут вызывать блики и отражения, которые могут быть неприятными для глаз. Поэтому важно найти баланс между отражающей способностью материала и его эстетическими качествами.

В строительстве используются различные материалы с различными светоотражающими характеристиками альбедо, такие как белый мрамор, светлые краски, алюминиевые панели и т. д. При выборе материала необходимо учитывать не только показатель альбедо, но и другие характеристики, такие как прочность, долговечность, стоимость и внешний вид.

Степень озеленения территории также значительно сказывается на общем термическом нагреве подстилающей поверхности и перегреве приземного слоя атмосферной среды. Здесь стоит учитывать, как наличие крупных зеленых зон, парков, скверов, садов, пригородных лесов, так различные типы систем озеленения стен и крыш, а также благоустройство. В исследованиях Перрини и соавторов [8] было показано, что живые стены превосходят системы прямого и непрямого озеленения фасадов, но все системы показали значительное улучшение по сравнению с голыми стенами. Снижение температуры стен в данном исследовании показало уменьшение нагрева от 3 до 7 °С соответственно.

Поэтому управление коэффициентом альбедо в городской среде имеет важное значение для создания комфортных условий проживания и снижения воздействия климатических изменений. Такие меры, как использование светлых материалов для покрытия дорог и крыш зданий, посадка растительности и создание зеленых зон помогают улучшить микроклимат и снизить температуру в городе, что особенно важно в архитектурном проектировании южных городов, таких как город Краснодар.

Изменение микроклимата в городской среде и уменьшение коэффициента альбедо оказывает негативное воздействие на состояние и здоровье человека.

Повышение температуры в городе Краснодаре, вызвано большими показателями солнечной радиации и материалами с низкой отражательной способностью. Совокупность данных факторов может привести к увеличению температуры приземного слоя атмосферной среды, способствовать развитию теплового удара и других проблем, связанных с перегревом организма.

Применение материалов в строительстве с низкими показателями отражающей способности коэффициента альбедо означает, что поверхность становится менее отражающей. В этом случае термический нагрев подстилающей поверхности может достигать значительных показателей, что негативно отражается на микроклиматических показателях приземного слоя атмосферной среды, влечет за собой развитие ряда заболеваний у горожан, связанных с перегревом среды, а также экономические расходы на искусственное кондиционирование.

Именно поэтому в архитектуре и строительстве города Краснодара, расположенного на юге Российской Федерации важно идти по пути уменьшения термического нагрева подстилающей поверхности городской застройки, применять строительные материалы с высокой отражательной способностью альбедо, увеличивать площадь зеленых насаждений в городах.

Стоит отметить, что в густонаселенных городских районах города Краснодара в летний период часто наблюдается высокий уровень нагрева из-за значительных показателей поступающей солнечной радиации, поглощаемой асфальтом, дорожным покрытием и крышами, покрытыми темным рубероидом. Территории зеленых насаждений, особенно участки с деревьями, как правило, являются самыми прохладными зонами.

Материалы и методы исследования. Для решения задачи учтены данные статистики по климату и метеорологии состояния атмосферной среды в городе Краснодаре.

1. В исследованиях применялись опубликованные научные данные, полученные с помощью спутниковых снимков от космического аппарата Landsat-8 с сенсором TIRS. Данные экспериментальные исследования были выполнены 17 августа 2023 года (рис. 1, 2). Следует отметить, что с тех пор ситуация практически не изменилась, за исключением увеличения высоты и объема крон деревьев.

2. Разработка рекомендаций градостроительного и архитектурно-планировочного характера города Краснодара, целью которых является создание комфортной среды для проживания, учитывая природно-климатические и архитектурные особенности.

Результаты исследования. В летний период в городе Краснодаре почти все очаги повышенной интенсивности термического нагрева подстилающей поверхности локализуются в районе наиболее крупных строений с большой площадью плоских крыш, например, торговый центр «Галактика» и «СБС Мегамолл», термический нагрев поверхности которых достигает 45 – 50 °С и выше.

Безусловно, зеленые насаждения влияют на тепловое поле города в летнее время. Выявлены положительные внутригородские тепловые аномалии с уменьшением температурного режима в районах Чистяковской рощи, Дмитриевского сквера и озера Карасун. В этих местах температура не превышает 25…28 °С, что на 4 – 6 °С ниже фоновой.

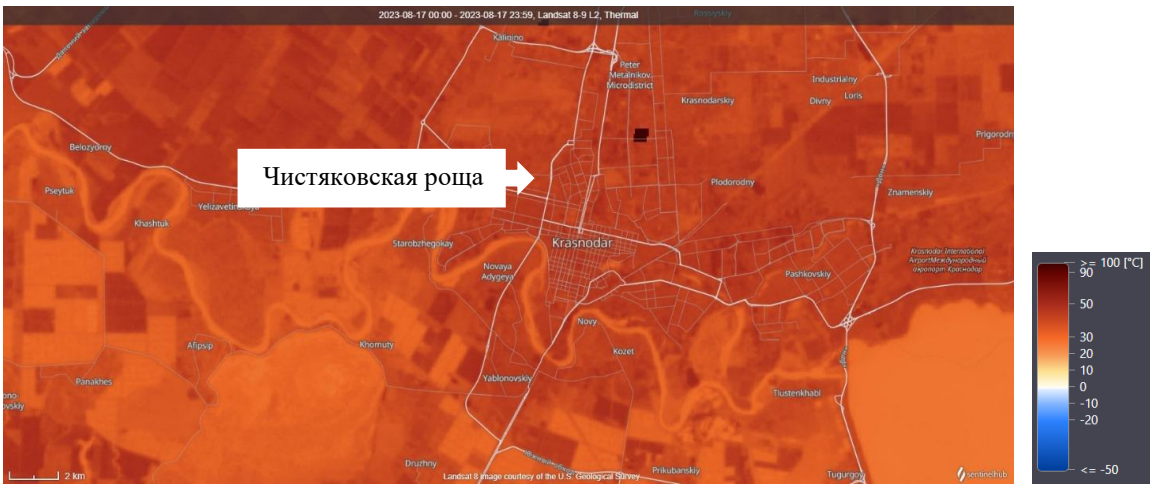


Рис. 1. Карта термического нагрева подстилающей городской поверхности г. Краснодара от 17.08.2023 г.

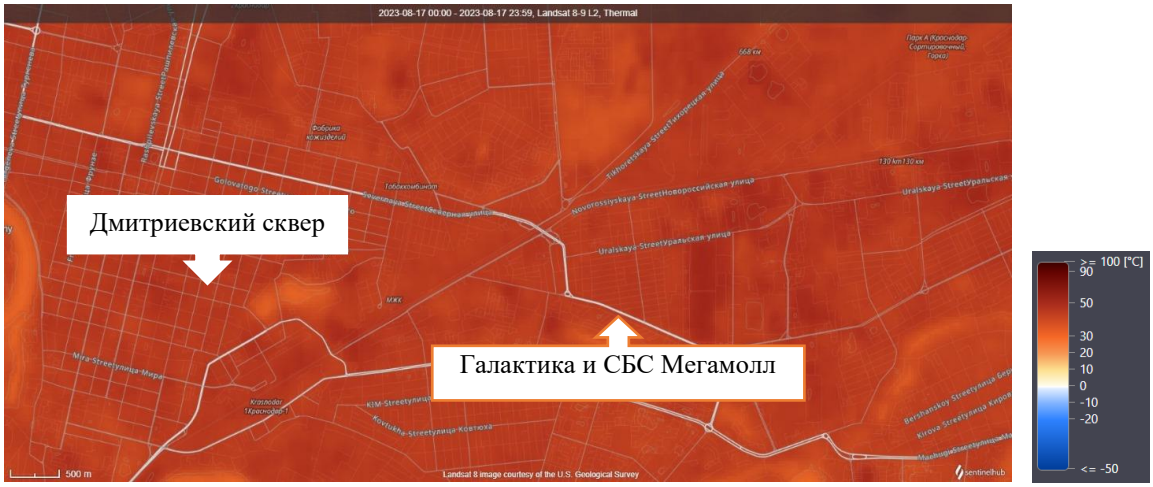


Рис. 2. Карта термического нагрева подстилающей городской поверхности в Карасунском округе г. Краснодара

В густонаселенных городских районах наблюдается самый высокий уровень нагрева из-за солнечного излучения, поглощаемого асфальтом, дорожным покрытием и крышами, а также из-за тепла, выделяемого автомобилями и зданиями (при использовании электричества и других видов топлива выделяется некоторое количество тепла).

Сравнивая термические свойства подстилающих поверхностей, таких как дорожные покрытия, каменные стены и газон, можно сделать вывод, что озелененные покрытия накапливают значительно меньше тепла. В этой связи можно сделать вывод, что с точки зрения термических характеристик наиболее отрицательным является асфальт [9], сюда можно отнести и кровлю из такого материала как рубероид, который в свою очередь имеет большую теплоемкость. Повышенной теплоемкости способствует его темная окраска, а при испарении выделяются вредные для человека вещества. Асфальт отличается низкой проницаемостью воздуха, света и газа, это оказывает пагубное влияние на жизнедеятельность зеленых насаждений, качество почвы и на здоровье человека.

Отражение радиации от земной поверхности, материалов стен и других поверхностей в городской среде, также воздействует на человеческий организм. Объем отраженной радиации зависит от прямого солнечного облучения и от отражающей способности подстилающей поверхности. Свойства материалов, их цвета, фактура и другие физические свойства подстилающей поверхности влияют на альбедо строительных материалов, грунта и зеленых насаждений. Так, значение альбедо бетона составляет 0,3 – 0,35%, светлого мрамора – 0,4%, известняка – 0,5 – 0,65%, газона – 0,2% [9].

Вывод. Как правило, одной из стратегий для уменьшения тепловых очагов среди застройки является обеспечение применения в строительстве материалов с высокой отражательной способностью альбедо для наружных поверхностей застройки. Альбедо представляет собой количественную характеристику способности поверхности к отражению солнечной радиации. Светлые поверхности обладают высоким альбедо, что позволяет им эффективно отражать большую часть получаемой солнечной энергии, в то время как темные поверхности демонстрируют низкий уровень альбедо, приводящий к повышенному поглощению тепловой энергии. Например, черный асфальт, обладая низким альбедо, значительно нагревается под воздействием солнечного света, что делает пешие прогулки по нему затруднительными в условиях теплой летней погоды.

Наиболее очевидным решением проблемы очагов тепла среди городской застройки в масштабах города является увеличение площади зеленых насаждений. Тем не менее, увеличение количества парков в городе часто

может быть сложным из-за высокой плотности зданий и столкновения деловых интересов. Разбивка парков в городах – достаточно проблематичное занятие.

Существует несколько вариантов смягчения термического нагрева очагов тепла поверхности крыш. Одним из примеров является установка так называемых отражающих или прохладных крыш. Эти белые крыши имеют высокую теплоотдачу и не будут нагреваться так сильно, как традиционная темная рубероидная крыша. Точно также, в градостроительстве, могут быть использованы «прохладные технологии» для всех слоев деятельной поверхности застройки, таких как улично-дорожная сеть, пешеходные пространства, фасады зданий и их крыши.

Одним из вариантов уменьшения тепловой нагрузки являются зеленые решения крыш и фасадов. В Краснодарском крае можно встретить несколько видов озеленения: это не только классическое озеленение городов путем облагораживания территорий парковых зон, но и вертикальное озеленение на фасадах зданий, а также стремительно развивающееся озеленение помещений [10].

Зеленые крыши – это еще одно возможное решение, которое сопровождается рядом вторичных выгод, таких как управление ливневыми водами, увеличение биологического разнообразия городов и просто привнесения большего количества природы в наши города, что, как было показано, улучшает психическое здоровье [6, 7].



Рис. 3. ТРЦ Zorlu Center в Стамбуле, Турция. Архитекторы – Tabanlıoglu Architects и Emre Arolat Architects



Рис. 4. Naman Spa, Дананг, Вьетнам. Архитекторы – MIA Design Studio

Кроме того, крыши, как правило, это неиспользуемые площади, поэтому сталкивающихся интересов мало.

Озелененные фасады зданий превосходно смягчают эффекты островов жары, благодаря прямому воздействию растительности на температуру, а также способны разрушать ветра, образуемые в воздушных коридорах комплексной застройки.

Таким образом, управление коэффициентом альбедо и внедрение «зеленых» технологий в городской среде Краснодара являются ключевыми стратегиями снижения тепловых нагрузок и улучшения микроклимата. Комплексный подход, включающий использование светоотражающих материалов, вертикальное и горизонтальное озеленение, а также развитие водных систем, позволит минимизировать эффект «острова тепла» и создать комфортные условия для жителей в жарком климате. Реализация этих мер позволит не только улучшить качество городской среды, но и снизить затраты энергии на кондиционирование воздуха, сделав их экономически и экологически целесообразными.

Список использованных источников

1. Сокольская, О. Н. Роль озеленения в градоэкологии (на примере городов Краснодарского края) / О. Н. Сокольская, Е. Г. Шойхет // Экология урбанизированных территорий. – 2022. – № 4. – С. 53 – 57.
2. Литвенкова, И. А. Экология городской среды: урбоэкология. Курс лекций / И. А. Литвенкова. – Витебск : Издательство УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2005. – 163 с.
3. Демонстрация энергосбережения прохладных крыш / С. Конопаки, Л. Гартланд, Г. Акбари, Л. Райнер. – 1998.
4. Конопаки, С. Измеренная экономия энергии и снижение спроса благодаря отражающей кровельной мембране в крупном розничном магазине в Остине / С. Конопаки, Ш. Акбари. – 2001.
5. Хашеми, С. С. Г. Производительность зеленых крыш в отношении качества воды и снижения энергопотребления в тропиках / С. С. Г. Хашеми, Х. Бин Махмуд, М. А. Ашраф. – 2015.
6. Кондо, М. Природные стратегии улучшения городского здоровья и безопасности / М. Кондо, Е. Саф, С. Бранас. – 2015.
7. Долгосрочные последствия для психического здоровья переезда в более и менее зеленые городские районы / И. Алкок, М. Белый, Б. Уилер, Л. Флеминг, М. Депледж. – 2014.
8. Вертикальные системы озеленения и влияние воздушного потока и температуры на ограждающие конструкции здания / К. Перини, М. Оттеле, А. Фраай и др. – 2011.
9. Сокольская, О. Н. Основы теории градостроительства и планировка населенных мест Краснодарского края: учебное пособие / О. Н. Сокольская, В. Т. Иванченко, В. В. Клименко. – 2022.
10. Сокольская, О. Н. Озеленение крыш / О. Н. Сокольская, В. А. Фотиева // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2022. – С. 259 – 262.
11. Сокольская, О. Н. Влияние объемно-планировочной структуры застройки на формирование теплового комфорта атмосферной среды города Краснодар / О. Н. Сокольская, А. И. Кайшева // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2023. – № 2(42). – С. 37 – 46.

УДК 697.921.2
67.25.03: Теоретические и научные основы районной планировки и градостроительства

РОЛЬ АЭРАЦИИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Сокольская Оксана Николаевна
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент, научный руководитель кафедры «Архитектура гражданских и промышленных зданий имени А. В. Титова»
e-mail: *ons33@mail.ru*

Бурачевский Даниил Андреевич
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», студент
e-mail: *6bibbob9@gmail.com*

Гусев Михаил Александрович
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», студент
e-mail: *gusev.mikhailo5@mail.ru*

Аннотация. В данной статье рассматривается и объясняется роль аэрации как на уровне городской среды, так и внутри зданий. Обсуждается роль аэрации в городской среде, ее влияние на формирование микроклиматических и экологических параметров атмосферной среды приземного слоя и особенности аэрации среди городской застройки. Анализируется влияние архитектурно-планировочных и объемно-планировочных решений на регулирование аэрации как на градостроительном уровне, так и при проектировании отдельных зданий. Объясняются принципы естественной, механической и смешанной аэрации (вентиляции) применительно к помещениям, их актуальность и принципы наиболее рационального выбора. Рассматриваются возможности современных технологий в моделировании аэрации зданий и влиянии на качество поступающего воздуха.

Ключевые слова: аэрация, вентиляция, чистый воздух, микроклимат, градостроительство, архитектура, моделирование, проектирование, роль аэрации в городской среде, влияние аэрации на формирование микроклиматических и экологических параметров городской среды, аэрация среди городской застройки, влияние архитектурно-планировочных и объемно-планировочных решений.

Актуальность аэрации в городской среде и зданиях. В нынешних реалиях человек имеет практически безграничные возможности по улучшению своих условий проживания. Однако одним из ключевых факторов для комфортной и здоровой жизни является качество воздуха – как на улицах города, так и внутри помещений. Для человека свежий воздух является не просто мерой комфорта, но и жизненно необходимой потребностью. Следовательно, при высоком загрязнении окружающей среды обеспечение приемлемого качества воздуха, наряду с обеспечением человека экологически чистыми продуктами питания и водой, становится социально важной задачей [3].

Движение и обмен воздуха, или аэрация, происходит на разных уровнях: в масштабах целых городов и в пределах отдельных зданий и помещений. Эффективная аэрация среди городской застройки играет ключевую роль в рассеивании загрязняющих веществ, удалении избыточного тепла и формировании благоприятного микроклимата. Условия аэрации в городской среде, в свою очередь, напрямую влияют на возможности и эффективность обеспечения качественного воздуха внутри зданий.

Аэрация в городской среде: градостроительные аспекты. Роль аэрации в городской среде трудно переоценить. Аэрация является естественным механизмом самоочищения атмосферы, способствуя удалению выбросов от транспорта и промышленности, а также избыточного тепла, выделяемого зданиями и асфальтированными поверхностями (эффект городского «острова тепла»). Таким образом, аэрация оказывает прямое влияние на формирование микроклиматических и экологических параметров атмосферной среды приземного слоя.

Аэрация среди городской застройки зависит от множества факторов, определяемых градостроительными и архитектурно-планировочными решениями. Планировочная структура города – расположение кварталов, улиц, площадей, парков, водоемов – формирует определенную картину ветровых потоков. Высота и плотность застройки, соотношение высоты зданий и ширины улиц (каньоны улиц), ориентация улиц по отношению к преобладающим ветрам – все это элементы, оказывающие влияние архитектурно-планировочных и объемно-планировочных решений на регулирование аэрации среди застройки.

- Ориентация улиц: Улицы, ориентированные параллельно направлению господствующих ветров, могут служить «вентиляционными коридорами», способствуя проветриванию городских территорий.
- Высота и плотность застройки: Слишком плотная и высокая застройка может создавать зоны ветровой тени и застойные зоны, препятствуя рассеиванию загрязнителей. Напротив, разумное чередование высоких и низких зданий, наличие разрывов в застройке улучшают аэрацию городской среды.
- Открытые пространства: Парки, скверы, бульвары, набережные являются зонами пониженного сопротивления ветру, способствуя проникновению свежего воздуха вглубь городской застройки и улучшению аэрации приземного слоя.
- Объемно-планировочные решения зданий: Форма и взаимное расположение зданий также влияют на локальные ветровые потоки вокруг них, что является частью общей картины аэрации городской застройки.

Аэрация (вентиляция) в помещениях: обеспечение качества воздуха внутри зданий. Циркуляцию воздуха в помещениях можно обеспечить множеством способов, но существует три основных метода:

- Естественная вентиляция: наиболее экологичный и дешевый метод, использующий природные силы (разность давлений, вызванную ветром и температурой) для вентиляции помещений. Однако данный метод не может быть сильно эффективен в условиях загрязненной городской среды или при отсутствии достаточного ветра, ведь не всегда имеет смысл проветривать помещение грязным воздухом. Установка эффективных фильтров при этом методе часто затруднена.
- Неорганизованная: наиболее распространенный метод естественной аэрации в быту, подразумевающий открытие окон, форточек, дверей и ворот для обеспечения продувания воздуха (проветривание).
- Организованная: более продуманный метод, использующий принцип конвекции для обеспечения циркуляции воздуха за счет разницы температур (эффект вытяжной трубы). Теплый, легкий воздух поднимается вверх, где размещены вентиляционные отверстия (например, в вытяжных каналах), а снизу через приточные устройства или неплотности поступает более холодный наружный воздух, вытесняющий теплый.
- Инфильтрация: проникание воздуха в помещение через щели, неплотности и поры, имеющиеся в материалах и конструкциях здания. Данный метод вентиляции помещений является неконтролируемым и может быть причиной больших теплопотерь, а в следствие и убытков при отоплении [4].
- Искусственная вентиляция (механическая): более удобный, но требующий затрат метод вентиляции, позволяющий контролировать воздухообмен в здании независимо от погодных условий и внешнего качества воздуха. Этот метод требует определенных затрат для его работоспособности, ведь для работы вентиляторов необходима энергия. Огромным плюсом может послужить возможность установки многослойных фильтров для воздуха, что критически важно в условиях высокой загрязненности городской среды.
- Приточная: обеспечивает поступление свежего воздуха в помещение с помощью вентилятора, без организованной вытяжки (удаление воздуха происходит через неплотности и естественные вытяжные каналы).
- Вытяжная: удаляет загрязненный воздух из помещения с помощью вентилятора. Свежий воздух поступает за счет инфильтрации или через приточные устройства. Особенно часто используется на кухне или в санузлах.
- Приточно-вытяжная: сочетает принудительную подачу свежего воздуха и принудительное удаление загрязненного, обеспечивая наиболее эффективный и контролируемый воздухообмен. Часто оснащается системами рекуперации тепла.
- Гибридная вентиляция: комбинирует естественную и искусственную вентиляцию помещений. Система использует естественные силы, когда это возможно (благоприятные погодные условия, чистота наружного воздуха), и переключается на механический режим, когда естественной вентиляции недостаточно или качество наружного воздуха низкое. Это позволяет добиться наибольшей результативности при оптимизации энергозатрат.

Влияние архитектурных решений на аэрацию в помещениях. При проектировании здания влияние архитектурно-планировочных и объемно-планировочных решений на регулирование аэрации внутри и непосредственно вокруг здания является не только достаточно важным, но и сильно зависящим от условий окружающей среды, сформированных на городском уровне. Правильное проектирование позволит по максимуму использовать потенциал естественной вентиляции (если качество наружного воздуха позволяет) и снизит потребность в механических системах.

- Ориентация по сторонам света и относительно господствующих ветров: Ориентация здания является не только декоративной задумкой, но и продуманным элементом при проектировании. В зависимости от природных условий местности, таких как ветер и траектория солнца, мы можем сделать более экономно выгодную планировку помещения. Например, большие окна на южной стороне способствуют пассивному обогреву и естественному освещению, а ориентация фасадов перпендикулярно ветру может способствовать усилению ветрового давления для естественной вентиляции [2].
- Форма и объем здания: Компактность здания позволяет уменьшить площадь поверхности при теплообмене, что сократит потери тепла и упростит работу вентиляции. Большие объемы и сложные формы могут приводить к формированию застойных зон воздуха внутри.
- Расположение окон и вентиляционных отверстий: Стратегическое решение при размещении отверстий вентиляции является ключевым фактором эффективной аэрации здания. Окна, расположенные противоположно друг другу, создают сквозную вентиляцию; окна разной высоты способствуют термической вентиляции; вентиляционные отверстия в верхней части комнаты удаляют теплый воздух.
- Внутренние дворы и атриумы: Данные архитектурные элементы улучшают естественную вентиляцию внутри здания, создавая зоны пониженного давления и корректируя движение воздуха. Внутренние дворы также могут защищать внутренние фасады от резких порывов ветра.
- Озеленение на участке: Деревья и кустарники на прилегающей к зданию территории могут служить защитой от ветра и солнца, направлять потоки воздуха к проемам, способствуя проветриванию помещений.

Математическое моделирование и симуляция аэрации городской застройки и помещений. Сегодня архитекторы и градостроители все чаще начинают прибегать к использованию технологий для анализа и оптимизации аэрации городской застройки и зданий. Современные программы и вычислительные машины позволяют моделировать воздушные потоки как на уровне городской среды, так и внутри зданий. Примером таких программ как Autodesk CFD, OpenFOAM и ANSYS Fluent.

С помощью этих программ можно моделировать:

- Распределение воздушных потоков: Программы показывают движение ветра по всей территории (городской застройки) или внутри здания, где могут скапливаться загрязнения, где будут зоны повышенной ветровой активности или застоя [1].
- Эффективность естественной и искусственной вентиляции: Позволяет оценить, насколько продуктивно будет работать тот или иной вид вентиляции в зависимости от ориентации зданий, силы ветра, расположения проемов и др. Дает возможность оптимизировать расположение вентиляционных отверстий и окон.
- Тепловой комфорт: Программы могут учитывать теплопотери и теплопоступления, что позволяет оценить качество пребывания в помещении и рассчитать будущие энергозатраты, связанные с необходимостью кондиционирования или отопления из-за неэффективной аэрации.
- Загрязнение воздуха: Одна из важнейших функций, заключающаяся в том, что мы можем смоделировать распространение загрязняющих веществ или, например, дыма при пожаре, оценивая эффективность систем вентиляции в аварийных ситуациях.

Энергоэффективность систем аэрации. К современным зданиям предъявляют множество требований, но одним из основных является низкая стоимость при производстве и эксплуатации.

Расчет энергопотребления механических систем является достаточно важным при расчетах энергоэффективности. Прежде всего нужно учитывать климатическую зону, где будет располагаться здание, и качество наружного воздуха, определяемое аэрацией среди городской застройки [2]. Это позволит нам просчитать возможность максимального использования естественной вентиляции вместо искусственной. Однако если здание находится рядом с каким-либо предприятием или оживленной магистралью, которые могут загрязнять воздух, следует использовать искусственную вентиляцию с эффективными фильтрами для более комфортных и здоровых условий проживания, несмотря на затраты энергии. Также следует учитывать роль систем отопления и кондиционирования (сплит-системы), которые являются важным элементом для создания комфортных микроклиматических условий помещения, но их нагрузка напрямую зависит от эффективности аэрации здания.

Также не следует забывать, что при проектировании зданий стоит использовать продуманные архитектурные решения, способствующие оптимизации воздухообмена. Так, одним из наиболее эффективных энергосберегающих приемов в многоэтажных жилых комплексах является использование теплового зонирования помещений с учетом ветрового режима, который формируется на уровне городской застройки. В ветрозащитном доме жилые помещения размещаются на подветренной стороне здания, нежилые и вспомогательные – у наветренной. Летние помещения и входные узлы, лестничные клетки, коридоры и т.д. располагают, учитывая господствующее направление ветра. Например, лестничная клетка может выполнять роль теплового экрана для жилых комнат при нахождении ее вдоль здания со стороны наветренного фасада [2].

Список использованных источников

1. Васильев, В. Ф. Экологическое влияние производственных зданий с аэрацией на качество воздуха городов / В. Ф. Васильев // Вода и экология: проблемы и решения. – 2017. – С. 79 – 85.
2. Исанова, А. В. Обеспечение требуемых характеристик внутреннего микроклимата при проектировании квартальной многоэтажной жилой застройки с учетом ее аэрационного режима / А. В. Исанова, И. В. Попова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – С. 25 – 29.
3. Гошка, Л. Л. Климатические системы: влияние воздуха на клеточные функции / Л. Л. Гошка // Magazine of Civil Engineering. – 2009. – № 6. – С. 47 – 56.
4. Файловый архив студентов StudFiles. – URL : https://studfile.net/preview/5434910/page:2/

УДК 72.04:64
67:01:09: История строительства и архитектуры. Персоналия

НАСЛЕДИЕ В ДЕТАЛЯХ: ИССЛЕДОВАНИЕ И СОХРАНЕНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ОКОННЫХ НАЛИЧНИКОВ

Старкова Таисия Викторовна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», почетный архитектор России, старший преподаватель кафедры «Архитектура и градостроительство»
e-mail: *tstarkova1957@mail.ru*

Григорьева Анастасия Сергеевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», студент
e-mail: *anastasiagrigoreva0406max@gmail.com*

Аннотация. В статье исследуется проблема сохранения оконных наличников как уникального элемента традиционной русской архитектуры, рассматривается их эволюция и символическое значение. Автор анализирует конструктивные и декоративные особенности наличников разных исторических периодов, обосновывает необходимость их систематизации и каталогизации, предлагает конкретные меры по защите и популяризации, а также разрабатывает практические рекомендации по сохранению наличников как важного элемента культурного наследия для использования в реставрационной практике и историко-архитектурных исследованиях.

Ключевые слова: оконные наличники, архитектурное наследие, реставрация, консервация, традиционная архитектура.

1. История наличников

1.1. История появления оконных наличников

История оконных наличников на Руси берет свое начало с момента появления стекла в строительстве. До этого окна закрывались бычьими пузырями и слюдой, а необходимость в наличниках отсутствовала. С внедрением стеклянных рам возникла проблема: деревянный дом давал усадку, образуя зазоры между проемом и рамой. Именно эти промежутки и стали маскировать первыми простыми дощечками, которые впоследствии эволюционировали в декоративные наличники.

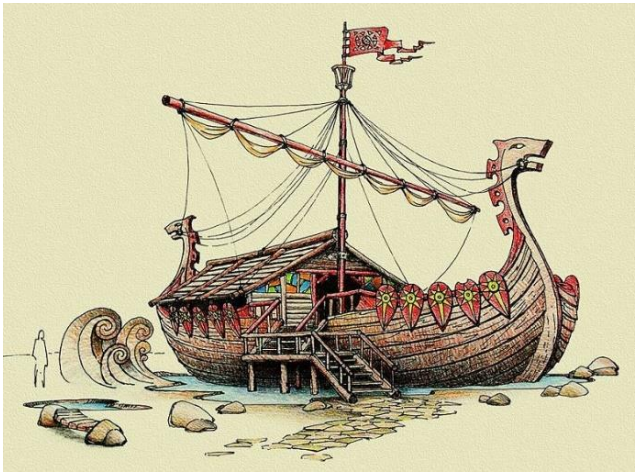


Рис. 1. Древнерусское речное судно

Значительный вклад в развитие наличников внесли плотники с речного флота, где традиционно процветала резьба по дереву. Мастера переняли технику создания обереговых узоров с корабельных ладей, превратив утилитарные элементы в настоящие произведения искусства. Изначально украшенные наличники могли позволить себе только состоятельные люди, но постепенно традиция распространилась и на крестьянские дома.

В разных регионах формировался собственный стиль: в сельскохозяйственных губерниях преобладали растительные мотивы, на Урале – изображения кузнечных инструментов. Такая тенденция сохранялась вплоть до революции. Период Гражданской войны приостановил развитие промысла, однако с наступлением НЭПа он возродился, обогатившись элементами модерна и конструктивизма

Суровые годы коллективизации и Великой Отечественной войны вновь затормозили развитие резного дела. Возрождение традиции пришлось на период послевоенного восстановления, а большинство сохранившихся до наших дней наличников датируются 60–70-ми годами XX века, когда народное искусство получило новое дыхание.

1.2. Отличительные черты наличников

В традиционной славянской культуре окна и двери воспринимались не просто как архитектурные элементы, а как сакральные границы между двумя мирами – безопасным домашним пространством и враждебным внешним миром, полным неопределенности и угроз. Наши предки населяли окружающий мир различными божествами и духами, среди которых были как добрые, так и злые сущности.

Для защиты от негативных сил использовались различные средства: забор оберегал от диких животных, стены и крыша защищали от непогоды, а печь обеспечивала теплом и пищей. Особую роль в системе защиты играли заклинания, амулеты и обереги, которые превращали дом в своеобразное магическое пространство, способное противостоять злым силам и привлекать благополучие.

Окна занимали особое место в системе защиты жилища. Их оформление имело глубокий символический смысл и отражало древнюю картину мироздания. Основные элементы наличника включали боковые части (боковины), верхнюю фризовую доску и подоконную доску. Дополнительными элементами служили навершие (кокошник), подзор, полотенца (серьги) и различные обереговые фигурки.

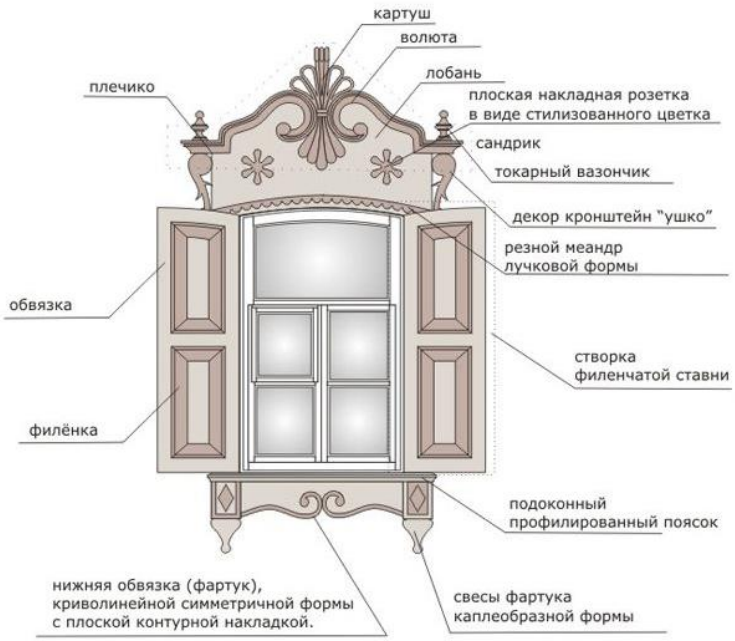


Рис. 2. Схема элементов резных наличников

В верхней части наличника, особенно на навершии, изображалось небо, которое в славянской традиции имело два уровня: «небесные хляби» (нижний уровень) и «небесная твердь» (верхний уровень). Небесные хляби, символизирующие плодородие и живительную влагу, изображались в виде волнистых линий и полукружий, иногда в форме капель. Нижняя часть наличника олицетворяла земную твердь и часто украшалась узорами, изображающими вспаханное поле (ромбы с точками и перекрещивающиеся полосы). Боковые элементы, известные как полотенца, завершали композицию, создавая целостный образ мироздания в декоре оконного проема.

1.3. Историческая ценность наличников

Сегодня мы становимся свидетелями постепенного исчезновения уникального наследия – резных наличников на деревянных домах. При замене старых оконных рам на современные пластиковые конструкции эти произведения народного искусства зачастую безжалостно уничтожаются, превращаясь в обычное топливо.

Проблема заключается в том, что наличники оказались в своеобразной правовой и культурной «серой зоне»: они не входят в реестр охраняемых государством объектов, не признаны отдельным народным промыслом. В то время как другие ремесла, например, изготовление деревянной посуды, продолжают развиваться и поддерживаются на государственном уровне, искусство домовой резьбы осталось без должной защиты и внимания.

Однако ситуация не безнадежна. По всей России до сих пор сохранились тысячи домов с уникальной резьбой, представляющих собой бесценную коллекцию деревянного зодчества. Каждый такой дом – это живой экспонат, часть богатейшего культурного наследия страны.

Необходимо действовать прямо сейчас: организовать мониторинг состояния наличников, разработать программы их сохранения, обучить мастеров-реставраторов. Важно поддерживать владельцев таких домов, помогать им в реставрации и сохранении исторического облика зданий. Ведь в их руках находится не просто частная собственность, а облик целых населенных пунктов и самобытный характер нашей страны, который нуждается в защите и бережном отношении.

2. Исследование существующих проектов по сохранению наличников

2.1. Выставка старинных резных наличников в этнографическом комплексе «Моя Россия»

Этнографический парк «Моя Россия» появился в преддверии Зимних Олимпийских игр 2014 года. На обширной территории свыше трех гектаров раскинулась уникальная коллекция из одиннадцати архитектурных комплексов, каждый из которых рассказывает о самобытной культуре и традициях различных народов России. Здесь можно увидеть как традиционные срубы Русского Заонежья, так и величественный Казанский кремль, как буддийский дацан бурятского народа, так и промышленный комплекс уральских заводов Демидовых.



Рис. 3. Выставка старинных резных наличников в этнографическом комплексе «Моя Россия»

Недавно открытая экспозиция резных наличников стала важным дополнением к уже существующим экспозициям, создав своеобразный мост между историческими традициями и современностью. По словам старшего экскурсовода этнографического комплекса, наличники в древнерусском зодчестве представляли собой не просто декоративные элементы, а настоящие хранители культурного кода, в которых отразились мировоззрение, верования и образ жизни наших предков.

Формирование коллекции потребовало значительных усилий: в течение двух лет специалисты вели поиск экспонатов среди частных коллекционеров по всей стране. После этого последовал год кропотливой реставрационной работы, в ходе которой мастера проводили тщательную очистку изделий от старых слоев краски, восстанавливали утраченные элементы, выполняли шлифовку поверхностей и, опираясь на научные исследования историков, подбирали аутентичные цветовые решения для финальной отделки.

2.2. Музейно-выставочный комплекс «Тульский резной наличник»

На территории «Плотницкой слободы» в 2017 году распахнула свои двери уникальная выставка, созданная по инициативе губернатора Тульской области Алексея Дюмина. За запуском экспозиции стояла масштабная работа специалистов Историко-культурного центра, которые занимались исследованием архивных документов и сбором раритетных предметов. Этот процесс не прекращается и в настоящее время, обогащая коллекцию новыми находками.



Рис. 4. Фасад здания музейно-выставочного комплекса «Тульский резной наличник»



Рис. 5. Интерьер музейно-выставочного комплекса «Тульский резной наличник»

В выставочном пространстве представлены как оригинальные резные наличники конца XIX – начала XX веков, так и тщательно воссозданные копии утраченных образцов. Особое внимание уделено декоративным элементам, характерным именно для тульского региона, что делает экспозицию особенно ценной для изучения местной архитектуры. Дополняет основную коллекцию выставка старинных плотницких инструментов, насчитывающая свыше семидесяти экспонатов – как подлинных раритетов, так и точных реплик, созданных по историческим чертежам и рисункам.

Пространство функционирует как современный культурно-образовательный центр, где регулярно проводятся разнообразные мероприятия. Здесь организуются интерактивные программы и увлекательные квесты, проводятся праздничные события и обучающие мастер-классы, а также реализуются методические семинары регионального уровня. Все это делает выставку не просто местом хранения исторических артефактов, а активной площадкой для культурного просвещения и развития.

2.3. Музей под открытым небом «Наличники Симбирского-Ульяновского края»

Грандиозное открытие музея под открытым небом «Наличники Симбирского-Ульяновского края» – крупнейшего в России – ознаменовалось ярким фестивалем «Окна». Мероприятие превратилось в настоящий праздник для жителей города, собрав множество участников и гостей.

Программа фестиваля была насыщена разнообразными событиями: местные мастера представили свои работы, а для юных посетителей организовали увлекательные мастер-классы по художественной росписи. Особую поддержку проекту оказал глава региона, лично посетивший фестиваль и пообщавшийся с преподавателями детских школ искусств.

Главным сокровищем экспозиции стали старинные наличники, собранные со всех уголков Ульяновской области. Примечательно, что идея создания музея возникла совершенно случайно: руководитель проекта Кирилл Валов, прогуливаясь по городу, обратил внимание на уникальное оконное обрамление. Этот предмет, единственный сохранившийся образец из исторического Симбирска, стал своеобразным талисманом будущей выставки.

За полтора года кропотливой работы команда проекта провела масштабную работу по поиску и реставрации экспонатов. Сегодня десятки уникальных наличников украшают улицу Ленина, представляя богатство деревянного зодчества различных районов области – Сурского, Кузоватовского, Вешкаймского, Чердаклинского, Карсунского, Барышского и Павловского.

Посетители могут не только насладиться красотой экспонатов, но и погрузиться в их историю: под каждым наличником размещена информативная табличка с исторической справкой, а QR-код позволяет получить доступ к подробным материалам на сайте и прослушать аудиогид прямо на месте. Экспозиция доступна всем желающим – достаточно пройти по улице Ленина. Планируется, что выставка будет радовать горожан и гостей города до конца сентября. Грандиозное открытие музея под открытым небом «Наличники Симбирского-Ульяновского края» – крупнейшего в России – ознаменовалось ярким фестивалем «Окна». Мероприятие превратилось в настоящий праздник для жителей города, собрав множество участников и гостей.



Рис. 6. Кирилл Валов автор и руководитель проекта Музей под открытым небом «Наличники Симбирско-Ульяновского края»



Рис. 7. Экспонат Музея под открытым небом «Наличники Симбирско-Ульяновского края»

2.4. Проект «Дорога к дому всей семьей»

«Дорога к дому всей семьей» представляет собой инновационный проект по благоустройству территорий, инициированный главой Тамбовской области Максимом Егоровым. Эта инициатива продолжает успешный проект прошлого года «Дорога к дому», но с новыми уникальными особенностями.

Учитывая, что 2024 год объявлен Годом семьи по указу президента России Владимира Путина, проект приобретает особое значение. В его основе лежит гармоничное сочетание благоустройства территорий с сохранением семейных ценностей. На обновленных площадках планируется увековечить память о семейных династиях, которые внесли значительный вклад в развитие своих населенных пунктов. Форма увековечивания – будь то информационный стенд, именная аллея или иной формат – будет определяться самими жителями.

Важной особенностью проекта является его масштабность – он охватит все муниципальные образования области, включая как крупные города, так и сельские поселения. Это соответствует стратегическому направлению, обозначенному президентом России, о необходимости обеспечения сопоставимого качества жизни в городской и сельской местности.

Каждый муниципалитет получит уникальные элементы благоустройства, отражающие местную самобытность и колорит. Особую роль сыграют декоративные наличники, которые станут не только туристическими достопримечательностями, но и функциональными объектами. Они будут интегрированы в современные малые архитектурные формы, оснащенные лавочками, системой освещения на солнечных батареях, точкой доступа к Wi-Fi и зарядными станциями для мобильных устройств.



Рис. 8. Арт-объекты с резными наличниками

В заключение хочется отметить активное участие студентов Института Архитектуры, Строительства и Транспорта Тамбовского государственного технического университета в исследовании и сохранении исторических оконных наличников. За два года студенты провели серьезную работу по изучению и анализу наличников, разработали эскизный проект Музея наличников. Это свидетельствует о высокой степени ответственности и заинтересованности молодого поколения в сохранении исторического наследия своей страны.

Список использованных источников

1. Резные наличники – красота через века [Электронный ресурс, мультимедиа] // Комиссия Российской Федерации по делам ЮНЕСКО. – URL : https://unesco.ru/news/49-carved-trims/

2. Разумнова. М. В. «Орнамент – это музыка»: символика резных наличников (на материале фотоархива государственного музея-заповедника С. А. Есенина) / М. В. Разумнова // Современное есениноведение. – 2023. – № 3(66). – С. 56 – 62.

3. Дудникова, Г. В. Особенности скульптурных изображений сакральных символов в русских наличниках / Г. В. Дудникова // Вестник ГГУ. – 2019. – № 1. – С. 142 – 150.

4. Выставка старинных резных наличников открылась в этнографическом комплексе «Моя Россия» – новости курорта «Роза Хутор» [Электронный ресурс, мультимедиа] // Этнографическом комплексе «Моя Россия». – URL : https://rosakhutor.ru/news/vystavka-starinnykh-reznykh-nalichnikov-otkrylas-v-etnograficheskom-komplekse-moya-rossiya/

5. Тульский резной наличник благоустройства [Электронный ресурс, мультимедиа] // Добродей. Ремесленный двор. – URL : https://dobrodeytula.ru/remeslennyij-dvor/tulskij-reznoj-nalichnik.html

6. В Ульяновске открылся музей наличников под открытым небом [Электронный ресурс, мультимедиа] // Национальные проекты РФ. – URL : https://национальныепроекты.рф/news/v-ulyanovske-otkrylsya-muzey-nalichnikov-pod-otkrytym-nebom/

7. «Дорога к дому всей семьей» – уникальный проект благоустройства [Электронный ресурс, мультимедиа] // Движение «Тамбовская земля». – URL : https://www.team68.ru/doroga

УДК 711.554
67.01.75: Экономика, организация, управление, планирование и прогнозирование строительства и архитектуры

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕВИТАЛИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Шеина Светлана Георгиевна
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», доктор технических наук, профессор, заведующая кафедры «Городское строительство и хозяйство»
e-mail: rgsu-gsh@mail.ru

Федоровская Альбина Ахмедовна
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Городское строительство и хозяйство»
e-mail: afedorovskaya@donstu.ru

Атаева Аминат Мурадовна
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», магистрант направления 07.04.04 «Градостроительство», профиль «Территориальное планирование и урбанистика» кафедры «Градостроительство»
e-mail: Ami2209@mail.ru

Климов Дмитрий Валерьевич
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», кандидат экономических наук, научный сотрудник кафедры «Градостроительство»
e-mail: KlimovDV@mgsu.ru

Промышленные территории всегда составляли весомую градообразующую основу структурной территориально-пространственной организации. В связи с разрастанием поселений, многие из них оказались во внутригородском центре, что стало оказывать существенное воздействие на жилые зоны и создавать определенную угрозу экологической обстановке. Многие предприятия смогли реструктуризоваться на городской периферии, оставив после себя огромные гектары освоенной ранее площади.

Сегодня развитие заброшенных производственных территорий в целом является достаточно актуальной социально-экономической проблемой. В экономическом и градостроительном смысле такие территории нуждаются в ревитализации (редевелопменте) – (от «re» – «снова», «по-новому», «один раз» и «development» – «развитие») – процессе преобразования недвижимости и территории в целом с целью адаптации к новым условиям городской среды вплоть до полного изменения целевого назначения.

В своих научных трудах Е. Б. Бакша, А. М. Гайдин, Н. С. Морозова, Н. А. Муравьева, О. Ю. Прудовская, М. А. Степанова, Ю. В. Шеншинов и другие подробно рассматривают процесс ревитализации для выявления новых путей решений организации территории [1].

Под ревитализацией в отечественной градостроительной практике принято понимать наиболее перспективный комплекс реконструктивно-восстановительных действий, которые направлены на эффективное использование объектов в современных условиях. Существует также другое определение данного процесса – это изменение функционального назначения промышленных зон с целью получения наибольшего экономического эффекта.

Отечественные и зарубежные подходы к интерпретации понятия «ревитализация» приведены в табл. 1.

1. Подходы к понятию «ревитализация» в отечественной и зарубежной практике

	Автор	Определение
Отечественные	Ю. В. Шеншинов	Ревитализация – усиление роста посредством установления связи организма корпорации с окружающей средой
	О. Ю. Прудовская	Ревитализация разрушающихся промышленных зон – грамотный, быстрый, самый разумный, менее затратный способ создания творческих пространств
	Н. С. Морозова, Н. А. Муравьева	Ревитализация – процессы возрождения, оживления, становления, способствующие устойчивому развитию территорий, в том числе сельскохозяйственного и промышленного назначения
Зарубежные	А. М. Гайдин	Ревитализация – это создание обновленного ландшафта, который должен отвечать некоторым требованиям
	М. А. Степанова	Ревитализация территорий – это процесс качественных преобразований городской среды средствами ландшафта и архитектуры с целью ее оздоровления, экологизации и гуманизации
	Е. Б. Бакша	Ревитализация – комплекс реконструктивно-восстановительных мероприятий, направленных на эффективное использование объектов в современных условиях

Анализ данного термина позволил определить отсутствие подходов к определению «ревитализации». В связи с этим под «ревитализацией территорий промышленных объектов» предлагается понимать комплексный подход в городском планировании, преобразующий пришедшие в упадок индустриальные здания, сооружения и территории с целью повышения эффективности их функционирования и достижения стабильного экономического эффекта от реализации на перспективу.

В зарубежной практике вопросы ревитализации стали активно подниматься за пределами научной среды. К примеру, в июне 2008 г. в Англии состоялся активный семинар, Хартфордширский Чарретт, который возглавил урбанист и исследователь Андрес Дэйни (Andres Duany) [2]. Проектная группа разрабатывала стратегию устойчивого развития для округа в Восточной Англии (рис. 1).

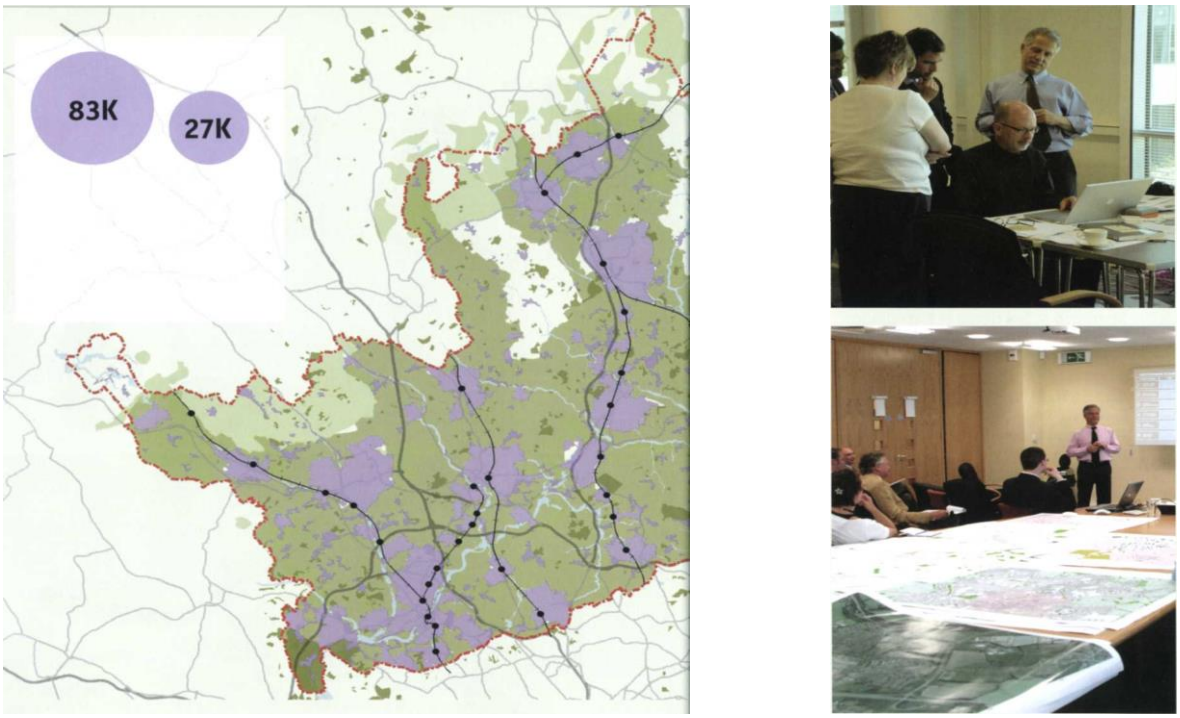


Рис. 1. Кадры с проведения Хартфордширского Чарретта, Англия, 2008 г.

Основой для коллективной работы профессионалов из разных областей послужила разработанная относительно недавно на тот момент стратегия пространственного планирования Восточной Англии (RSS), которая была подготовлена в мае 2008 года. В документе основное внимание уделяется большому спектру региональных политических и экономических проблем. Одной из приоритетных задач является обеспечение жильем. В докладе выведена общая потребность региона в объеме нового строительства, а затем уточняется согласованное количество единиц вводимого жилья для каждого округа.

Команда Чарретт изучила возможности и текущие условия существующих городских систем в увязке со Стратегией пространственного развития, при которых Графство может вместить число обязательных жилищ. Обсуждая с широкой общественностью, исследователи разработали шесть стратегий (сценариев), которые включали себя как адаптацию существующих бывших промышленных территорий для строительства под нужды планируемого к строительству жилья, так и глобальное создание городской системы с нуля. Какими бы полярными друг относительно друга ни казались проектные предложения, все они преследовали цель установить высокие стандарты для нового развития, многофункционального использования с развитой сетью пешеходных улиц и транспортных систем. Показательно то, что все «Сценарии» проводимого анализа оценивались специалистами Института строительных исследований (BRE). Это может оказаться отличным опытом для внедрения подобной практики в России и пополнения методологии формирования комфортной городской среды.

Порядка 83 200 единиц жилья, выделяемых Хартфордширу, будет оказывать значительное влияние на характер разрастания городского округа. Очевидно, что жилье будет возводиться на разных участках, в том числе на землях зеленых поясов, на пограничных участках, занятых существующей застройкой и производствами. В таком случае необходим грамотный подход, чтобы новое жилье окружал такой тип организации производства, при котором соблюдались постулаты устойчивого развития.

На рисунке 2 представлены обсуждаемые шесть сценариев развития.

Второй сценарий оказался одним из популярных по оценке Института. К тому же он отчасти схож с пятым сценарием, где современное развитие территории видится через призму создания городов-спутников или поселков-садов. Общее у этих двух сценариев – наличие промышленных пустырей с уже обозначенной на них промышленной инфраструктурой: дорогами и подходами к производственным кампусам, площадками для погрузочно-разгрузочных работ, площадками для сбора твердо-бытовых отходов и другими объектами производственного цикла.



Рис. 2. Шесть сценариев развития жилой застройки

В Хартфордшире в качестве примера подобной промышленной площадки можно выделить участок и размещенное на нем здание аэродрома Де-Хавилленд, функционирующий сегодня в качестве одного из кампусов Хартфордширского университета.

Территории бывших промышленных предприятий и связанных с ними автостоянок имеют важные экологические преимущества, такие как повторное использование городской земли, экономия ресурсов, сохранение и усовершенствование проложенной инфраструктуры. Каким бы сложным и затратным ни был редевелопмент таких участков, процесс позволяет сохранить территории зеленых поясов.

Пожалуй, недостатком второго сценария может оказаться неоптимальное расположение некоторых промышленных зон относительно общественного транспорта. Существенной преградой к реализации сценария может оказаться специфика промышленной отрасли. К примеру, на территориях минерально-сырьевых месторождений необходима расчистка территории от промышленных отходов, снос ветхих нефункционирующих сооружений, а также рекультивация земель.

По данным оценки «GreenPrint» второй сценарий занял 3 место. Оценка «GreenPrint», разработанная в Институте строительных исследований ((Building Research Establishment), по сути, является результатом объективного аналитического метода для предлагаемых сценариев. Команда специалистов разработала факторы, которые были бы универсальны для каждого сценария и давали представление о темпе устойчивого развития.

Результаты оценки по основным факторам представлены на рис. 3.

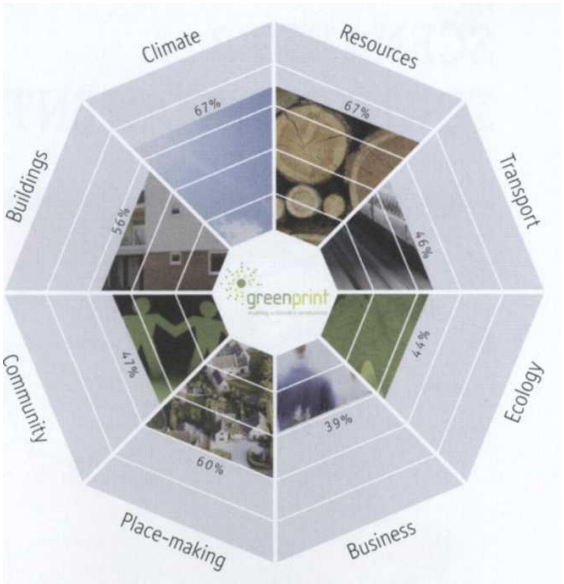


Рис. 3. Результат оценки «GreenPrint»

В Хартфордшире мало заброшенных предприятий, что существенно разгружает систему планирования и бюджетирования работ по ревитализации. Промышленные территории уже оборудованы разворотными площадками и участками автостоянок, где площадь парковок почти не используется. Если грамотно распланировать участок промышленности с прилегающей к нему транспортной инфраструктурой – можно добиться положительного эффекта от реализации процесса редевелопмента за счет создания многофункционального комплекса. Новое здание предоставит возможности для трудоустройства населению, существующие здания и строения подвергнутся дополнительной реконструкции и станут также более эффективны в использовании (рис. 4).



Рис. 4. Пример ревитализации промышленной площадки

Процесс редевелопмента, как было отмечено в начале, всегда сопровождается формированием или расширением зон жилой застройки. В случае с Хартфордширом существующее жилье может быть расширено и реконструировано, чтобы удовлетворить потребности государства в области социального обеспечения многодетных семей или групп людей, которые уже проживают на данной территории.

Специалисты в области градостроительства и территориального планирования совместно с экологами и органами исполнительной власти также предусмотрели план мероприятий по улучшению коммерческой активности в центре поселка, где также запланирована ревитализация.

Исходный участок, соседствующий с центром города, состоит из одноэтажных зданий розничной торговли, выходящий на большие пространства городского ландшафта, пешеходные площади и автостоянки. Отдельно стоящие блочные здания мешают розничной торговле. Церковь, которая является архитектурной доминантой городской площади, визуально не подчеркивает достоинства местности ввиду отсутствия рядом стоящих зданий. По сути, она оторвана от градостроительного контекста и не является градообразующим фактором района.

В качестве предлагаемого решения по редевелопменту может стать увеличение плотности застройки за счет строительства трехэтажного многофункционального здания, расположенного вдоль фронта улицы. При этом парковочные места формируются под витринами магазинов, а также внутри самого комплекса. Существующая церковь усиливается отдельно стоящей колокольней, которая завершает ансамбль площади и линейных проспектов. При этом расширяется сеть пешеходных маршрутов и озелененных участков города (рис. 5).



Рис. 5. Современное состояние и проектное предложения по ревитализации городского центра

Необходимо отметить растущую роль редевелопмента в градостроительной отечественной практике. Специалисты отмечают растущее количество производственных зон, на которых размещены нефункционирующие предприятия. К примеру, данные портала «Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы» демонстрируют 18,8 тыс. га, или 17% территорий «старой Москвы», на которых навсегда остановлен процесс производства и не производятся мероприятия по расчистке огромных площадей.

Особый интерес с точки зрения территориально-пространственной организации представляет собой спальный район Северное Медведково. Его площадь составляет порядка 567 га, из которых 99,5 га – территории лесопарков [3]. По данным статистики на период 2022 года в районе проживает более 128 тыс. человек и имеет ежегодный прирост примерно +1,3% новых жителей ежегодно. Общая площадь, отведенная под нужды производств легкой и пищевой промышленности, машиностроения составляет около 81,43 га, то есть 14,34% от суммарной площади района, включая зоны лесопарков. Редевелопмент на данный момент является в числе обязательных государственных мероприятий в области территориального планирования для обновления существующего облика района. При этом формой реорганизации территории может служить строительство на территории индустриального парка.

В законе «О промышленной политике» города Москвы уже сформулировано определение понятию «индустриальный (промышленный) парк. В зависимости от стартовых условий площадки предполагаемого строительства парка различают несколько подходов к его размещению. Суть индустриального парка – размещение объектов производств и связанных с ней транспортной, инженерной инфраструктурой, а также объектами информационного обеспечения таким образом, чтобы создавались условия для повышения малых и средних производств на территории [4].

Специфика района Северное Медведково характеризует район, преимущественно застроенный жильем. Таким образом, создание на территории индустриального парка на месте старой нефункционирующей промышленности обеспечит многочисленное население новыми возможностями для работы и отдыха.

На рисунке 6 представлена фотофиксация существующего положения одной из производственных зон «Медведково 51» и проектное предложение индустриального парка.



Рис. 6. Современное состояние и проектное предложение по редевелопменту промышленной зоны «Медведково 51»

Таким образом, в заключение следует отметить, что ревитализация способна вывести промышленную зону на новый, соответствующий современным стандартам территориального планирования уровень, дать людям больше рабочих мест. Сопровождающий при этом процесс комплексного развития территории, предполагающий строительство социальной и жилой инфраструктуры, обновление сети инженерных коммуникаций и повышение качество муниципального обслуживания создаст благоприятные условия для устойчивого развития бывшей промышленной зоны.

Список использованных источников

1. Адамайтис, С. А. Роль индустриальных парков и технопарков в социально-экономическом развитии российских регионов / С. А. Адмайтис // Региональные исследования. – 2021. – № 2. – 96 с.

2. Дэйни Платер-Зиберк. Хартфодшир. Хартфодшир. Руководство по развитию до 2021. Как должен расти город? // Hertfordshire Growth Board – URL : http://www.gascoynececil.com/wp-content/uploads/2015/02/herts-charrette-guide-to-growth.pdf (дата обращения: 18.04.2025).

3. Мирошников, С. Н. Развитие региональной производственной инфраструктуры – кластеры, индустриальные (промышленные) парки и технопарки / С. Н. Мирошников // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 8(98). – С. 141 – 144.

4. Об Инвестиционной стратегии Московской области до 2024 года и на перспективу до 2030 года : постановление Правительства Московской области от 06.05.2022 № 452/14. – URL : mosreg.ru/dokumenty/normotvorchestvo/prinyato-pravitelstvom/postanovleniya-pmo/06-05-2022-17-28-06-postanovlenie-pravitelstva-moskovskoy-oblasti-ot

СЕКЦИЯ 2

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 624.15
67.11.29: Основания и фундаменты

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

Алисова Анастасия Алексеевна
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», студент
e-mail: *anastasiaalisova2014@yandex.ru*

Волкова Дарья Сергеевна
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», старший преподаватель кафедры промышленного и гражданского строительства, научный руководитель
e-mail: *dashawolf@yandex.ru*

Фундамент здания – это заглубленная в грунт или опирающаяся на него несущая конструкция, предназначенная для передачи нагрузок от здания (вес стен, перекрытий, оборудования, людей и т.д.) на основание (грунт). Это важнейшая часть здания, от которой напрямую зависит его долговечность, устойчивость и безопасность. Проще говоря, фундамент – это основа здания, на которой все держится.

Слабые грунты – это грунты, характеризующиеся низкой несущей способностью и высокой деформируемостью под нагрузкой. Это значит, что они легко сжимаются, проседают и могут не выдержать вес здания или сооружения, построенного на них [1].

Основные характеристики слабых грунтов:

- *Низкая несущая способность*: Грунт не может выдерживать большие нагрузки без значительной деформации.
- *Высокая сжимаемость*: Грунт легко сжимается под нагрузкой, что приводит к просадкам и деформациям.
- *Высокая водонасыщенность*: Грунт содержит большое количество воды, что снижает его прочность и увеличивает сжимаемость.
- *Пластичность*: Грунт легко деформируется под воздействием нагрузки и не восстанавливает свою форму после ее снятия.
- *Наличие органических веществ*: В грунте содержится большое количество разлагающихся органических веществ, которые снижают его прочность и увеличивают сжимаемость.

Строительство на слабых грунтах требует особого подхода и применения специальных технологий для обеспечения устойчивости и долговечности конструкций.

Актуальность проблемы слабых грунтов в строительстве обусловлена их значительным воздействием на безопасность, долговечность и экономическую эффективность строительных проектов. Слабые грунты, такие как пучинистые, пылеватые или глинистые основания, обладают низкой несущей способностью, высокой деформируемостью и чувствительностью к влажности. Это ведет к возникновению осадок, растрескивания конструкций и даже обрушений зданий и сооружений.

Рост урбанизации и расширение городских территорий требуют строительства на различных типах грунтов, зачастую встречающих слабые основы. Это повышает риск возникновения аварийных ситуаций и увеличивает затраты на подготовку и укрепление оснований. Кроме того, изменение климатических условий, включая повышение уровня влажности и осадков, усугубляет состояние слабых грунтов, делая их еще более нестабильными.

Основные проблемы при строительстве на слабых грунтах:

1. *Оседание и деформация конструкций.* На слабых грунтах, таких как торфяники, газы и пылеватые пески, здания и сооружения склонны к постепенному проседанию. Это связано с низкой несущей способностью грунта и высокой склонностью к уплотнению под нагрузкой.

Основные причины такого явления:

- Высокая пористость и низкая плотность грунта;
- Влажность, способствующая уменьшению прочности;
- Неравномерное распределение нагрузок по участку.

Среди основных последствий данной проблемы можно выделить: нарушение горизонтальных и вертикальных геометрий конструкций; трещины и деформации в стенах, крыше и других элементах; уменьшение долговечности здания.

2. *Толчки и проседания.* Быстрые или сильные перемещения грунтов, возникающие вследствие изменения влажности, сезонных колебаний или чрезмерных нагрузок. Также причинами могут послужить механические воздействия (землетрясения, вибрации с техники), водонакопление и смена уровня грунтовых вод, замораживание и оттаивание грунта. Толчки и приседания слабых грунтов приводят к разрушению фундаментов и конструктивных элементов, неравномерным осадкам, приводящим к перекосам зданий, а также к возможному развитию трещин и структурных повреждений.

3. *Воздушные карманы и неоднородность грунтов.* В случае слабых, неплотных грунтов возможно вскрытие воздушных карманов – пустот, заполненных воздухом или газами, за этим следует образование локальных просадок основания под фундаментом, неоднородность конструкции основания, которая ухудшает несущую способность конструктивных элементов за счет образования трещин и деформации конструкции. Чтобы избежать появление такой проблемы необходимо произвести правильное уплотнение грунта при подготовке участка, а перед этим – тщательно изучить грунт основания на наличие газовых гидратов или метановых пузырей и отследить протечки воды, вызывающие вымывание мелких частиц.

4. *Повышенная влажность и размывание.* Влажные и водонасыщенные слабые грунты склонны к размыванию и вымыванию мелких частиц, о чем было упомянуто выше.

Основные причины образования данной проблемы, которые необходимо выявить во избежание просадки и деформации основания:

- Высокий уровень грунтовых вод.
- Осадки и аварийные ситуации (прорывы канализационных или водопроводных систем).
- Недостаточная дренажная система.

Строительство на слабых грунтах требует особого подхода – проведения комплексных инженерных изысканий, применения специальных методов укрепления и подготовки грунта, использования свайных или других глубоких фундаментов, а также системы дренажа для контроля влажности.

Выявление слабых грунтов является важным этапом при проектировании строительных объектов, особенно фундаментов и подземных сооружений. Слабые грунты могут существенно влиять на стабильность и долговечность конструкции, поэтому необходимо применять комплекс методов для их определения [2].

Геологические и гидрогеологические исследования. Основная цель – изучение общей геологической ситуации на участке, характеристика геологического строения и водоносных горизонтов, чтобы определить зоны возможных слабых грунтов, например, обводненных или с низкой несущей способностью.

Методы, применяющиеся в данном типе исследований:

- Обзорная геологическая разведка: сбор данных о породных слоях, их возрасте, уровне залегания и характере залегания. Включают анализ существующих геологических карт и исторических данных.
- Проектирование и проведение буровых и скважинных исследований: отобрание образцов пород, определение состава, структуры и механических свойств.
- Гидрогеологические исследования: изучение уровня грунтовых вод, их движения, фильтрационных свойств и уровня насыщенности.
- Интерпретация геологических карт и профилей: выявление участков с возможными слабостями по свидетельствам в виде наличия слабых пород, карстовых пустот и т.п.
- Полевые наблюдения и геофизические методы: использование методов сейсморазведки, электропрофилирования, радиолокации для оценки состояния грунтов.

Инженерно-геологические изыскания – получение более детальной и конкретной информации о грунтах непосредственно на строительной площадке с целью выявить участки с дисперсными или обводненными грунтами, а также слои с низкой несущей способностью.

Применяемые методы:

- Бурение и взятие монолитных и грунтовых проб: позволяют определить физико-механические свойства и характер грунта.
- Пробоподготовка и испытания в лаборатории: оценка плотности, влажности, пористости, прочности и сжимаемости грунтов.
- Картирование типа грунта: создание геологической карты участка по слоям и их характеристикам.
- Определение уровня грунтовых вод и их устойчивых положений: что влияет на гидродинамические свойства слабых грунтов.
- Эксплуатационные испытания грунтов: исследование поведения грунта при нагрузках, воздействии влажности и температурных изменений [3].

Лабораторные испытания грунтов производятся для уточнения свойств грунтов, взятых в природных условиях, для оценки их слабости и поведения под нагрузкой. Результаты лабораторных испытаний позволяют точно определить слабость грунтовых слоев, выявить грунты с низкой несущей способностью, слабые сжимаемые или расслаиваемые грунты.

Основные виды испытаний:

- Испытания на плотность и влажность: для определения упругих характеристик и влажностных режимов.
- Испытания на сжатие (одномерное и трехосное): определение прочности грунтов, их сцепных свойств и деформационных характеристик.
- Испытания на сжимаемость и модули упругости: оценка склонности грунтов к деформациям при нагрузках.
- Испытания на фильтрацию и проницаемость: выявление способностей грунта пропускать воду, что важно при оценке вероятности обводнения.
- Диагностические методы: например, метод пенетрометрии или испытания на грунтовых полигонах. Комбинированное использование геологических, инженерно-геологических и лабораторных методов позволяет получить комплексную и достоверную характеристику грунтового массива. Это важно для принятия решений о необходимости усиления фундаментов, применения специальных конструктивных решений или дополнительных мероприятий по укреплению грунтовых оснований [4].

Технологии и решения для усиления и стабилизации грунтов:

1. *Уплотнение и трамбовка* – механическое уплотнение грунта с целью уменьшения пористости и повышения несущей способности. Для этого используют различные виды трамбовок: ручные, машинные, вибрационные или вибропогружные установки. Правильное выполнение трамбовки способствует снижению усадки, повышению устойчивости и предотвращению проседаний.
2. *Винтовые и свайные фундаменты* позволяют стабилизировать грунты путем ввинчивания или вбивания в землю винтовых свай или забивных свай. Винтовые сваи особенно эффективны в слабых и влажных грунтах, так как они создают прочную опору без необходимости глубокого выемочного работ. Такой подход ускоряет строительство, снижает затраты и обеспечивает хорошую устойчивость зданий и конструкций на проблемных грунтах.
3. *Инъекции и гидроизоляция* применяются для укрепления и герметизации грунтов и оснований. Вводятся специальные растворы или смолы в проблемные участки, что способствует их укреплению и снижению проницаемости грунта. Гидроизоляция важна для защиты проектов от проникновения влаги, которая может ухудшить свойства грунтов или привести к разрушению конструкций. Используют гидроизоляционные мембраны, мастики, проникающие составы и другие материалы для защиты от воды и влажности.
4. *Использование геосинтетиков*. Геосинтетические материалы – это синтетические пленки, сетки, геотекстили и геоматы. Они применяются для армирования грунтов, разделения слоев, усиления слабых оснований, предотвращения эрозии и прилегания грунтовых слоев. Благодаря высокой прочности, долговечности и простоте укладки, геосинтетики позволяют значительно повысить стабильность и распределение нагрузок на грунтах, а также снизить затраты на грунтовые работы.
5. *Засыпка и стабилизация с помощью специальных материалов*, таких как цемент, гипс, битумные эмульсии, фарфоровые гранулы, глины или полимерные составы. Эти материалы позволяют укрепить или уменьшить подвижность грунтов, повысить их несущую способность и снизить просадочные явления. Например, цементная засыпка применяется для превращения слабых грунтов в более прочные основания, а полимерные добавки – для повышения связующих свойств и уменьшения водопроницаемости.

Эти технологии и решения позволяют строителям и инженерам эффективно решать задачи стабилизации и укрепления грунтов, обеспечивая безопасность, долговечность и надежность строительных объектов на любых типах грунтовых условий [5].

Планирование и проектирование фундаментов на слабых грунтах требуют особого внимания, поскольку такие основания обладают низкой несущей способностью и высокой подвижностью. Основные этапы и аспекты при выборе и расчетах фундаментов для подобных условий:

1. Выбор типа фундамента (сваи, плиты, каменные)

а) Связь с характеристиками грунтов и конструктивными требованиями:

– Сваи используются при таких слабых грунтах, как плывуны, суглинки с низкой несущей способностью. Сваи позволяют донести нагрузку до более устойчивых слоев грунта. Предпочтительны для высоких зданий или массивных конструкций.

– Плиты (ленточные и сплошные) могут применяться при слабых грунтах, если нагрузка на фундамент относительно невелика или есть возможность равномерного распределения усилий. Также используются как «подпитывающие» элементы при сниженной несущей способности грунтов.

– Каменные фундаментные блоки в современной инженерной практике используются редко для слабых грунтов, чаще – для исторических или особых конструкций, однако возможны при определенных условиях.

б) Условия выбора типа:

– Глубина залегания слабых грунтов
– Наличие или отсутствие устойчивых слоев на определенной глубине
– Механические свойства грунтов
– Размеры и вес конструкции

– Бюджетные ограничения

Обычно для слабых грунтов выбирают сваи, либо комбинированные решения (например, свайно-ростверковое основание), чтобы обеспечить стабильность и равномерное распределение нагрузки.

2. Расчет нагрузок и их распределения

а) Определение нагрузок:

– Статические нагрузки: вес строительных конструкций, оборудования, внутренние нагрузки

– Временные нагрузки: снег, ветровые, сейсмические воздействия

– Дополнительные нагрузки: гидростатические или гидродинамические усилия на основании

б) Расчет усилий:

– Распределение нагрузок по фундаменту

– Учет веса строительных конструкций и элементов перекрытия

– Анализ динамических эффектов, если есть (например, при сейсмической активности)

в) Расчет допустимых нагрузок на грунт:

– На основе свойств грунтов (плотности, прочности, сжимаемости)

– Использование методик, таких как метод Тайнена-Гулдмана, метод предельных состояний, Европейские стандарты (например, СП, СНиП, ГОСТ)

г) Распределение усилий:

– В случае свайного основания – расчет усилий на отдельные сваи

– В случае плиты – учет степени распространения нагрузки по площади

3. Учет особенностей грунтовых условий

а) Исследование грунтов:

– Геологические и геотехнические исследования (бурение, испытания на сжатие, проникание, винтовые зондирования)

– Определение типа грунта, его слоистости, влажности, насыщенности водой

б) Характеристика слабых грунтов:

– Плывуны и суглинки: высокая сжимаемость, низкая несущая способность

– Грунтовые воды: уровень и динамика

– Возможные проявления деформаций (усадка, просадка)

в) Меры по улучшению грунтов:

– Обезвоживание, стабилизация

– Участки с повышенной подвижностью – укрепление дополнительными устройствами (грунтовыми стабилизаторами, инъекциями)

г) Учет особенностей при проектировании:

– Расчет просадочных деформаций, чтобы предусмотреть их влияние на конструкцию

– Использование специальных геотехнических решений, таких как свайные поля, гидроизоляция, подушки-распределители усилий [6].

Строительство фундаментов на слабых грунтах представляет сложную и многогранную задачу, требующую тщательного исследования и применение современных инженерных решений. Правильный выбор методов укрепления, использование специальных конструктивных решений и внедрение инновационных технологий позволяют значительно повысить надежность и долговечность зданий. В условиях увеличения требований к безопасности и эффективности строительства важно продолжать исследовать и совершенствовать методы работы с слабыми грунтами, обеспечивая стабильность и устойчивость зданий в долгосрочной перспективе. Только комплексный подход и применение современного инженерного мышления помогут успешно решать возникающие при этом проблемы и минимизировать риски для строительных объектов и их эксплуатации.

Список использованных источников

1. Берлинов, М. В. Основания и фундаменты / М. В. Берлинов. – СПб. : Лань, 2011. – 318 с.

2. Далматов, Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии) : учебник / Б. И. Далматов. – СПб. : Лань, 2012.

3. Основания и фундаменты / Р. А. Мангушев и др. – М. : АСВ, 2013. – 391 с.

4. Невзоров, А. Л. Проектирование фундаментов : учеб.-метод. пособие / А. Л. Невзоров ; Сев. (Арктич.) федер. унт. – Архангельск, 2014. – 110 с.

5. Пономарев, А. Б. Основания и фундаменты / А. Б. Пономарев. – Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009.

6. Соколов, Н. С. Основания и фундаменты : учебник для вузов / Н. С. Соколов. – М. : Юрайт, 2025. – 223 с.

УДК 624.15
67.11.29: Основания и фундаменты

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕЛКОЗАГЛУБЛЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Алисова Анастасия Алексеевна
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», студент
e-mail: *anastasiaalisova2014@yandex.ru*

Наземи Фарид
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», студент
e-mail: *faridnazemi27@gmail.com*

Волкова Дарья Сергеевна
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», старший преподаватель кафедры промышленного и гражданского строительства, научный руководитель
e-mail: *dashawolf@yandex.ru*

В строительстве выбор и проектирование фундаментов играет одну из ключевых ролей в обеспечении надежности, долговечности и экономической эффективности зданий и сооружений. Особое место занимают мелкозаглубленные фундаменты, которые широко применяются при возведении жилых и коммерческих объектов, а также инженерных сооружений. Их устройство обладает рядом преимуществ, таких как простота монтажа, ускоренные сроки строительства и возможность использования на несыпаемых или слабонесущих грунтах. Однако проектирование мелкозаглубленных фундаментов требует учета специфических особенностей грунтов, нагрузок и эксплуатационных условий, что делает данный процесс сложным и ответственным. В данной статье рассматриваются основные особенности и принципы проектирования мелкозаглубленных фундаментов, а также особенности их применения в различных условиях с целью повышения эффективности и надежности строительных решений.

Мелкозаглубленные фундаменты – это тип фундаментных конструкций, которые находятся на глубине, не превышающей полутора-двух метров от поверхности земли. Их основным предназначением является передача нагрузки от здания на грунт с учетом допустимых деформаций и обеспечения устойчивости сору-жения [1].

Особенности фундаментов мелкого заложения (ФМЗ):

– Критическая глубина заложения: как правило, не более 1,5 – 2 м от поверхности.

– Простота устройства: обычно включают в себя ленточные, плитные или столбчатые фундаменты, которые часто монтируются с использованием стандартных технологий.

– Экономическая эффективность: при правильном проектировании позволяют значительно снизить затраты по сравнению с заглубленными фундаментами.

– Меньшие геотехнические требования: при использовании мелкозаглубленных фундаментов нагрузка передается на верхние слои грунта, что актуально для слабых или неустойчивых грунтов.

– Меньшее воздействие на окружающую среду: сокращение сроков строительства и минимальные земляные работы.

Классификация мелкозаглубленных фундаментов.

1. Ленточные мелкозаглубленные фундаменты:

– Представляют собой непрерывную ленту, расположенную на песчаном или слабонесущем грунте.

– Используются для опоры несущих стен зданий, таких как жилые дома, небольшие коммерческие здания.

2. Столбчатые (свайные) фундаменты:

– Представляют собой отдельные опоры (столбики), расположенные под несущими мысами сооружения.

– Обычно используются при возведении малоэтажных зданий или при необходимости локального усиления.

3. Плитные фундаменты (плитные основания):

– Одно из наиболее распространенных решений для малоэтажных зданий.

– Представляют собой плиту, укладываемую на слой из песка или щебня.

– Отличаются равномерным распределением нагрузки по всей площади.

4. Фундаменты на собственной оболочке:

– В некоторых случаях используют легкие монолитные конструкции, которые покрывают всю площадь здания, выполняя одновременно роль основы и пола [2].

Мелкозаглубленные фундаменты широко применяются в различных сферах строительства:

1) Малоэтажное индивидуальное строительство
2) Объекты временного назначения
3) Герметичные и влажные условия
4) Дополнительные элементы конструкций

Конструктивные и геологические особенности при проектировании фундаментов мелкого заложения играют важную роль в обеспечении надежности и долговечности зданий и сооружений [3].

Необходимо учитывать геологические особенности, такие как:

- Тип и свойства грунтов: Перед проектированием важно провести детальное геологическое изучение участка – определить типы грунтов, их плотность, водоотдачу, консистенцию, прочностные характеристики. Мелкое заложение обычно применяется на твердых, устойчивых грунтах, таких как плотные суглинки, глины или пески, способные поддержать нагрузку.
- Глубина залегания грунтов: Важна глубина уровней залегания подпочвенных вод, наличие водонасыщенных слоев или зыбучих песков, которые могут вызвать неоднородность осадок или деформаций.
- Геомеханические свойства: деформативность грунтов, их сжимаемость, прочностные показатели, сопротивление сдвигу.
- Аномалии и источники риска: наличие трещин, коррозийных зон, слабых слоев, плотных вставок или карьеров, а также возможные сейсмические угрозы.
- Конструктивные особенности, которые так же необходимо учитывать при проектировании:
- Типы фундаментов: при мелком заложении используют ленточные, плиточные или столбчатые фундаменты.
- Геометрия и размеры: размеры фундаментных элементов подбираются с учетом нагрузок, типов грунтов и прочностных характеристик.
- Материалы: выбираются с учетом условий эксплуатации, агрессивности среды и расчетных нагрузок – обычно используются бетон с необходимой маркой, арматура.
- Глубина заложения: она определяется исходя из требований по устойчивости на слабых и влажных грунтах, а также из соображений защиты от промерзания (в холодных климатах).
- Устройство подушки и гидроизоляции: для защиты от влаги, перераспределения нагрузок и повышения долговечности конструкции [4].

При проектировании фундаментов мелкого заложения (например, ленточных, свайных или плитных) необходимо учитывать следующие особенности:

1) Грунтовые условия

– Необходимость тщательного изучения характеристик грунта, его несущей способности, уровня промерзания и водонасыщенности.

– Выбор типа фундамента с учетом типа грунтов (пески, суглинки, глины).

2) Несущая способность грунтов

– Расчет для обеспечения безопасной нагрузки, учитывая возможные селевые или пульсационные деформации.

– Необходимость учета влияния влажности и состава грунтов.

3) Малое заложение

– Минимальная глубина заложения, часто соответствующая уровню промерзания для предотвращения подмораживания фундамента.

– Уменьшение затрат на земляные работы, если грунты позволяют.

5) Обеспечение устойчивости

– Предотвращение оползней, опрокидывания и сдвига при использовании соответствующих армирующих конструкций и обвязок.

5) Глубина заложения и уровень грунтовых вод

– Выбор глубины с учетом уровня грунтовых вод и необходимости их отвода.

6) Содержание в проекте гидроизоляционных мероприятий

– Защита фундаментов от влаги, особенно при близком расположении уровня грунтовых вод.

7) Учет деформаций и усадок

– Планирование места для возможных деформаций и усадок зданий на начальных этапах эксплуатации.

8) Тип основания (подушка, подбетонка, песчаная подушка)

– Создание надежных оснований для равномерного распределения нагрузок.

9) Экономическая эффективность

– Минимизация стоимости материалов и работ при сохранении надежности.

10) Особенности климатических условий

– Учет сезонных особенностей (например, замораживания грунтов), которые могут влиять на проектирование [5].

В целом, при проектировании фундаментов мелкого заложения необходимо провести комплексные геологические исследования, правильно выбрать конструктивные решения, обеспечить качественное армирование и водонепроницаемость – это гарантирует стабильность и долгий срок службы сооружений.

Мелкое заложение фундаментов широко применяется при строительстве жилых домов, коммерческих зданий, малых промышленных объектов и при реконструкции. Важно правильно определить материалы и технологии, чтобы обеспечить надежность, долговечность и экономическую эффективность.

Используемые материалы для элементов фундаментов мелкого заложения:

1. Бетон и железобетонные конструкции

Основные материалы для фундаментных подушек, ростверков и монолитных элементов. Обычно используют высококачественный тяжелый или легкий бетон с классом не ниже В15 (М200) или выше, в зависимости от нагрузок и условий эксплуатации. В качестве арматуры применяют прокатную стальную арматуру класса AI, AIII и др., с дополнительным учетом требуемых соотношений по коррозийной стойкости.

2. Камень и бутобетон

В старых или реконструируемых зданиях могут использоваться природный камень или бутобетон для подсыпки, обделки, а также при восстановлении фундаментных элементов.

3. Дорожные и строительные смеси

Например, щебень, песок, гравий для подсыпки и подготовительных слоев, а также для приготовления бетона.

4. Изоляционные материалы

Пенополистирол, экструдированный пенополистирол, пенополиуретан для гидроизоляции и теплоизоляции основы фундамента.

5. Антикоррозийные и защитные покрытия

Вязкие битумные или полимерные смеси, а также технологии гидроизоляционной защиты арматуры.

При строительстве фундаментов мелкого заложения используют разные методы укрепления и гидроизоляции.

Гидроизоляционные материалы используются для защиты элементов фундамента от влаги и проникновения грунтовых вод. Распространены рулонные материалы (битумные или полимерные мембраны), мастики, обмазочные и напыляемые составы. Современные решения предусматривают применение водоотталкивающих мембран на основе EPDM, TPO, или битумно-полимерных компаундов.

Укрепление основания может включать в себя использование геотекстиля для стабилизации грунтов, применение сваебойных технологий для слабых или размываемых грунтов, а также укрепление существующих оснований с помощью инъекционных методов.

Грунтовые подушки и стабилизация – подсыпка щебнем или песком с последующей трамбовкой для равномерного распределения нагрузок и повышения устойчивости фундамента.

Обеспечение гидроизоляции от грунтовых вод – установка дренажных систем, дренажных труб и засыпка песчано-гравийными слоями, что снижает давление водных потоков на фундамент [6].

Для упрощения строительства ФМЗ необходимо постоянно разрабатывать новейшие технологии и инновационные решения в данной сфере. К ним можно отнести:

– Использование высокотехнологичных выносных гидроизоляционных мембран и покрытий. Например, полимерцелиндрические мембраны с повышенной стойкостью к ультрафиолету и механическим нагрузкам, позволяющие обеспечить долгосрочную защиту.

– Внедрение технологий наноматериалов. Для повышения водоотталкивающих свойств бетонных и гидроизоляционных покрытий. Например, добавление в состав бетона и гидроизоляционных веществ наночастиц силикатов, создающих гидрофобный эффект.

– Интеллектуальные (умные) материалы. Использование самовосстанавливающихся бетонов или покрытий, способных к самозарубке в случае появления трещин или повреждений, повышая долговечность фундамента.

– Применение механизированных методов укладки и укрепления. Например, использование гидродинамических установок для инъекционной стабилизации грунтов или технологии шнековых свай, комбинируемых с мелким основанием.

– Экологически безопасные материалы. Включают бетоны на основе переработанных материалов и экологически чистых добавок для снижения вредного воздействия на окружающую среду.

Выбор материалов и технологий для строительства фундаментов мелкого заложения зависит от геологических условий, проектных требований, бюджета и срока эксплуатации. Современные инновационные решения позволяют повысить качество, долговечность и экологическую безопасность этих конструкций, что актуально в условиях ограниченных ресурсов и необходимости обеспечения надежности зданий.

При проектировании мелкозаглубленных фундаментов важной составляющей является их экономическая эффективность. Эти типы оснований, как правило, требуют меньших затрат на материалы, работу и оборудование по сравнению с глубокими фундаментами, что позволяет снизить общую стоимость строительных работ. Особенно это актуально в условиях ограниченного бюджета или необходимости быстрого завершения проекта. Однако, важно учитывать баланс между стоимостью и качеством: неправильный выбор типа фундамента или некорректное проектирование может привести к дополнительным затратам на ремонт и реконструкцию в будущем. Использование современных технологий и автоматизированных расчетных программ способствует оптимизации проектных решений, сокращая сроки и, соответственно, расходы. Также следует учитывать долгосрочные затраты на содержание и эксплуатацию, которые могут оказаться более выгодными при правильном выборе конструкции и материалов.

Экологические аспекты проектирования мелкозаглубленных фундаментов имеют существенное значение в условиях современного экологического законодательства и необходимости устойчивого развития. В рамках этого направления важно минимизировать негативное воздействие на грунт, подземные воды и окружающую

природную среду в целом. Использование экологически безопасных материалов, снижение уровня строительного мусора и отходов, а также уменьшение вибрационного и шумового воздействия на окружающих – важные задачи современных проектов. Мелкозаглубленные фундаменты чаще всего требуют меньшего объема земляных работ, что снижает нагрузку на экосистему. Также стоит учитывать возможность использования строительных отходов и утилизации отходов строительной деятельности, чтобы снизить экологический след. В целом, проектирование с учетом экологических требований способствует созданию безопасных и устойчивых зданий, а также поддержанию гармонии с окружающей средой и предотвращению возможных негативных последствий для природы и здоровья человека [7].

Проектирование мелкозаглубленных фундаментов требует особого внимания к условиям грунта, эксплуатационным нагрузкам и особенностям конструктивных решений. Правильный выбор типа фундамента и расчет его параметров обеспечивают надежность и долговечность зданий и сооружений, особенно в условиях сложных грунтовых условий. Кроме того, использование современных методов исследования и проектирования позволяет повысить качество и безопасность строительных объектов, снизить затраты и минимизировать риски в процессе эксплуатации. Таким образом, тщательное проектирование мелкозаглубленных фундаментов является ключевым фактором успешной реализации строительных проектов и гарантией их стабильной работы на долгие годы.

Список использованных источников

1. Далматов, Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты / Б. И. Далматов. – М. : Стройиздат, 1981. – 319 с.
2. Кочергин, В. Д. Проектирование фундаментов мелкого заложения зданий и сооружений : учебное пособие для практических занятий и курсового проектирования / В. Д. Кочергин, З. Л. Метелева, И. И. Ведяков. – Электросталь : ЭПИ МИСиС, 2005. – 122 с.
3. Малышев, М. В. Механика грунтов. Основания и фундаменты / М. В. Малышев, Г. Г. Болдырев. – М. : Изд-во АСВ, 2000. – 320 с.
4. Пилягин, А. В. Проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений / А. В. Пилягин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во АСВ, 2017. – 398 с.
5. Сорочан, Е. А. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Е. А. Сорочан. – М. : Стройиздат, 1985. – 471 с.
6. Шевцов В. И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты : учебник для вузов / В. И. Шевцов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1997. – 319 с.
7. Шоклич, А. Основания и фундаменты / А. Шоклич. – М. : ОНТИ НКТП. Главная редакция строительной литературы, 1989. – 492 с.

УДК 69.07
67.11.41: Комбинированные конструкции

РАСЧЕТ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ БИЗОН ППУ-260 ПРИ ВАРИАЦИИ ТОЛЩИН НАСТИЛА И ПРОЛЕТОВ В СООТВЕТСТВИИ С СП260.1325800.2016

Анпилов Сергей Михайлович
РААСН, советник. ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», доктор технических наук, профессор кафедры ЖБК
e-mail: *anpilovsm@yandex.ru*

Умнова Ольга Владимировна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: *pf166@yandex.ru*

Маркин Игорь Анатольевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», аспирант
e-mail: *igormarkin09@gmail.com*

Аннотация. Статья посвящена теоретическим исследованиям, сравнительному анализу сталежелезобетонных конструкций перекрытий, выполненных с несъемной опалубкой из настила армирующего, торговой марки «БИЗОН» 260h×600L
из тонколистового оцинкованного проката (класс покрытия – 275 г/м^2), толщиной от 0,8 до 1,6 мм, марки 350. Производимого по ТУ-1120-003-316631300162970–2019 из конструкционной углеродистой стали марки Ст1-3 в соответствии с ГОСТ 19904–90, ГОСТ 14918–80, ГОСТ Р 52146–2003, ГОСТ Р 52246–2016.

Введение. Практическая реализация государственных программ развития России, требует от строительной отрасли комплексного научного подхода к созданию комфортной среды для граждан России, проживающих во всех населенных пунктах страны. Экономика страны способна обеспечить высокий уровень жизни населения благодаря научным знаниям, основанным на результатах научных исследований, носящих фундаментальный характер – на острие прогресса, которые востребованы и внедрены в реальный сектор экономики.

Научные знания, которые обеспечивают:

– сокращение трудозатрат и сроков возведения объектов;

– снижение себестоимости строительной продукции;

– параллельное ведение строительных процессов проектирования, изготовления и монтажа строительных конструкций с применением поточного метода возведения объектов;

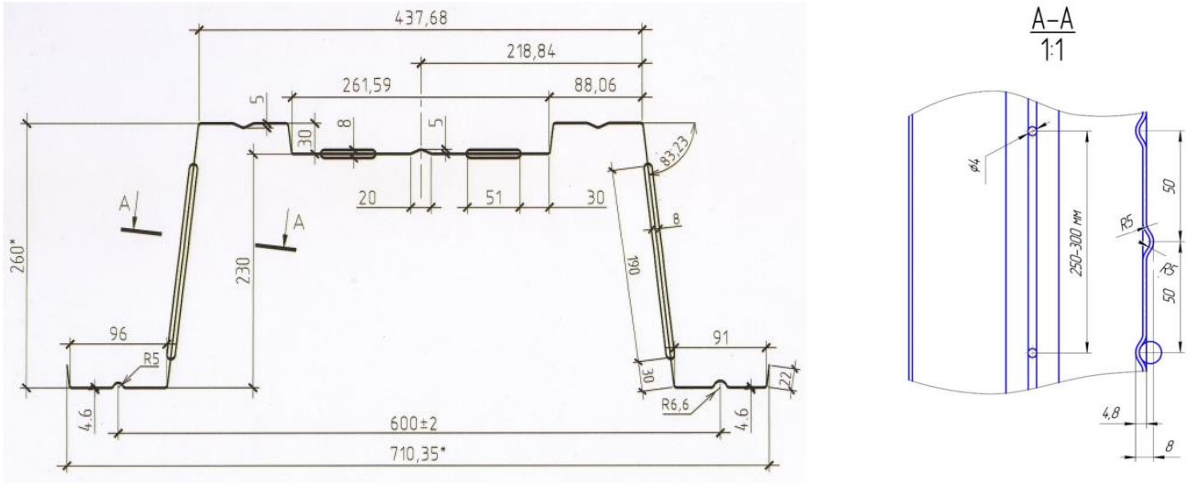
– многофункциональность выполнения строительно-монтажных работ на объекте в любом сезоне года и др.

Создание новых конструктивных решений перекрытий, например, безбалочного перекрытия с использованием профилированного настила в качестве внешнего армирования позволяет отказаться от стальных балок в качестве опор, что снижает металлоемкость каркаса.

По результатам исследования нормативно-правовых актов, патентов РФ и проведенного теоретического исследования авторами установлена перспективность внедрения сталежелезобетонных строительных конструкций перекрытий и покрытий с несъемной опалубкой из НА «БИЗОН» на объектах капитального строительства страны [1 – 17].

На примере теоретических исследований НА «БИЗОН» высокой заводской готовности, авторами установлено, что достигнуть поставленной цели по реализации государственных программ развития страны, возможно за счет применения быстровозводимых строительных систем для сталежелезобетонных конструкций с внешней арматурой, которая повышает несущую способность конструкции плиты, уменьшает ее собственный вес, а следовательно, обеспечивает экономию строительных материалов и сокращает трудозатраты на возведение объекта.

В данной статье приведены результаты теоретических исследований, выполненных с использованием Microsoft Office Excel сталежелезобетонного перекрытия и несъемной опалубки из настила армирующего НА «БИЗОН» [1] 260h×600L из тонколистового оцинкованного проката (класс покрытия – 275 г/м^2), толщиной от 0,8 до 1,6 мм, марки 350. Настил производится по ТУ-1120-003-316631300162970–2019 из конструкционной углеродистой стали марки Ст.1-3 в соответствии с ГОСТ 19904–90, ГОСТ 14918–80, ГОСТ Р 52146–2003, ГОСТ Р 52246–2016 [2]. Поперечное сечение профиля несъемной опалубки из настила показано на рис. 1.



а) *б*)

Рис. 1. НА «БИЗОН»:
а – Поперечное сечение профиля НА «БИЗОН» [1];
б – Сечение А–А профиля НА «БИЗОН», вертикальные рифы (выштамповки) профиля.

Задача. В данных исследованиях поставлена задача по определению наиболее эффективных областей применения настила армирующего, при различных пролетах: от 3,0 до 12,0 м и при разных толщинах армирующего настила: от 0,8 до 1,6 мм на стадиях выполнения бетонных работ и на стадии эксплуатации объекта. По результатам теоретических исследований подготовить предложения и рекомендации по эффективному внедрению НА «БИЗОН» и дальнейших направлений научных исследований несъемной опалубки для внедрения в реальный сектор экономики.

Методология. Перекрытие рассчитывалось в соответствии указаний норм [1 – 9] на нагрузки, установленные для общественных зданий.

В настоящей работе применены термины и определения по ГОСТ 34329 [3] и приняты следующие сокращения:

Пролет – расстояния между осями опор, на которые опирается сталежелезобетонная плита перекрытия СЖБП.

– НА «БИЗОН» – соединенные между собой стальные профилированные профили 260h×600L настила армирующего, выполняющие функции несъемной опалубки и дополнительно внешней рабочей арматуры для СЖБП.

Модуль упругости для стали в расчетах принят: Е-200000 МПа или 2 039 400 кг/см^2.

Характеристики материалов СЖБП: класс бетона – В25, класс арматуры – А500 и В500. Технические характеристики редуцированного сечения НА «БИЗОН» приняты по табл. 1 и 2.

СЖБП выполнено из монолитной железобетонной плиты, бетонируемой по НА «БИЗОН», который после набора бетоном распалубочной прочности и выполнения мероприятий по обеспечению огнестойкости СЖБП, может использоваться в качестве внешней арматуры плиты перекрытия [15 – 17].

1. Характеристики арматуры и бетона

Наименование материала	Характеристика, обозначение	Значение, МПа
Бетон В25	Расчетное сопротивление сжатию, R_b	14,5
Бетон В25	Модуль упругости, E_b	30 000
Арматура А500	Расчетное сопротивление растяжению, R_s	435
Арматура А500	Расчетное сопротивление сжатию при продолжительном действии нагрузки, R_{sc}	435
Арматура А500	Расчетное сопротивление сжатию при непродолжительном действии нагрузки, R_{sc}	400
Арматура В500	Расчетное сопротивление сжатию при продолжительном действии нагрузки, R_{sc}	415
Арматура В500	Расчетное сопротивление сжатию при непродолжительном действии нагрузки, R_{sc}	380

2. Характеристики профиля НА «БиЗОН» 260-600

Технические характеристики	Ед. изм.	НА «БИЗОН» 260-600				
Толщина, *t*	мм	0,8	1,0	1,2	1,5	1,6
Класс стали		350				
Покрытие	г/м²	Zn не менее 275				
Предел текучести, f_y	мПа	Не менее 350				
Временное сопротивление разрыву, f_u	мПа	Не менее 420				
Высота, *h*	мм	260				
Отгиб, *I*	мм	21				
Ширина заготовки	мм	1250				
Площадь	мм²	627	875	1160	1631	1820
Масса	кг	7,722	9,684	11,645	14,590	15,563
Момент инерции сечения, J_x	см⁴	655,23	947,56	1237,02	1539,76	1680,08
Момент инерции сечения, J_y	см⁴	2942,88	4291,56	5600,02	7074,23	7545,84
Радиус инерции, i_x	см	2,90	2,89	2,87	2,87	2,87
Радиус инерции, i_y	см	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14
Момент сопротивления, W_{x1}	см³	41,92	60,56	79,04	99,80	107,48
Момент сопротивления, W_{x2}	см³	63,30	91,56	119,52	148,77	163,91
Момент сопротивления, W_{y1}	см³	82,67	120,56	157,39	198,72	211,96
Z_o (расстояние от низа профиля до центра тяжести сечения)	см	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35

На этапе бетонирования СЖБП рассчитано в соответствии с требованиями норм [3 – 9] на действие постоянных, временных длительных и кратковременных нагрузок для помещений общественных зданий (табл. 3), в том числе:

– нормативные значения равномерно распределенных нагрузок P_t приняты по п. 2, табл. 8.3 [4] – 2,0 кПа;

– коэффициент надежности по нагрузке γ_f для равномерно распределенных нагрузок, принят γ_f = 1,2 по п. 8.2.7 [4];

– нормативные значения сосредоточенных нагрузок Q_t для перекрытий – 1,5 кН по пп. а), п. 8.3.4 [4];

– вертикальные предельные прогибы f_u для СЖБП приняты по [9] п. 2г, табл. Д.1: для пролета 6 м L/200; для пролета до 12 м L/250.

– прогиб формообразующей поверхности несущей поверхности НА «БИЗОН» принят L/400 п. 5.4.2 [9];

– собственная масса НА «БИЗОН» по табл. 2;

– коэффициент надежности по нагрузке для НА «БИЗОН» принят γ_f = 1,05 по п. 2 табл. 7.1 [4];

– масса «мокрого бетона» 2500 кг/м^3; по п. 7.22 [9];

– масса дополнительной стержневой арматуры принята из расчета 100 кг/м^3 [9];

– дополнительные динамические нагрузки, возникающие при укладке бетонной смеси бетононасосами, приняты 500 кгс/м^2 по табл. 6.1 [8];

– коэффициенты надежности приняты для собственного веса опалубки K_1 = 1,1;

– коэффициенты надежности приняты для собственного веса бетонной смеси и арматуры K_2 = 1,2;

– коэффициенты надежности приняты от динамической нагрузки при выгрузке бетонной смеси K_3 = 1,3 по табл. 7.2 [9];

Расчет НА «БИЗОН» выполнялся для двух стадий жизненного цикла СЖБП:

– стадия бетонирования монолитного перекрытия;

– стадия эксплуатация объекта капитального строительства.

Рассматриваемое СЖБП имеет один пролет и шарнирное закрепление. При расчете производилось варьирование пролета от 3,0 до 12,0 м и толщины листа настила армирующего, от 0,8 до 1,6 мм.

Расчет на стадии бетонирования включает в себя следующие этапы в соответствии с п. 10 [9]:

– по прочности (изгибающий момент);

– по жесткости на допустимый прогиб.

Сначала выполнялся расчет прогиба и определялась необходимость установки промежуточных опор, а также выполнялось уточнение значения нагрузки, которая увеличивается при увеличении прогиба. Далее проверялась несущая способность на действие изгибающего момента и поперечной силы, производилось вычисление прогиба.

3. Сбор нагрузок на перекрытие

Наименование нагрузки	Нормативное значение нагрузки, кПа	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетное значение нагрузки
Постоянная			
Керамогранитная плитка, 10 мм	0,18	1,3	0,234
Стяжка, 40 мм	0,72	1,3	0,936
Звукоизоляция, 20 мм	0,02	1,3	0,026
Стяжка, 40 мм	0,72	1,3	0,936
Итого по постоянных	1,64		2,13
Длительные			
Временные перегородки, 0,5 кПа	0,5	1,3	0,65
Временная нагрузка на перекрытие 2 кПа, уменьшенное нормативное значение с коэффициентом, 0,35	0,7	–	–
Сосредоточенная нагрузка	1,5 кН	1,2	1,8
Кратковременные			
Временная нагрузка на перекрытие 2 кПа с полным значением	2	1,2	2,4
Итого по кратковременным	2	-	2,4

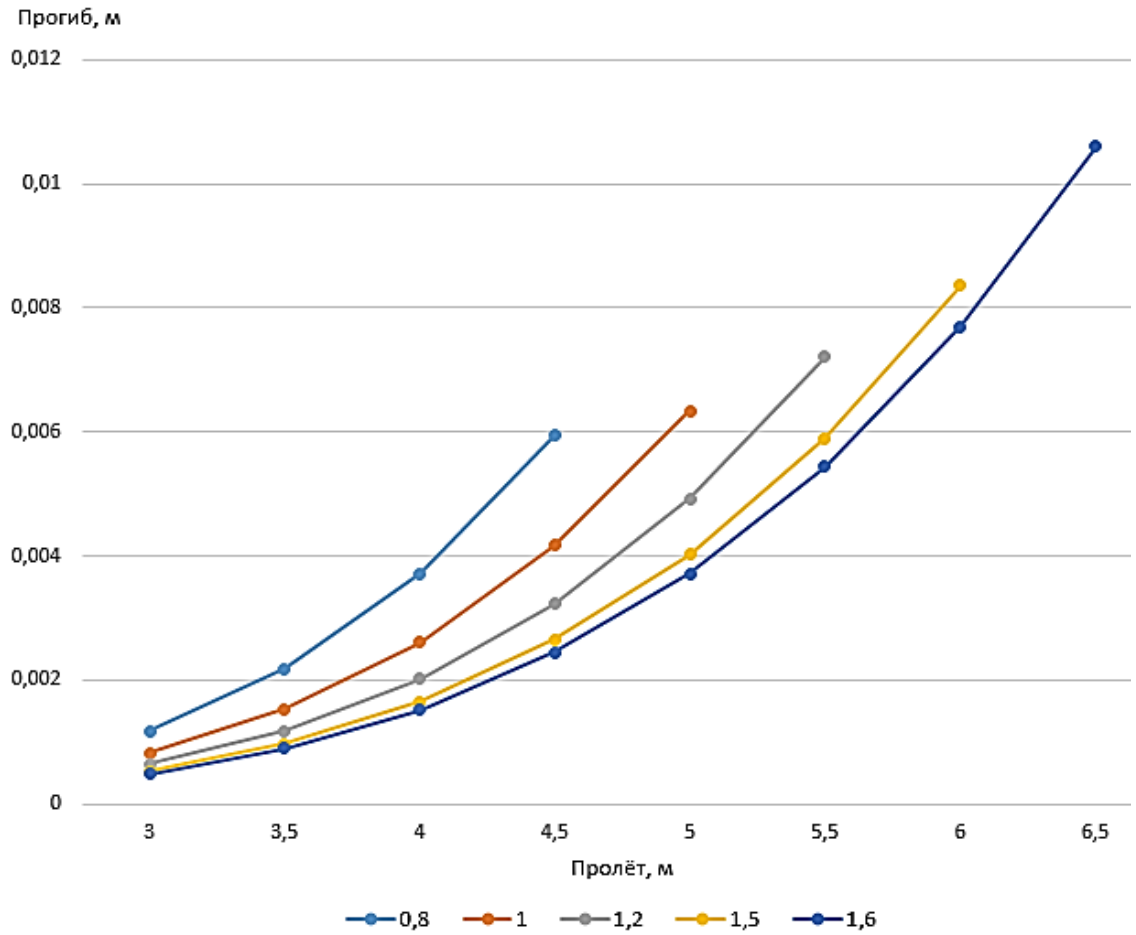


Рис. 2. Зависимость прогиба (м) от пролета на стадии бетонирования без временных опор

Расчет на стадии бетонирования ведется для листа в середине пролета по нормальным сечениям по формуле (1) по СП 266.1325800.2016 [8]

$$\frac{M}{W_{\min}} \le R_y. \quad (1)$$

Расчет устойчивости стенок гофров производится по формуле (2) по [8]

$$Q \ge 0{,}5k_1 q_p l S_n \gamma_{M1}. \quad (2)$$

Критическая сила потери местной устойчивости стенки гофры определяется по формуле (3) по [8]:

$$Q = \alpha t_n^2 \sqrt{R_{yn} E_{st}} \left(1 - 0{,}1\sqrt{\frac{r_n}{t_n}}\right)\left(0{,}5 + \sqrt{\frac{0{,}02 l_a}{t_n}}\right)\left(2{,}4 + \left(\frac{\theta}{90}\right)^2\right). \quad (3)$$

Расчет прогиба выполняется по формуле (4) по [8]

$$f_n = k_2 \frac{q_n l^4}{E_{st} I_{n,x}}. \quad (4)$$

Далее в статье рассматривается расчет сталежелезобетонного перекрытия, выполненного по профилю «БИЗОН» ППУ-260 в соответствии с СП 266.1325800.2016 [8] на стадиях бетонирования и эксплуатации. Поперечное сечение профиля показано на рисунке 1 [1]. На рисунках 2 – 13 приведены результаты расчетов настила на стадии бетонирования и эксплуатации без временных опор и с их наличием при вариации толщин и пролетов.

Расчет на стадии бетонирования. По результатам расчета прогибов настилов на стадии бетонирования без использования временных опор построены зависимости прогиба от пролета (рис. 2).

Анализируя зависимости, можно сделать вывод о возможности применения данного типа настила без применения временных промежуточных опор при пролетах 3,5 – 6,0 м.

При постановке промежуточных опор максимальный пролет, для которого возможно применение настила определенного типоразмера можно увеличить. Зависимости, иллюстрирующие данное утверждение, показаны на рис. 3. Абсцисса начала нисходящего участка зависимости соответствует наибольшему пролету при данной

толщине настила без промежуточных опор. Дальнейшее увеличение пролета, требует установки промежуточной опоры, в этом случае возможно увеличение пролета настила от 4 до 12 м в зависимости от толщины армирующего профлиста.

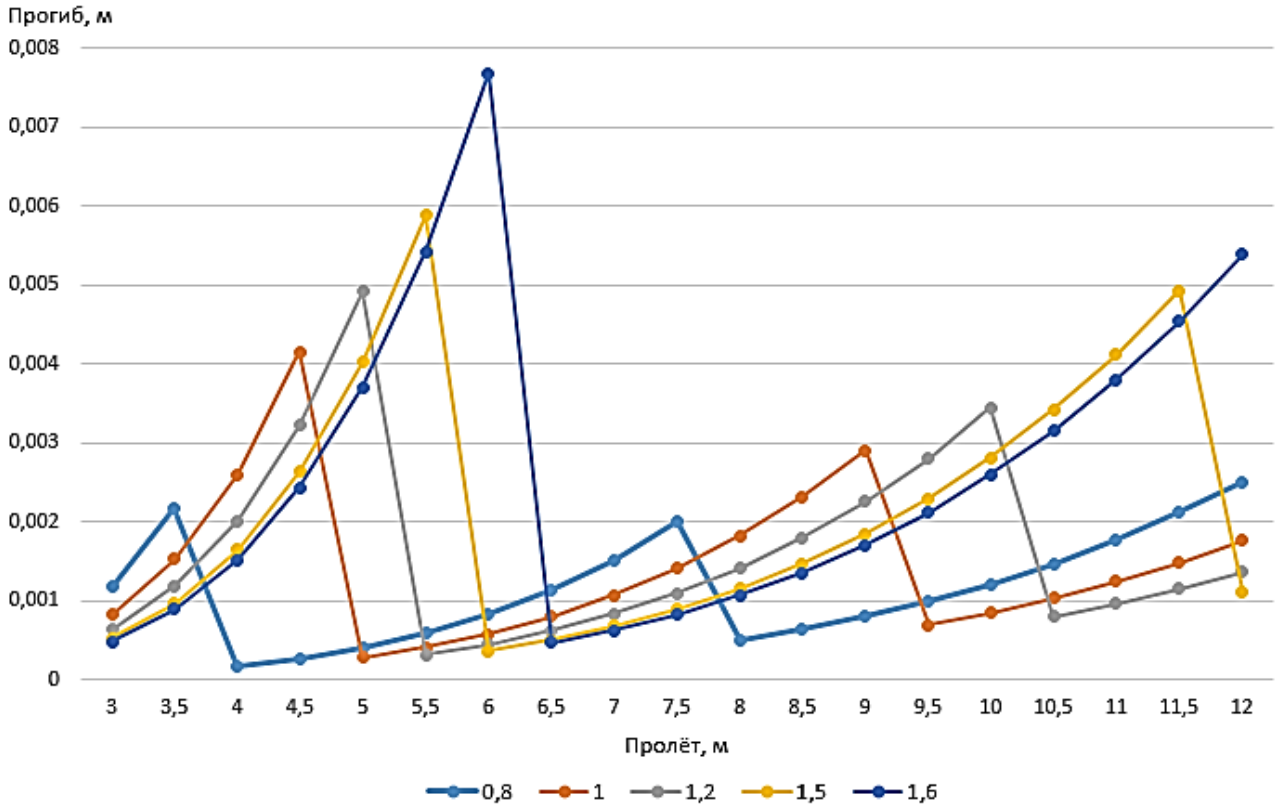


Рис. 3. Зависимость прогиба от пролета (м) на стадии бетонирования с временными опорами

На рисунках 4 и 5 показаны графики зависимостей отношения изгибающего момента в середине пролета к несущей способности по изгибающему моменту от величины пролета без временных опор и с их наличием.

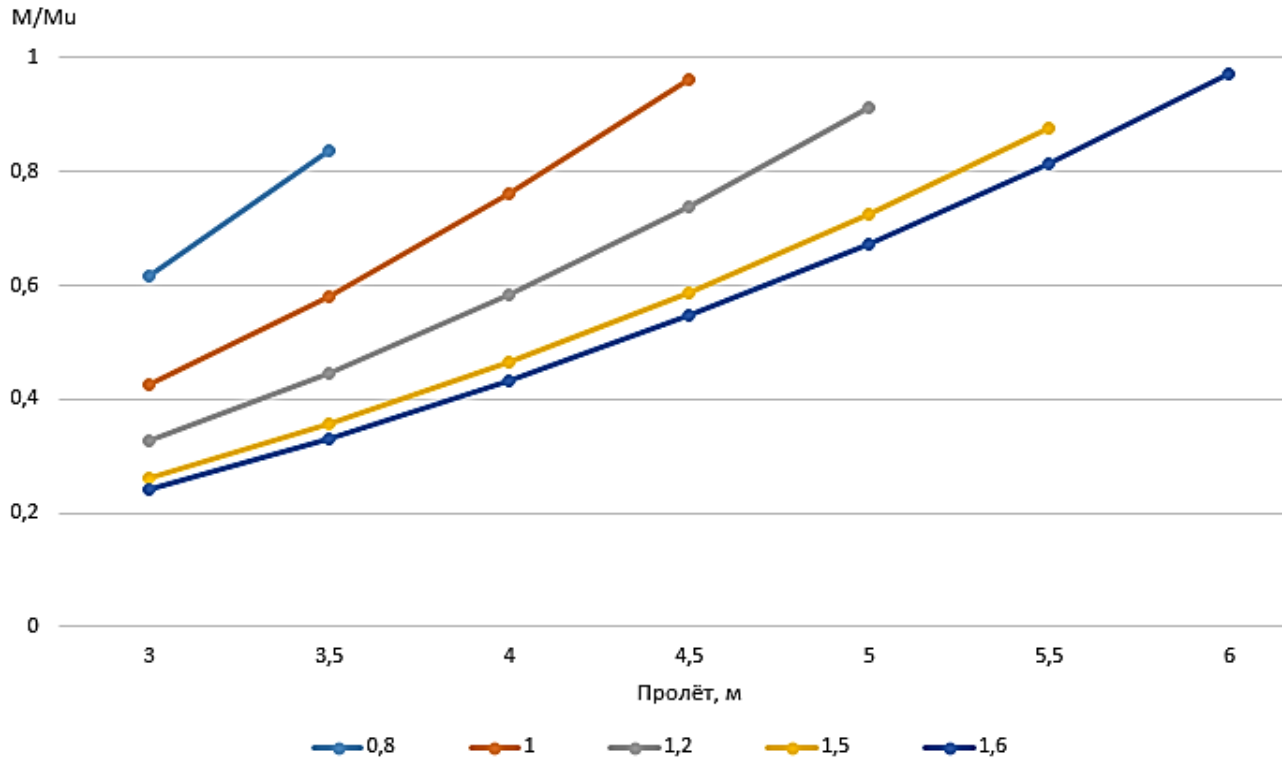


Рис. 4. Зависимость M/M_u от пролета на стадии бетонирования без временных опор

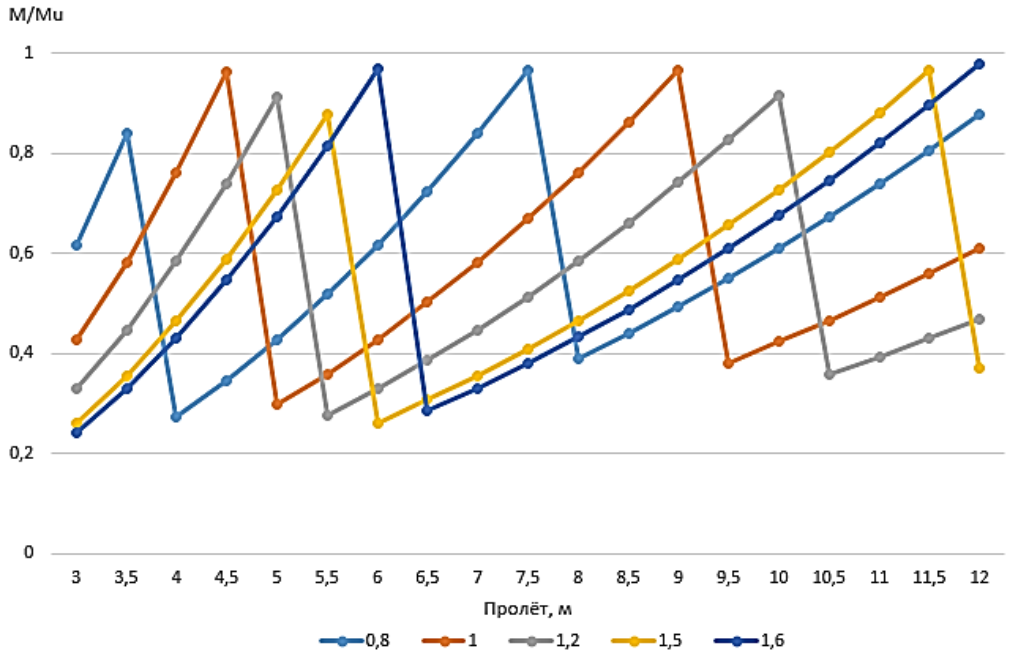


Рис. 5. Зависимость M/M_u от пролета на стадии бетонирования с временными опорами

На рисунках 6 и 7 приведены графики зависимостей отношения поперечной силы к предельной поперечной силе (Q/Q_u), при которой происходит потеря устойчивости стенки, от величины пролета без временных опор и с применением временных опор. Зависимости получены без учета вертикальных рифов (выштамповки) на боковой поверхности стенки армирующего профиля (рис. 1). Несомненно, вертикальные рифы способствуют увеличению устойчивости стенки, и фактические значения приводимого отношения Q/Q_u будут меньше, что позволит использовать меньшее количество промежуточных опор.

Расчет на стадии эксплуатации. Расчет по нормальным сечениям в соответствии с [8] выполняется по трем возможным случаям: граница сжатой зоны бетона проходит выше верхней полки настила, граница сжатой зоны бетона совпадает с верхней полки настила, граница сжатой зоны бетона проходит ниже верхней полки настила и выше дна выемки в верхней полке.

В случае расчета перекрытия с профилем «БИЗОН» ППУ-260, который имеет выемку в верхней части полки необходимы 2 дополнительных случая расчета: граница сжатой зоны бетона совпадает с дном выемки в верхней полке настила, граница сжатой зоны бетона проходит ниже дна выемки в верхней полке настила. В нашем случае возникали только расчетные случаи в соответствии с [8], что может быть объяснено определенным соотношением прочностных характеристик используемых материалов.

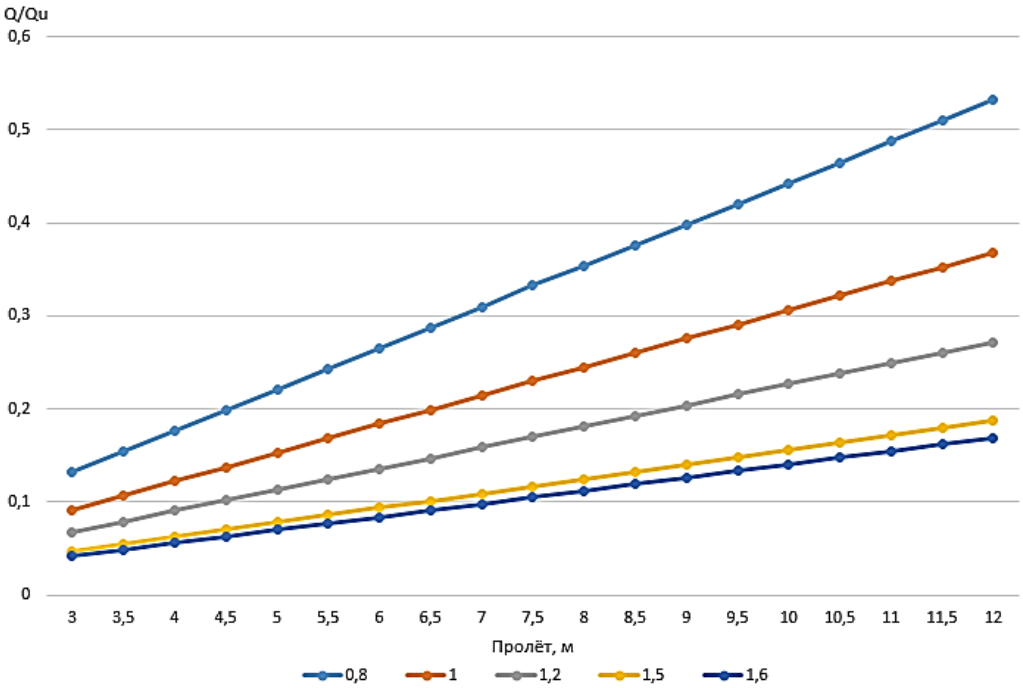


Рис. 6. Зависимость Q/Q_u от пролета на стадии бетонирования без временных опор

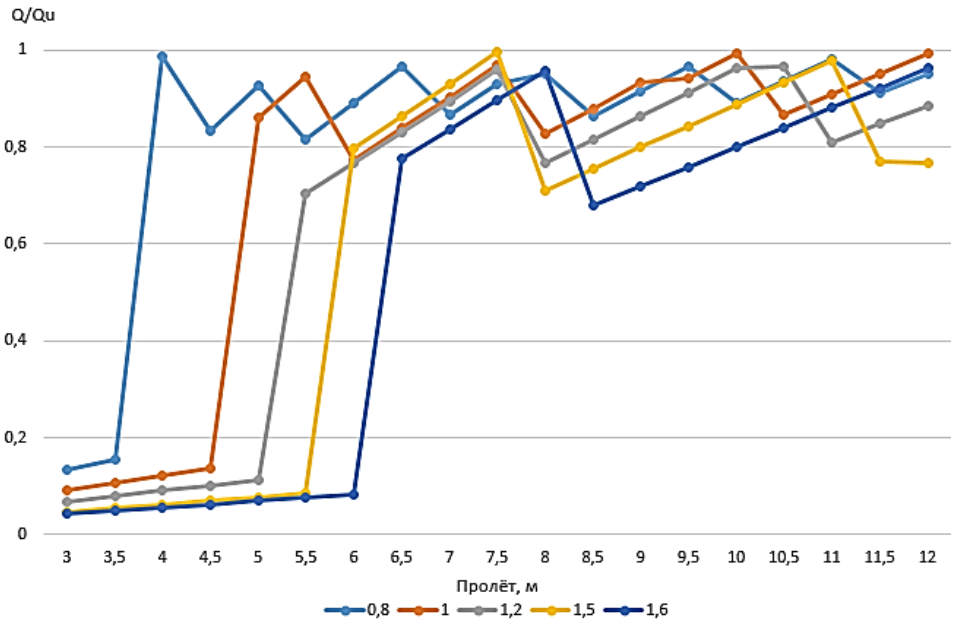


Рис. 7. Зависимость Q/Q_u от пролета на стадии бетонирования с временными опорами

Высота сжатой зоны бетона определялась из условия (5):

$$R_b A_b + R_{sc} A'_s + \gamma_c R_y A_{n1} = R_s A_s + \gamma_c R_y A_{n2}, \quad (5)$$

где A_b – площадь сечения сжатой части бетона; A'_s – площадь сечения сжатой арматуры; A_s – площадь сечения растянутой арматуры; A_{n1} – площадь сечения сжатой части настина; A_{n2} – площадь сечения растянутой части настина; R_y – расчетное сопротивление стали.

Предельный изгибающий момент M_u определялся как момент, равный сумме произведений статических моментов элементов сечения относительно центра тяжести сечения растянутой арматуры на расчетное сопротивление соответствующих элементов.

Расчет прогиба выполняется по формуле (6)

$$f_m = f_n + f_{rc} + f_{add}, \quad (6)$$

На рисунке 8 представлены графики зависимостей отношения изгибающего момента в середине пролета к несущей способности по изгибающему моменту (M/M_u) без использования дополнительной арматуры в растянутой зоне.

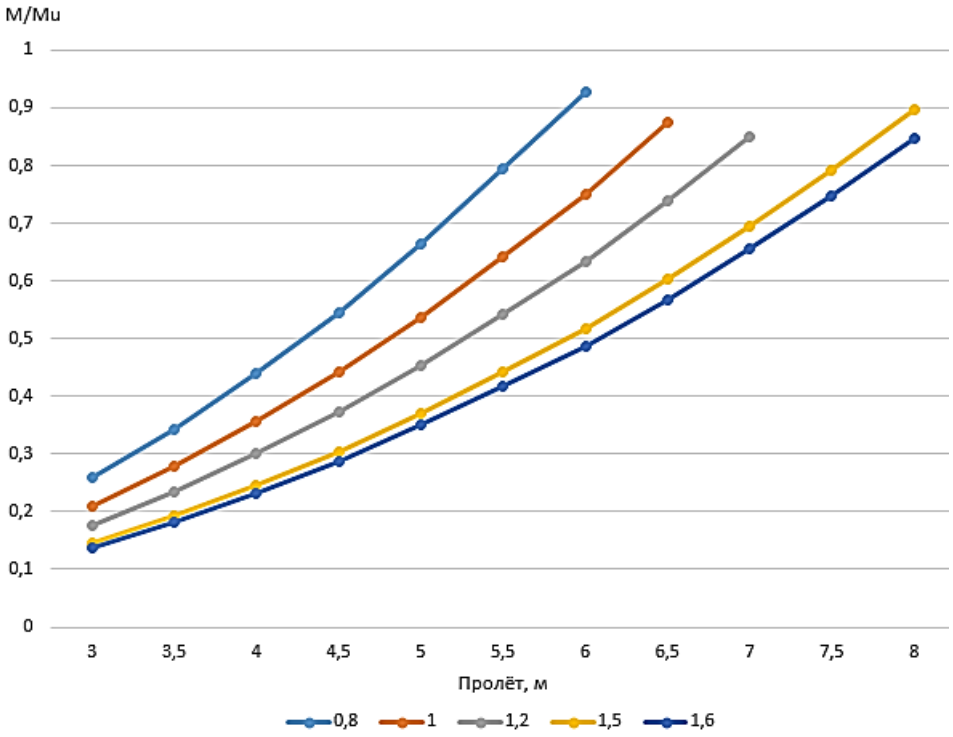


Рис. 8. Зависимость M/M_u от пролета на стадии эксплуатации

Анализируя рис. 6 – 8, можно сделать вывод: при увеличении толщины профиля повышается предельная величина пролета без дополнительного армирования в растянутой зоне; без увеличения толщины профиля увеличение предельной величины пролета возможно при установке дополнительной арматуры в растянутой зоне.

На рисунке 9 показаны графики зависимостей требуемой площади арматуры в растянутой зоне от пролета настила и его толщины при выполнении условий первой группы предельных состояний. Изломы зависимостей можно объяснить изменением диаметра арматуры в растянутой зоне при увеличении пролета.

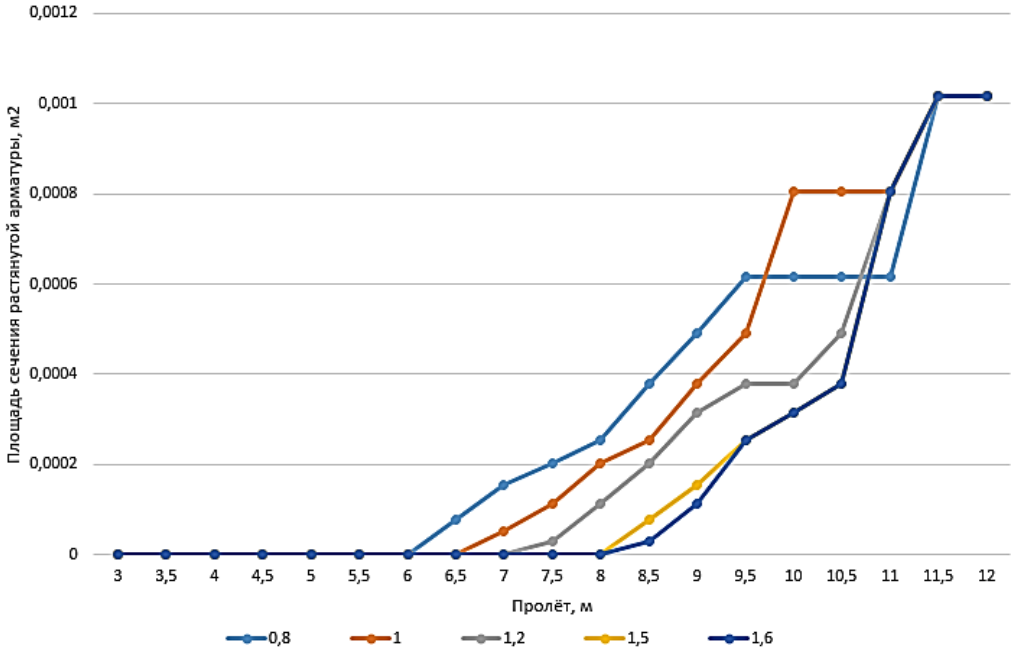


Рис. 9. Зависимость требуемой площади арматуры в растянутой зоне м^2 от пролета

На рисунках 10 и 11 представлены графики зависимостей отношения прогиба стележелезобетонной плиты перекрытия от эксплуатационной нагрузки с учетом прогиба при бетонировании к предельному прогибу (f/f_u) без временных опор и с их применением соответственно. По графикам можно сделать вывод о возможности увеличения пролета перекрытия на 0,5 – 1,0 м при использовании временных опор при бетонировании.

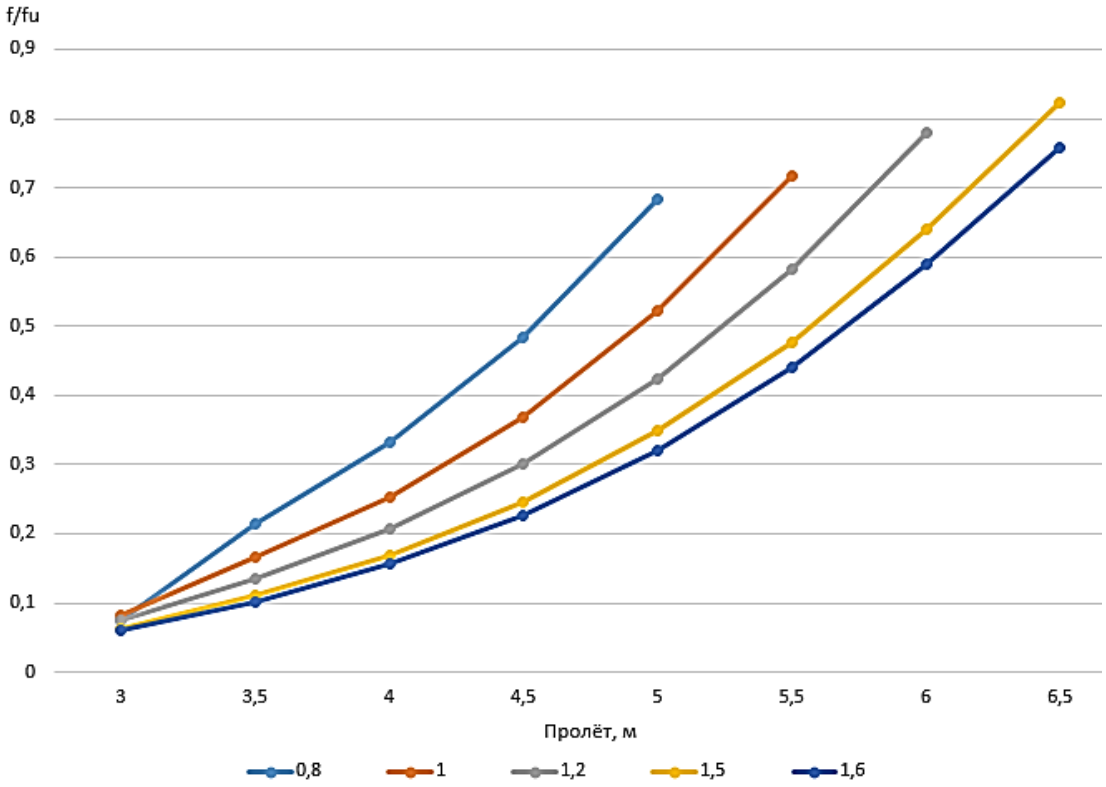


Рис. 10. Зависимость f/f_u от пролета на стадии эксплуатации без применения временных опор на стадии бетонирования

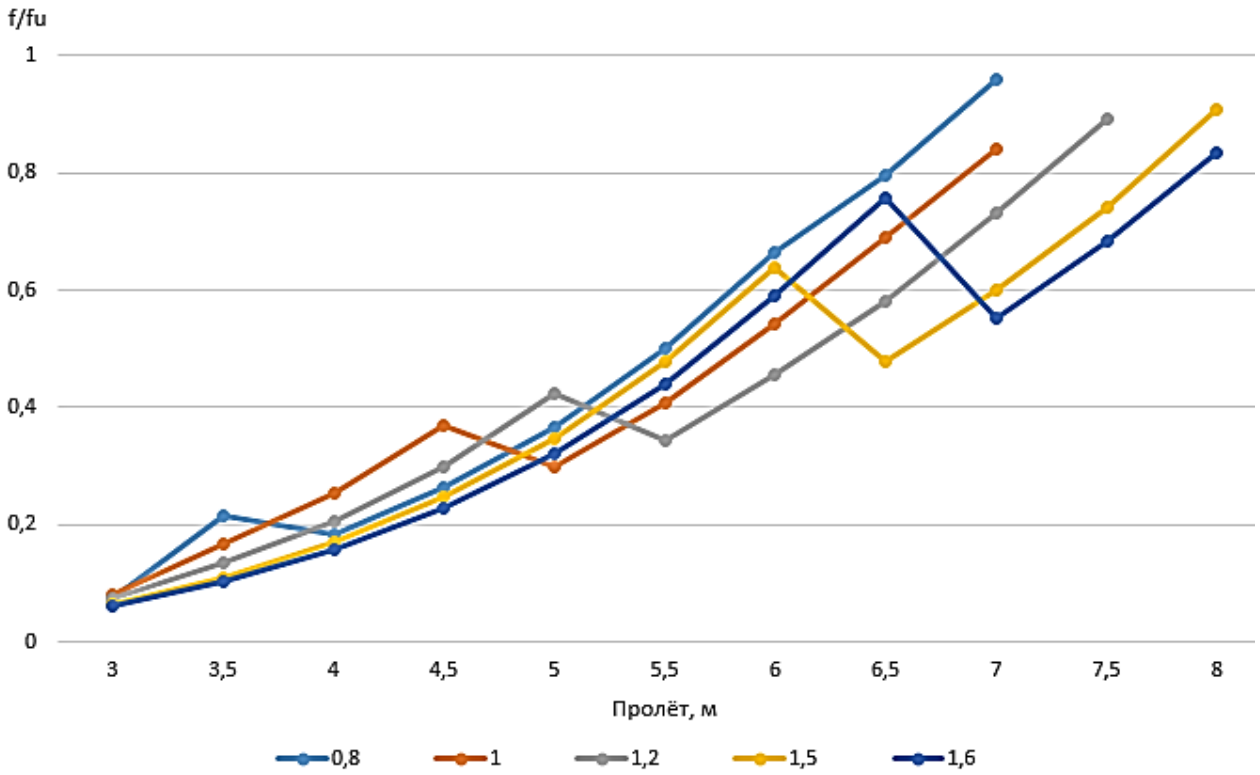


Рис. 11. Зависимость f/f_u от пролета на стадии эксплуатации с временными опорами на стадии бетонирования

На рисунках 12, 13 показаны графики отношения прогиба в середине пролета без временных опор и с использованием временных опор при бетонировании, соответственно, к предельному прогибу (f/f_u) с перераспределением изгибающего момента. По рисунку 13 можно сделать вывод о возможности применения НА «БИЗОН» при пролете, практически равному 12 м.

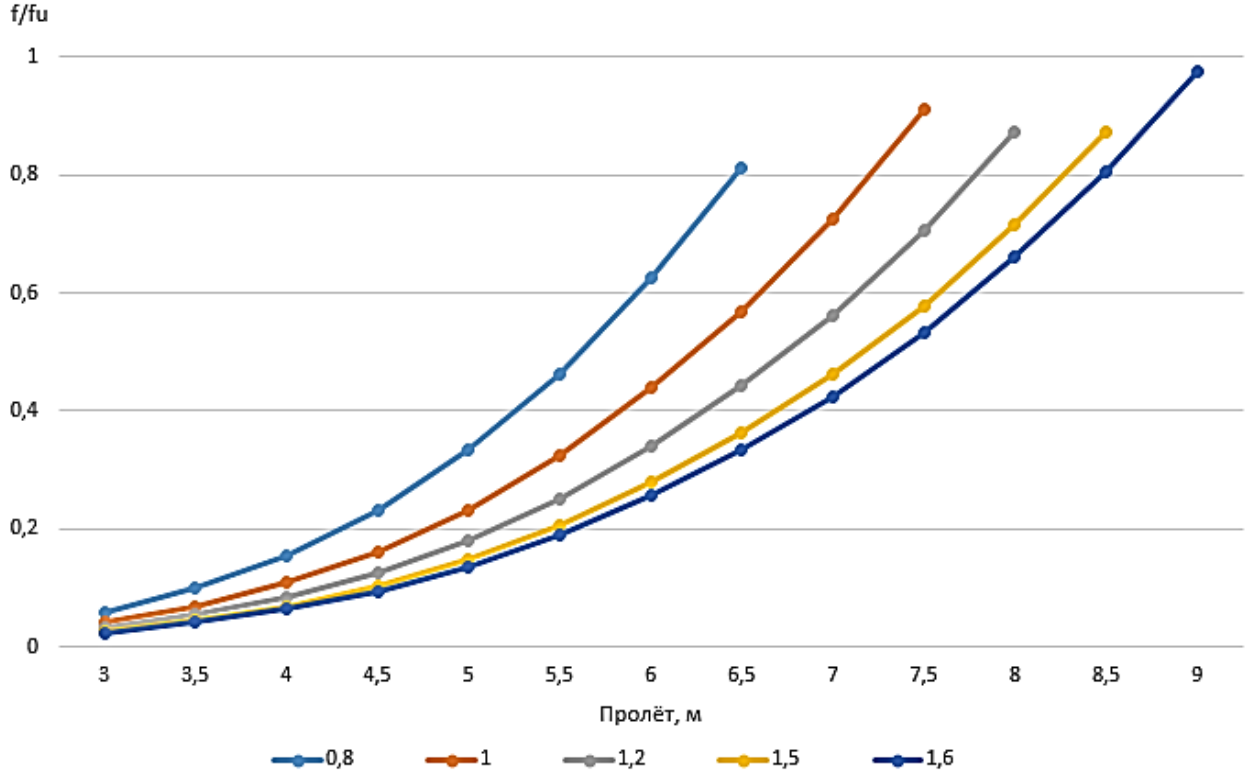


Рис. 12. Зависимость f/f_u от пролета на стадии эксплуатации без временных опор на стадии бетонирования с перераспределением изгибающих моментов на опорах

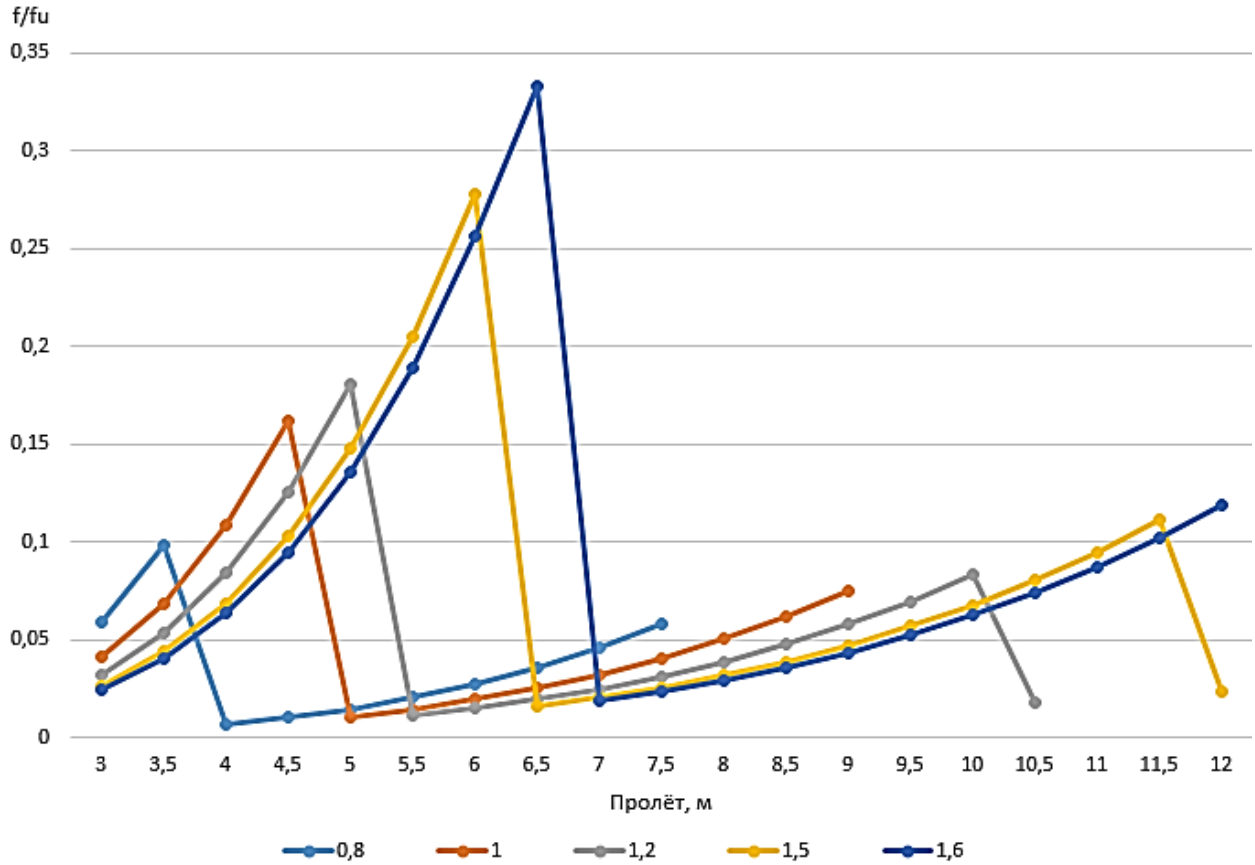


Рис. 13. Зависимость f/f_u от пролета на стадии эксплуатации с временными опорами на стадии бетонирования с перераспределением изгибающих моментов на опорах

Выводы:

1. НА «БИЗОН» из стали С350 в качестве несъемной опалубки можно использовать при пролетах без применения временных опор, соответственно 4,5 м при толщине 0,8 мм и 6 м при толщине профиля 1,6 мм. При этом предельным состоянием является превышение прогибов больше предельных значений;

2. Применение временных опор позволяет расширить применение профиля в качестве несъемной опалубки до 12 м. Однако, при этом наблюдается некоторое снижение местной устойчивости стенки профиля без учета вертикальных рифов.

3. На стадии эксплуатации диапазон пролетов, при которых возможно применение данного профиля составляет 5,0 – 6,5 м без временных опор при бетонировании и 7–8 м с применением временных опор при бетонировании. Однако, следует отметить, что данные значения получены для однопролетной схемы перекрытия. В действительности при шарнирном опирании перекрытия в соответствии с п. 6.1.2.1 [8] при расчете на опорах следует прикладывать в качестве внешней нагрузки изгибающий момент, равный несущей способности профиля на изгиб. На рисунках 12, 13 показаны графики зависимостей с учетом данного изгибающего момента. В этом случае появляется возможность применения НА «БИЗОН» при пролете, практически равному 12 м.

4. Выявлены достоинства СЖБП:

– значительное сокращение трудозатрат на строительной площадке за счет высокой скорости выполнения строительно-монтажных работ по установке опалубки без временных опор и с ними для стадии бетонировании;

– высокая несущая способность СЖБП при обеспечении совместной работы железобетона и несъемной опалубки, как дополнительной жесткой арматуры.

Список использованных источников

1. ТУ-1120-003-316631300162970–2019. Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для сталежелезобетонных конструкций (Настилы армирующие – НА «БИЗОН»). Дата введения: 20 августа 2019 г. – Тольятти.

2. ГОСТ 52246–2016. Прокат листовой горячеоцинкованной. Технические условия. Федеральное агентство по техническому регулированию. – М., 2016.

3. ГОСТ 34329–2017. Опалубка. Общие технические условия. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС). – М., 2018.

4. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия (ред. от 30.12.2020).

5. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Минстрой РФ. – М., 2018.
6. Методическое пособие к СП 63.13330. Расчет железобетонных конструкций без предварительного напряженной арматуры. Минстрой РФ. – М., 2015.
7. СП 260.1325800.2016. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования. Минстрой РФ. – М., 2016.
8. СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования. Минстрой РФ. – М., 2016.
9. СП 371.1325800.2017. Опалубка. Правила проектирования. Минстрой РФ. – М., 2017.
10. Патент на полезную модель № 147448 U1 Российская Федерация, МПК E04G 9/00. Опалубочный элемент : № 2014106458/03 : заявл. 20.02.2014 : опубл. 10.11.2014 / С. М. Анпилов, В. А. Ерышев, М. М. Гайнуллин и др.
11. Патент на промышленный образец № 92911 Российская Федерация. Опалубочный элемент : № 2014500646 : заявл. 20.02.2014 : опубл. 16.04.2015 / С. М. Анпилов, М. С. Анпилов.
12. Патент № 2552506 C1 Российская Федерация, МПК E04B 2/86. Способ возведения монолитных конструкций зданий и несъемная универсальная модульная опалубочная система : № 2014105016/03 : заявл. 11.02.2014 : опубл. 10.06.2015 / С. М. Анпилов, М. С. Анпилов.
13. Патент № 2561127 C1 Российская Федерация, МПК E04G 11/40, E04B 5/40. Несъемная опалубка монолитного перекрытия : № 2014111706/03 : заявл. 26.03.2014 : опубл. 20.08.2015 / С. М. Анпилов, В. А. Ерышев, М. С. Анпилов и др.
14. Патент на полезную модель № 147448 U1 Российская Федерация, МПК E04G 9/00. Опалубочный элемент : № 2014106458/03 : заявл. 20.02.2014 : опубл. 10.11.2014 / С. М. Анпилов, В. А. Ерышев, М. М. Гайнуллин и др.
15. Патент № 2795798 C1 Российская Федерация, МПК G01N 25/50. Способ определения огнестойкости монолитной сталежелезобетонной плиты перекрытия здания : № 2022118246 : заявл. 04.07.2022 : опубл. 11.05.2023 / С. М. Анпилов, Н. А. Ильин, О. Б. Керженцев и др.
16. Способы продления жизненного цикла зданий с деревянными перекрытиями / Ю. Л. Сколубович, С. М. Анпилов, Д. А. Добровольский и др. // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2024. – № 9(789). – С. 88 – 103.
17. Патент № 2820548 C1 Российская Федерация, МПК E04G 23/00. Способ реконструкции зданий и сооружений : № 2023123146 : заявл. 05.09.2023 : опубл. 05.06.2024 / С. М. Анпилов, В. В. Бондарь, В. Т. Ерофеев и др.

УДК 691.328.1
67.09.05: Железобетон. Предварительно напряженный железобетон. Армированный бетон

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ, ИНСТРУМЕНТЫ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА

Булгаков Алексей Григорьевич
ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», доктор технических наук, главный научный сотрудник
e-mail: *agi.bulgakov@mail.ru*

Савченко Никита Сергеевич
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», аспирант
e-mail: *savchenko1337@gmail.com*

Шубин Игорь Любимович
ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», доктор технических наук, директор института
e-mail: *niis@niisf.ru*

Бетон, являясь основным строительным материалом в современном строительстве, подвергается различным климатическим воздействиям, среди которых особую опасность представляют циклы замораживания-оттаивания.

В условиях переменного климата и холодных зим морозостойкость бетона становится ключевым фактором, определяющим долговечность и надежность строительных конструкций. Недостаточная устойчивость к низким температурам приводит к образованию микротрещин, шелушению поверхности и постепенной потере прочности, что влечет за собой значительные экономические затраты на ремонт и восстановление объектов.

Актуальность исследования морозостойкости бетона обусловлена необходимостью разработки эффективных методов оценки и повышения устойчивости материала к температурным колебаниям. Несмотря на существующие нормативные документы (ГОСТ, ASTM) [1, 2] и широкий спектр применяемых добавок, проблема оптимизации состава и структуры бетона для различных климатических зон остается недостаточно изученной.

Особый интерес представляют современные технологии, включающие наномодификаторы, компьютерное моделирование и интеллектуальные системы мониторинга, которые открывают новые возможности для прогнозирования поведения бетона в экстремальных условиях.

В статье представлены результаты анализа и систематизации существующих методов изучения морозостойкости бетона, инструменты и оборудование для проведения исследований, а также оценка эффективности различных добавок и технологических решений, направленных на повышение устойчивости материала к циклам замораживания-оттаивания. В работе особое внимание уделяется комплексному подходу, сочетающему традиционные лабораторные испытания с инновационными методами микроструктурного анализа и цифрового моделирования. Результаты исследования могут быть полезны специалистам в области строительных материалов, проектировщикам и технологам, занимающимся разработкой составов бетона для эксплуатации в суровых климатических условиях. Внедрение рассмотренных технологий позволит значительно увеличить срок службы бетонных конструкций и снизить затраты на их обслуживание.

Исследование морозостойкости бетона осуществляется комплексом взаимодополняющих методов, которые условно можно разделить на лабораторные, неразрушающие, микроструктурные, компьютерные и натурные. Каждый из подходов имеет свои особенности применения и позволяет оценивать различные аспекты поведения бетона при циклическом замораживании-оттаивании.

Традиционные лабораторные методы, регламентированные ГОСТ 10060–2012 [1] и ASTM C666 [2], остаются базовыми для оценки морозостойкости. Они предусматривают проведение ускоренных испытаний образцов в водной или воздушной среде с последующим определением потери прочности и массы (рис. 1). Эти методы отличаются хорошей воспроизводимостью, но требуют значительного времени для получения результатов. Более информативными являются модифицированные методики, включающие испытания в солевых растворах или комбинированные воздействия, которые лучше имитируют реальные условия эксплуатации.

Для проведения базовых испытаний на морозостойкость применяют климатические камеры циклического замораживания-оттаивания. Эти установки поддерживают точный температурный режим в диапазоне от –50 °С до +20 °С с регулируемой скоростью изменения температуры (обычно 2 – 5 °С/мин). Современные модели оснащены автоматическими системами контроля, регистрирующими количество циклов, время выдержки при заданных температурах и другие параметры. Для испытаний в агрессивных средах используют камеры с возможностью создания солевого тумана или погружения образцов в растворы солей.

Оценка механических характеристик после циклов замораживания проводится на универсальных испытательных машинах. Эти прессы с компьютерным управлением позволяют определять прочность на сжатие (до 2000 кН) и изгиб с точностью ±1%. Современные модели комплектуются системами акустической эмиссии, фиксирующими момент образования микротрещин при нагружении.

Современные лаборатории также оснащаются автоматизированными системами подготовки образцов: точными отрезными станками с алмазными дисками, шлифовально-полировальными установками, вакуумными пропарочными камерами для стандартного отверждения. Это обеспечивает воспроизводимость результатов исследований.



Рис. 1. Лабораторные испытания на морозостойкость бетона по ГОСТ 10060–2012 [1]

Еще одним важным аспектом в исследовании морозостойкости бетона в условиях эксплуатации при различных температурных и климатических перепадах являются *натурные наблюдения и мониторинг* с использованием встроенных датчиков обеспечивают контроль реальных конструкций в процессе эксплуатации. Современные системы мониторинга, оснащенные беспроводными технологиями передачи данных, позволяют оперативно выявлять критические изменения состояния бетона. Неразрушающие методы контроля, такие как ультразвуковая диагностика и термографический анализ, позволяют оперативно оценивать состояние бетона без его разрушения. Ультразвуковые исследования основаны на измерении скорости прохождения акустических волн, которая снижается при увеличении количества микротрещин (рис. 2). Термография выявляет скрытые дефекты по характерным температурным аномалиям на поверхности образца. Эти методы особенно ценны для мониторинга конструкций в процессе эксплуатации.

Неразрушающий контроль включает ультразвуковые дефектоскопы с частотой зондирования 50 – 500 кГц, инфракрасные тепловизоры с чувствительностью 0,05 °С и акустико-эмиссионные системы, регистрирующие образование и развитие микротрещин в реальном времени. Современные модели этого оборудования поддерживают автоматизированный сбор данных и их обработку с помощью специализированного ПО.

Для полевых исследований используют переносные комплексы, включающие: склерометры для оценки поверхностной прочности (точность ±5%), влагомеры с глубиной зондирования до 50 мм, многофункциональные измерители, сочетающие ультразвуковые и радиоволновые методы. Беспроводные датчики температуры и влажности, работающие в диапазоне –60...+80 °С, позволяют организовать системы непрерывного мониторинга на объектах.



Рис. 2. Ультразвуковой метод исследования бетона

Микроструктурные исследования с применением сканирующей электронной микроскопии и рентгеновской томографии дают возможность изучать морфологию пор и трещин на микро- и наноуровне. Эти высокоточные методы визуализации дополняются количественным анализом пористости с помощью ртутной порометрии и газовой адсорбции, что позволяет установить критическое содержание и распределение пор по размерам.

Для микроструктурных исследований применяют сканирующие электронные микроскопы с разрешением до 1 нм, оснащенные энергодисперсионными спектрометрами для элементного анализа. Рентгеновские микротомографы обеспечивают получение трехмерных изображений структуры бетона с разрешением 1 – 50 мкм, что особенно важно для изучения распределения пор и микротрещин (рис. 3). Анализ пористости выполняется на ртутных поромерах, позволяющих определять объем и распределение пор по размерам в диапазоне от 3 нм до 400 мкм. Для исследования нанопорозности применяют анализаторы поверхности по методу БЭТ, использующие адсорбцию азота при различных давлениях.

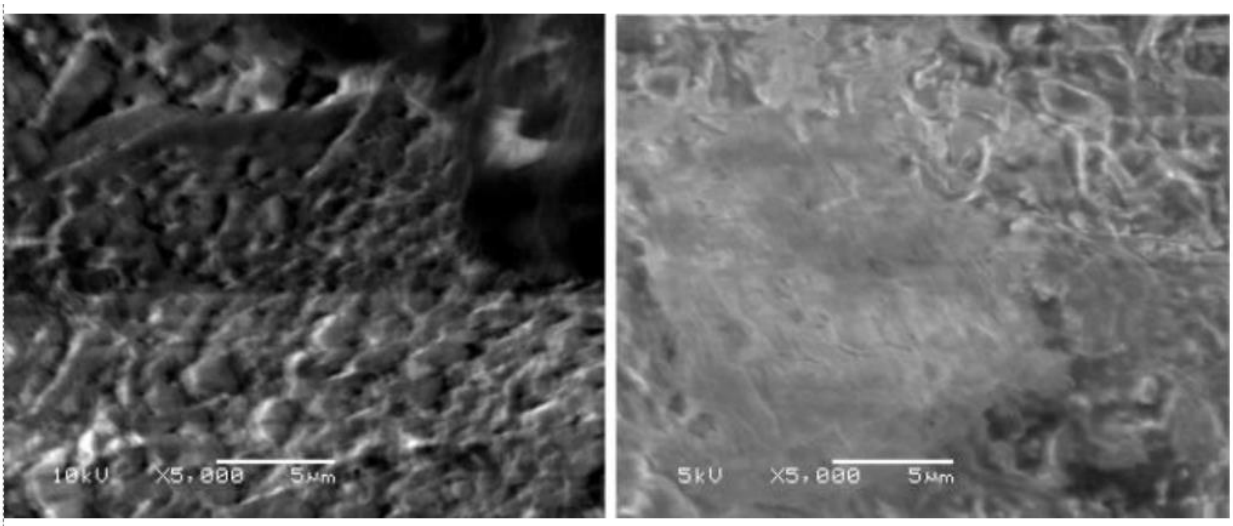


Рис. 3. Электронно-микроскопические снимки поверхности бетона под воздействием различных температур [3]

Компьютерное моделирование, включая метод конечных элементов и молекулярную динамику, открывает новые возможности для прогнозирования поведения бетона при низких температурах. Эти методы особенно эффективны в сочетании с машинным обучением, когда на основе больших массивов экспериментальных данных создаются прогностические модели с высокой точностью предсказания. Особое внимание стоит уделить оборудованию для компьютерного моделирования – высокопроизводительные рабочие станции с программным обеспечением для FEM-анализа (ANSYS, COMSOL) и специализированные платформы для машинного обучения. Эти системы требуют значительных вычислительных ресурсов для обработки трехмерных моделей пористой структуры бетона.

Современные технологии повышения морозостойкости бетона включают комплекс химических добавок и технологических приемов, эффективность которых подтверждена многочисленными исследованиями и практическим применением. Анализ их воздействия на структуру и свойства бетона позволяет выделить наиболее перспективные решения:

– воздухововлекающие добавки (например, на основе смол или синтетических поверхностно-активных веществ) демонстрируют высокую эффективность, создавая в бетоне систему замкнутых сферических пор диаметром 50 – 200 мкм. Эти микропоры выполняют функцию «буферных резервуаров» для расширяющейся при замерзании воды, снижая внутренние напряжения. Лабораторные испытания показывают, что оптимальное воздухововлечение 4 – 6% увеличивает морозостойкость в 2–3 раза, позволяя достигать показателя F300 и выше. Однако избыточное воздухововлечение (более 8%) приводит к заметному снижению прочности (до 20%);

– микрокремнезем и нанокремнезем существенно улучшают морфологию порового пространства. Частицы размером 0,1 – 1,0 мкм заполняют межзерновые пространства, уменьшая средний размер пор до 10 – 50 нм и снижая общую пористость на 15 – 30%. Это приводит к повышению морозостойкости на 50 – 100 циклов при сохранении прочностных характеристик. Особенно эффективны коллоидные формы нанокремнезема, формирующие более однородную структуру;

– полимерные модификаторы (акриловые, стирол-акриловые и эпоксидные дисперсии) создают в бетоне эластичную полимерную матрицу, повышающую сопротивление образованию микротрещин. Их применение позволяет увеличить морозостойкость до F500 при содержании 5 – 15% полимера от массы цемента. При этом отмечается снижение водопоглощения в 3 – 5 раз и повышение адгезионной прочности;

– гидрофобизирующие добавки (кремнийорганические соединения, фторсодержащие полимеры) уменьшают смачиваемость поверхности пор, препятствуя капиллярному подсосу воды. Хотя они не изменяют общую пористость, но снижают степень водонасыщения на 30 – 40%, что увеличивает морозостойкость на 50 – 70 циклов. Наибольшую эффективность показывают комбинации гидрофобизаторов с воздухововлекающими добавками;

– «Умные» добавки для повышения морозостойкости бетона. Современные разработки в области модификации бетона предлагают революционные решения для повышения его морозостойкости через применение нанотехнологических модификаторов, самовосстанавливающихся систем и адаптивных материалов. Особый интерес представляют графеновые добавки (C_n), которые формируют трехмерный каркас в цементном камне, взаимодействуя с гидроксидом кальция по схеме $C_n + Ca(OH)_2 \rightarrow C_n–Ca–O$ комплексы, что не только усиливает структуру, но и ускоряет процесс гидратации C_3S за счет эффекта нуклеации. Углеродные нанотрубки (CNT) со sp^2-гибридизацией атомов углерода создают армирующую сеть, блокируя развитие микротрещин на наноуровне, что подтверждается повышением морозостойкости до показателя F800 при минимальном содержании добавок 0,05 – 0,1% от массы цемента.

Самовосстанавливающиеся технологии представлены микрокапсулированными силикатами (Na_2SiO_3), которые при растрескивании активируют химическую реакцию $Na_2SiO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow C\text{-}S\text{-}H + NaOH$ с образованием новых гидратных фаз, эффективно залечивая повреждения. Биологические подходы используют бактерии Bacillus

pseudofirmus, запускающие биохимическую цепочку $CO(NH_2)_2 + 2H_2O \rightarrow (NH_4)_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow + 2NH_4^+$, что позволяет устранять трещины шириной до 0,5 мм. Особую группу составляют фазопереходные материалы на основе парафинов ($C_{25}H_{52}$), работающие как термические буферы – при плавлении и кристаллизации в диапазоне 5 – 10 °C они сглаживают температурные градиенты, существенно снижая внутренние напряжения в бетоне.

Адаптивные гидрофобизаторы нового поколения, такие как полимеры PNIPAM ($[-CH_2CH(CONH(CH_3)_2-]_n$), демонстрируют уникальное термореспонсивное поведение: при температурах выше 32 °C они переходят в гидрофобное состояние, уменьшая водопоглощение, а при охлаждении становятся гидрофильными, позволяя бетону высыхать. Катионные модификаторы типа алкилсиликоната калия ($R\text{-}Si(OK)_3$) вступают в реакцию с гидроксидом кальция, образуя устойчивые гидрофобные слои на поверхности пор глубиной 5 – 15 мм. Инновационные электроактивные добавки на основе полианилина ($[-C_6H_4NH-]_n$) создают эффект электроосмоса, отталкивая хлорид-ионы и одновременно служа индикатором состояния конструкции через изменение электропроводности.

Химические процессы при циклическом замораживании-оттаивании с участием «умных» добавок протекают в три стадии: во время замерзания фазопереходные материалы поглощают энергию кристаллизации, а полимерные компоненты увеличивают эластичность матрицы; при оттаивании происходит выделение накопленного тепла и активация механизмов самовосстановления; в ходе многократных циклов нанодобавки предотвращают кумулятивное накопление повреждений, а адаптивные системы динамически регулируют водопоглощение. Результаты испытаний показывают, что графеновые добавки способны увеличить морозостойкость на 300% (до F900), бактериальные системы – на 150% (до F500), а фазопереходные материалы – на 200% (до F700), при этом прогнозируемый срок службы модифицированных конструкций достигает 50 лет и более.

Перспективы развития отрасли включают создание гибридных систем, сочетающих наночастицы с бактериальными культурами, разработку фотоактивных добавок для самоочищения поверхностей, внедрение RFID (радиочастотная идентификация)-меток для непрерывного мониторинга состояния и применение квантовых точек для ранней диагностики микротрещин. Эти инновационные подходы не только радикально повышают морозостойкость бетона, но и придают материалу принципиально новые функциональные свойства, открывая путь к созданию интеллектуальных саморегулирующихся строительных конструкций, способных адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации и самостоятельно восстанавливать повреждения. Комбинация передовых химических технологий с достижениями в области наноматериалов и биотехнологий формирует новую парадигму в производстве долговечных бетонных конструкций для экстремальных климатических условий.

В современном строительстве усиливается тенденция на внедрение *искусственного интеллекта* для решения различных задач и анализа большого количества данных. Перспективным направлением является разработка «умных» бетонов со встроенными сенсорами, данные с которых обрабатываются системами ИИ в реальном времени.

Машинное обучение позволяет анализировать огромные массивы экспериментальных данных, выявляя сложные взаимосвязи между составом бетона, его микроструктурой и устойчивостью к циклам замораживания-оттаивания. Нейросетевые алгоритмы, такие как многослойные перцептроны (MLP) или рекуррентные нейронные сети (RNN), успешно прогнозируют поведение бетона при низких температурах, учитывая более 50 параметров – от химического состава цемента до условий твердения.

Особое значение имеет применение компьютерного зрения для анализа микроструктуры бетона. Алгоритмы глубокого обучения (U-Net, Mask R-CNN) автоматически идентифицируют и классифицируют дефекты на микрофотографиях, полученных с помощью сканирующей электронной микроскопии. Это позволяет количественно оценивать распределение пор по размерам, ориентацию микротрещин и другие критические параметры, влияющие на морозостойкость. Генеративно-состязательные сети (GAN) используются для создания синтетических изображений микроструктуры, что значительно расширяет обучающие наборы данных.

Цифровые двойники бетонных конструкций, созданные с помощью методов ИИ, позволяют проводить виртуальные испытания на морозостойкость. Физически информированные нейронные сети (PINN) интегрируют фундаментальные уравнения теплопередачи и механики разрушения, что обеспечивает высокую точность прогнозирования при минимальных вычислительных затратах. Оптимизационные алгоритмы на основе ИИ подбирают оптимальные комбинации добавок, учитывая не только технические требования, но и экономические факторы.

Выводы. Сравнительный анализ современных методов исследования морозостойкости бетона показывает, что наибольшую эффективность обеспечивают комплексные подходы, интегрирующие различные методики диагностики. На практике оптимальные результаты достигаются при сочетании неразрушающих методов контроля (например, ультразвуковой диагностики) с детальным микроструктурным анализом, а также при комбинации традиционных лабораторных испытаний с передовыми технологиями компьютерного моделирования. Такие интегративные подходы позволяют получить всестороннюю оценку состояния бетона и точнее прогнозировать его поведение в условиях циклического замораживания-оттаивания.

Особую перспективу в этой области представляют два взаимосвязанных направления развития. Во-первых, это создание цифровых двойников бетонных конструкций, которые позволяют проводить виртуальные испытания и оптимизировать состав смесей. Во-вторых, внедрение интеллектуальных систем мониторинга, основанных на технологиях искусственного интеллекта и способных анализировать данные в режиме реального времени.

Особый интерес представляют так называемые «умные» добавки, способные адаптивно реагировать на изменение условий эксплуатации. Например, разрабатываются составы, которые при повышении влажности автоматически выделяют гидрофобизирующие компоненты, обеспечивая тем самым защиту бетона от разрушающего воздействия воды при замерзании.

Эти инновационные подходы, сочетающие передовые методы диагностики, современные материалы и цифровые технологии, открывают новые возможности для создания бетонных конструкций с исключительной долговечностью и устойчивостью к самым суровым климатическим условиям.

Список использованных источников

1. ГОСТ 10060–2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости.
2. ASTM C666/C666M-15. Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing.
3. Загоруйко, Т. В. Бетон повышенной термостойкости для огнестойких железобетонных изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Т. В. Загоруйко ; Место защиты: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. – Воронеж, 2015. – 163 с.
4. Mehta P. K., Monteiro P. J. M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. 5th ed. McGraw-Hill Education, 2022. – 672 p.
5. Bentz D. P., Jensen O. M. Mitigation Strategies for Autogenous Shrinkage Cracking. RILEM Publications, 2020. – 318 p.
6. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85)
7. ГОСТ 31384–2017. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии.
8. Калашников, В. И. Модифицированные высокофункциональные бетоны / В. И. Калашников. – М. : АСВ, 2020. – 328 с.
9. Чумаков, Л. Д. Нанотехнологии в производстве строительных материалов / Л. Д. Чумаков, Р. В. Тарасов. – СПб. : Лань, 2021. – 256 с.
10. Современные проблемы строительного материаловедения : тр. VII Междунар. науч.-техн. конф. – М. : НИУ МГСУ, 2023.
11. Бетон и железобетон – взгляд в будущее : сб. докл. XXIV Всерос. конф. – СПб., 2022.

УДК 69
69.04: Строительная механика.
Графическая и аналитическая статика применительно к исследованию, проектированию и расчету конструкций

ПРЕИМУЩЕСТВО РАСЧЕТОВ ГАЗОВОЙ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «SOLID WORKS»

Грибановский Дмитрий Львович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: dg14@inbox.ru

Газовые блочно-модульные котельные являются важным элементом современных систем отопления и водоснабжения. Их применение обуславливает высокие требования к проектированию и расчетам для обеспечения надежности, эффективности и безопасности. Использование программного комплекса «Solid Works» для этих расчетов предоставляет ряд значительных преимуществ.

1. Моделирование 3D-объектов. Одним из ключевых аспектов проектирования газовых котельных является создание точной 3D-модели. Программный комплекс «Solid Works» обеспечивает возможность моделирования всех компонентов котельной системы, включая котлы, теплообменники, насосные станции и трубы. Это позволяет не только визуализировать проект, но и проводить детальный анализ взаиморасположения элементов, что особенно важно для эффективной компоновки в ограниченных пространствах [3]. Каждая газовая блочно-модульная котельная проектируется по индивидуальным требованиям заказчика, в связи с чем часто приходится применять нестандартные решения. Возникает необходимость объединить имеющиеся наработки в одном проекте, в котором не только размещаются трубопроводы и металлоконструкции, но и присутствует механика и системы управления с электронными частями [1]. При этом необходимо обеспечить их взаимодействие. Узкоспециализированные решения могут привести к серьезным ошибкам компоновки, которые зачастую обнаруживаются лишь непосредственно на этапе сборки или монтажа изделия. Поэтому применение Solid Works становится наиболее эффективным решением, а сама разработка будет включать этапы [2]:

- разработка схемы трубной обвязки;
- формализация технических требований к трубопроводу с учетом условий заказчика;
- размещение элементов строительных конструкций и оборудования;
- объемный монтаж трубопроводов;
- получение спецификации на проект, чертежей деталей и узлов.



Рис. 1. Модель, выполненная в Solid Works

В начале происходит генерация модели котельной по шаблону, в зависимости от назначения и требований заказчика, с необходимым вариантом расстановки оборудования. Потом производится объемный монтаж трубопроводов с использованием интеллектуальной технологии трассировки [2]. В качестве оборудования для трассировки трубопроводов может использоваться любая модель, сделанная Solid Works либо импортированная из других САПР/ТИМ систем (рис. 1).

2. Проведение теплотехнических расчетов и анализ прочности конструкции. Программный комплекс «Solid Works» предоставляет инструменты для выполнения теплотехнических расчетов [2]. Это позволяет оценивать эффективность работы котельной, определять тепловые потери и оптимизировать тепловые режимы.

Программные модули, такие как «Solid Plant», упрощают процесс разработки схем трубной обвязки, используемой в качестве первичной информации при объемном монтаже трубопроводов, с использованием интеллектуальной технологии трассировки [2]; «Solid Visualize» применяется для визуализации процессов воздействия различных нагрузок на элементы конструкции и отдельные узлы [3], поведения конструкции при различных внештатных аварийных ситуациях (рис. 2).

Это важно для обеспечения долговечности оборудования, поскольку котлы подвергаются высокому давлению и температурным колебаниям.

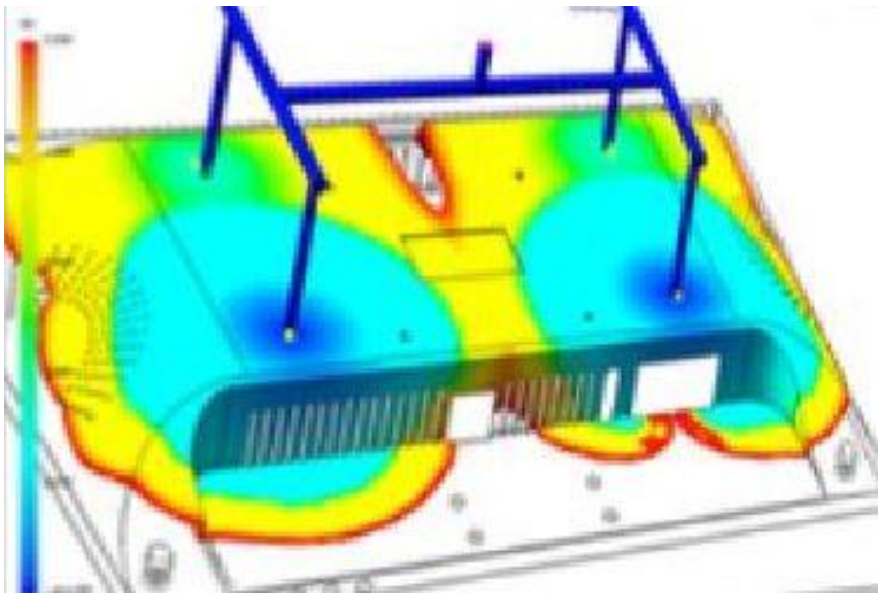


Рис. 2. Визуализация воздействия нагрузки на фундамент при воздействии на каркас

Преимущества прочностного анализа:

– повышает надежность конструкции, что снижает риски аварийных ситуаций;

– позволяет выбрать наиболее подходящие материалы, уменьшая вес и стоимость конструкции.

3. Симуляции и динамический анализ. Программный комплекс «Solid Works» предоставляет возможность проведения симуляций работы котельной системы в различных режимах [3]. Это включает в себя динамический анализ работы оборудования под нагрузкой, поведение при различных условиях работы и характер распространения тепла. Выполнить такие расчеты возможно с помощью модуля Solid Works Simulation, входящего в семейство дополнительных модулей для создания более сложных инженерных расчетов (например, испытания запаса прочности, упругости, определение собственных колебаний детали или сборки и т.д.)

Преимущества симуляций:

– предсказание поведения оборудования, что позволяет выявить проблемные места в проекте до его реализации;

– оптимизация работы системы, что помогает настроить систему для работы в самых эффективных режимах.

4. Автоматизация проектирования. С программным комплексом «Solid Works» можно значительно упростить процесс проектирования газовой блочно-модульной котельной благодаря использованию шаблонов и стандартных компонентов. Это позволяет сократить время, необходимое для разработки проекта. Поэтому при создании проекта в «Solid Works» используются различные библиотеки и каталоги стандартного оборудования [4]. В 3D-редакторе используется библиотека условно графических обозначений (УГО) оборудования, насосов, вентилей, запорной арматуры, опор и т.п., включая символы по различным промышленным стандартам (в том числе PIP, ISA, JIS и ISO/DIN). При необходимости есть возможность пополнять библиотеку своими символами, вид которых описывается стандартами предприятия или нормативной документацией предприятий поставщиков (рис. 3). Для этого есть все необходимые инструменты от средств построения примитивов (точки, линии, дуги и т.п.) до средства добавления полученного УГО в библиотеку непосредственно из интерфейса «Solid Works».

Для создания 3D-моделей так же используется модуль Specification Creator – работа с базой каталогов стандартных фитингов, формирование технических требований проекта [4]. Каждый каталог представляет собой набор таблиц в базе данных с характерными размерами и свойствами, присущими тому или иному типу фитинга или крепежного элемента. Также в каталоге содержится ссылка на мастер-модель, по которой «на лету» будет создаваться запрашиваемый элемент при объемном монтаже. Естественно, для различных типов фитингов набор характерных размеров и свойств будет индивидуальным. Например, у трубы будет указан наружный диаметр и толщина стенки, а у фланца – наружный диаметр, размеры и количество отверстий под крепеж, диаметр центрального отверстия.

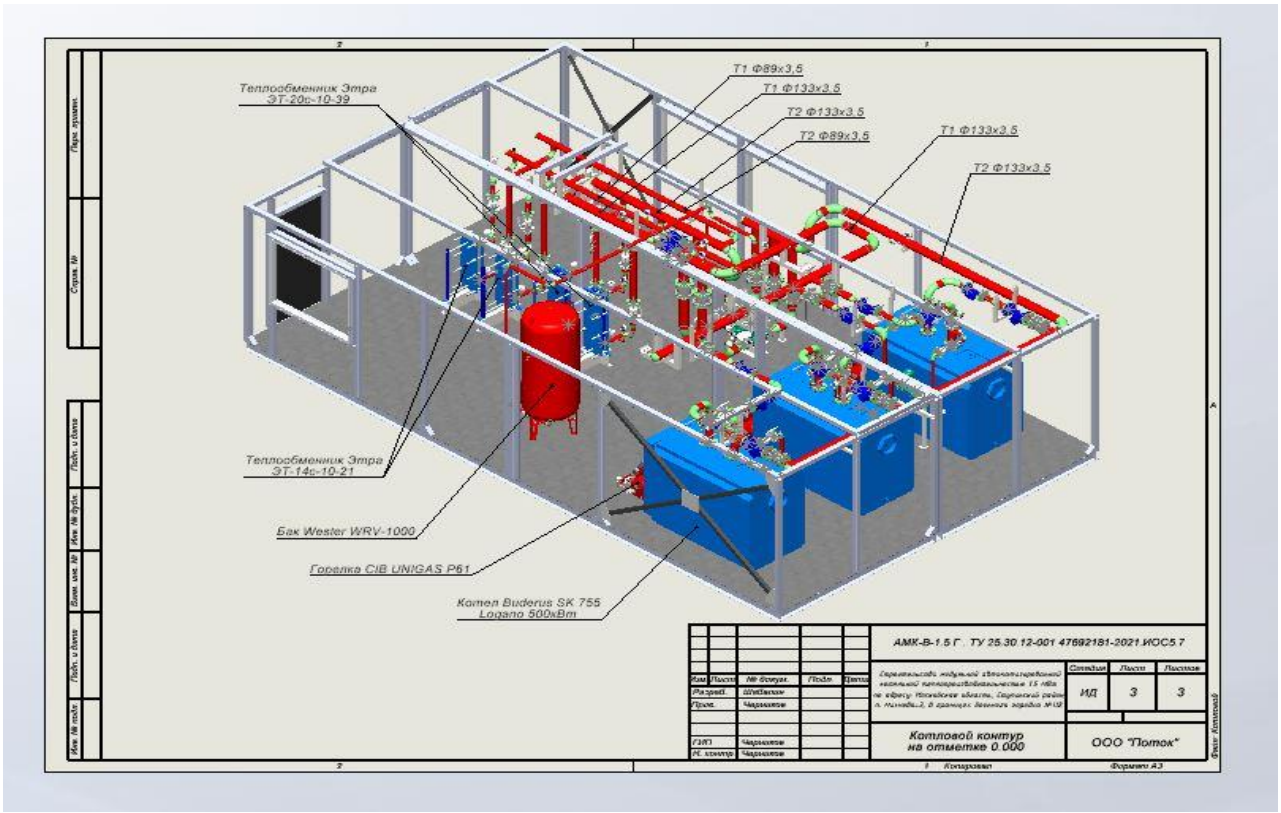


Рис. 3. Пример 3D-модели теплового контура с использованием стандартного каталога оборудования от поставщиков

5. Создание документации. Программа позволяет генерировать всю необходимую документацию на основе созданных моделей. Это включает в себя чертежи, спецификации, отчеты о расчетах и много другое, что упрощает процесс подготовки проекта для согласования и утверждения.

При проектировании газовых блочно-модульных котельных приходится разрабатывать различные по идеологии проектирования объекты, такие как специальное оборудование, строительные металлоконструкции, трубопроводные и электрические коммуникации. В связи с этим при разработке такого проекта, возникает необходимость приведения всей документации в соответствие ГОСТ. Программный комплекс «Solid Works» предлагает большие возможности для работы с документацией и позволяет решать многочисленные задачи на разных этапах работы [4], к ним относятся:

– конструкторская подготовка, в том числе моделирование изделий в виде сборок любой сложности;
– оформление проектной документации в соответствии с ГОСТ;
– инженерный анализ, проведение различных исследований и испытаний: например, расчет запаса прочности, массовые характеристики и т.д.;
– создание механизмов, узлов, схем и прочих инженерных систем.

Заключение. Использование программного комплекса «Solid Works» для расчетов газовой блочно-модульной котельной предоставляет многочисленные преимущества, включая точное 3D-моделирование, глубокий теплотехнический анализ, прочностные расчеты и возможность автоматизации проектирования. Все это делает проектирование более эффективным, безопасным и оптимизированным, что напрямую влияет на качество и надежность конечного продукта. В современных условиях, когда требования к отопительным системам становятся все более строгими, использование такого программного обеспечения становится необходимостью для успешной реализации проектов.

Список использованных источников

1. Зиновьев, Д. В. Основы моделирования в SolidWorks / Д. В. Зиновьев ; под ред. М. И. Азанова. – Мю : ДМК Пресс, 2017.
2. Прохоренко, В. П. SOLID WORKS. ... Solid Works. Практическое руководство / В. П. Прохоренко. – Бином, 2004. – 447 с.
3. Алямовский, А. SolidWorks Simulation: как решать практические задачи / А. Алямовский. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 441 с.
4. Дударева, Н. Оформление проектной документации / Н. Дударева, Ю. Загайко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2010. – 384 с.

УДК 674.048
37.130.37: Пропитка древесины. Защита древесины

СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ И РАСЧЕТ ПОВЕРХНОСТНОЙ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ АНТИКОРРОЗИЙНОЙ ОБРАБОТКЕ ФЕНОЛСПИРТАМИ НА ПРИМЕРЕ БРУСОВОГО СООРУЖЕНИЯ В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Гришина Анастасия Витальевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: aqrishina@gmail.com

Баранов Юрий Александрович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: y.baranov@dextec.ru

Корчагина Ольга Алексеевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат химических наук, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: korchagina121@mail.ru

Скорость разрушения древесины зависит от биологических и климатических факторов, например, при долгом нахождении древесины на воздухе, под лучами солнца, в районах с повышенной влажностью или в воде. Из-за особенностей волокнистого строения древесины, пагубное влияние внешней среды очень быстро сказывается на материале. В связи с вышесказанным, древесину, используемую для возведения жилых зданий необходимо защищать.

Пассивную защиту деревянных конструкций обеспечивает выбор стойких в определенных условиях эксплуатации пород древесины и предварительная пропитка древесины синтетическими смолами и прочими защитными веществами. Активная же защита проводится при помощи влагостойких лакокрасочных покрытий, влагостойких пропиточных составов (фтористый натрий, антисептики).

Конструктивные способы защиты древесины предусматривают мероприятия, предотвращающие ее увлажнение посредством атмосферной влаги, пара, проникающего со стороны теплого помещения и конденсата,

образующегося вследствие недостаточного утепления ограждающих конструкций [1 – 3]. Реализация мероприятий осуществляется такими путями:

– несущие конструкции из древесины должны быть всегда доступны для осмотра, располагаться открыто, иметь возможность проветривания. Например, для несущих конструкций покрытия из древесины целесообразно устраивать холодные проветриваемые чердаки;

– конструкция должна располагаться целиком либо в теплом помещении, либо в неотапливаемом месте. Не допускается расположение одной конструкции в помещениях с разными тепловыми режимами (например, заделка наружной конструкции в стену теплого помещения);

– в узлах примыкания конструкций из древесины к бетону, металлу или кирпичной кладке (например, в местах опирания деревянных балок на стены) устраивают гидроизоляцию и выполняют антисептическую обработку поверхности дерева;

– при монтаже кровли из деревянных конструкций следует избегать устройства ендов, внутренних водостоков и фонарей, как потенциальных источников попадания влаги;

– деревянные конструкции не рекомендуется применять в помещениях с мокрыми процессами и повышенной влажностью.

Фенолспирты – негорючая вязкая субстанция, применяется для повышения био- и химстойкости, а также снижения водо- и влагопоглощения древесных материалов.

Модификации подлежат строительные детали, изготовленные из древесины хвойных пород по ГОСТ 8486–66, не ниже III сорта.

Строительные детали перед процессом модификации должны иметь законченную механическую обработку. Для модификации применяют фенолоспирты, которые должны отвечать ТУ 6-05-1164-75.

В качестве объекта исследования рассмотрим брусовое здание, площадью 270 м^2, в Тамбовской области.

3D-проект здания в разборе с элементами кровли приведен на рис. 1.

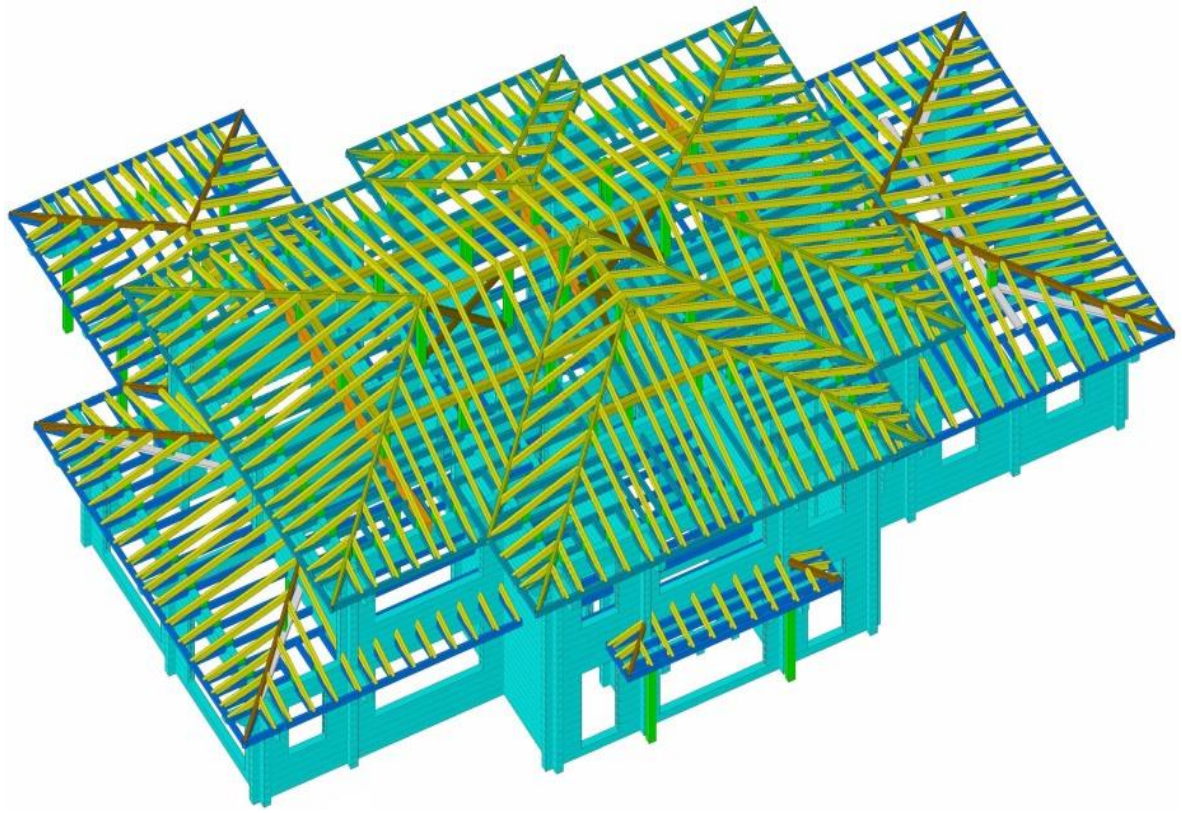


Рис. 1. 3D-проект здания в разборе с элементами кровли

Процесс пропитки осуществляют в пропиточном автоклаве, представляющем собой цилиндрический сосуд со сферическими днищами. Одно из днищ глухое, другое – съемная крышка, подвешенная к автоклаву на петлях и оборудованная клиновым запорным устройством. Крышка должна открываться и закрываться дистанционно сжатым воздухом. Она должна быть оборудована блокировочным устройством, предотвращающим возможность открывания крышки при наличии в автоклаве жидкости или давления свыше 0,1 МПа.

Пропиточный автоклав должен быть рассчитан на рабочее давление 1,3 МПа (12 атм).

Маневровый цилиндр по устройству повторяет пропиточный автоклав, отличаясь от последнего отсутствием съемочной крышки. Он устанавливается над пропиточным автоклавом и в период загрузки и выгрузки древесины используется как емкость для хранения фенолоспиртов.

Рабочее давление – 0,7 МПа.

Мерник – вертикальный герметически закрытый цилиндрический сосуд, емкость обеспечивающая поглощение фенолоспиртов при двух и более пропитках. Рабочее давление – 1,3 МПа.

Вакуум-насос предназначен для создания вакуума до 0,01 МПа в пропиточном и маневровом автоклавах.

Вакуумирование древесины должно производиться через поверхностный конденсатор.

Для сушки, полимеризации и придания дополнительной гидрофобизации древесины служит автоклавная установка, которая состоит из автоклава, работающего при давлении 0,1 МПа, маневрового бака-подогревателя, расходного бака холодного сушильного агента, конденсатора, разделительного бака, циркуляционного насоса и системы трубопроводов.

Процесс модификации включает:

– подготовку сырья и материалов,
– пропитку фенолоспиртами,
– сушку и полимеризацию лесоматериалов, пропитанных фенолоспиртами.

Перед началом пропитки определяют влажность материала. Предпропиточная влажность строительных деталей из древесины не должна превышать 15 ± 3%, а фанеры 8 ± 2%.

Качество модификации характеризуется общим поглощением фенолоспиртов в кг/м^3 и глубиной пропитки фенолоспиртами в мм.

На примере брусового здания рассчитаем общее поглощение фенолоспиртов при обработке всех деревянных элементов.

Общее поглощение фенолоспиртов (П) определяют по формуле:

$$П = (m_1 – m_2)/v,$$

где m_1 и m_2 – масса деталей до и после пропитки, кг; v – объем партии деталей, м^3;

$$П = (12\ 170 – 9\ 790)/21 = 113 \text{ кг/м}^3$$

Общее поглощение фенолоспиртов должно быть при модификации деталей, изготовленных из пиломатериалов – не менее 100 кг/м^3. Условие выполняется.

Глубина проникновения фенолоспиртов должна быть не менее 3 мм при пропитке деталей, изготовленных из пиломатериалов по заболони.

Список используемых источников

1. ГОСТ Р 54851–2011. Конструкции строительные ограждающие неоднородные. Введ.: 01.05.2012 – М. : 2012 – 38 с.

2. Калугин, А. В. Деревянные конструкции. Издательство Ассоциации строительных вузов / А. В. Калугин. – М., 2003.

3. ГОСТ 20022.6–93. Защита древесины. Способы пропитки. Введ.: 01.01.1995. – М., 1995 – 13 с.

УДК 332.816.2
75.29.01: Жилищно-коммунальное хозяйство

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ И НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СФЕРЕ СОДЕРЖАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРИВАТИЗИРОВАННЫМ ЖИЛИЩНЫМ ФОНДОМ

Жоголева Ольга Александровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Городское строительство и автомобильные дороги»
e-mail: *zhogoleva.olga@rambler.ru*

Маликова Елена Александровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант

Современная, сложившаяся на данный момент система управления приватизированным жилым фондом вызывает на практике большое количество нареканий со стороны владельцев этим фондом. Во многом это связано с отсутствием понимания своих прав и обязанностей со стороны владельцев приватизированного жилья, а также отсутствием у них знаний о законодательных документах в этой области и об имеющейся нормативной базе, связанной с вопросами правового статуса приватизированного жилья, сохранностью приватизированного жилого фонда, контролем и надзором за его состоянием, проведением текущих и капитальных ремонтов, принципами управления многоквартирными домами. Отсутствие таких знаний порождает у владельцев жилья мнения о самоустраненности государства от решения вопросов в области жилищной сферы. Выполненный уличный опрос населения свидетельствует о том, что более 50% владельцев жилья придерживаются такого мнения.

Ниже приведен анализ законодательных и нормативно-правовых документов, принятых в России после начала приватизации жилья, свидетельствующих об озабоченности государства по обеспечению надлежащего порядка в области жилищной сферы.

Правовое регулирование в жилищной сфере в настоящее время осуществляется на основе: Конституции Российской Федерации; жилищного, гражданского, градостроительного, земельного кодексов Российской Федерации; федеральных законов; указов Президента России; постановлений Правительства России; актов Министерств и уполномоченных ведомств; законов и других нормативных актов субъектов России; нормативных актов органов местного самоуправления. Далее приведены некоторые положения перечисленных документов, касающиеся непосредственно жилищной среды.

Основными источниками права в жилищной сфере является Конституция Российской Федерации. В соответствии с Конституцией согласно ст. 40 каждый гражданин имеет право на жилище, и никто не может его произвольно лишить этого жилища. В соответствии со ст. 25 Конституции, жилище гражданина неприкасаемо. Согласно ст. 35 Конституции право частной собственности, в данном случае жилища, охраняется законом.

Следует указать, что перечисленные выше права гражданина полностью соответствуют международным принципам права в жилищной сфере. Например, в ст. 25 Всеобщей декларации прав человека, принятой 10.12.1948 г., указывается что, любой гражданин имеет право на такой жизненный уровень, включая пищу, одежду, жилище, медицинский уход, социальное обслуживание, который требуется для поддержания здоровья и благосостояния его самого и его семьи. В Международном пакте об экономических, социальных и культурных правах, принятом 16.12.1966 г., в ст. 11 говорится, что государства-участники признают право каждого человека на достаточный жизненный уровень для него и его семьи, включающий достаточное питание, одежду, жилище, постоянное улучшение условий жизни. В статье 17 Международного пакта о гражданских и политических правах, принятом также 16.12.1966 г., говорится о необходимости запрета на произвольное либо незаконное вмешательство в личную семейную жизнь человека, произвольном либо незаконном посягательстве на неприкосновенность его жилища.

Перечисленные выше права гражданина закреплены в указанных выше кодексах Российской Федерации.

Жилищный кодекс Российской Федерации определяет основные принципы реализации конституционного права граждан Российской Федерации на жилище, устанавливает основные начала правового регулирования жилищных отношений при различных видах использования недвижимости в жилищной сфере. Кодекс устанавливает принципы: неприкосновенность жилища; недопустимость произвольного лишения жилья; свободу и выбор места жительства; доступность пользования жилищным фондом; обеспечение сохранности и целевое использование жилищного фонда; безопасность жилья; равенство всех участников жилищных отношений; недопустимых ограничений жилищных прав; свободу выбора способа управления жилищных фондом.

В Гражданском кодексе Российской Федерации в главе 18 его первой части регулируются право собственности на жилые помещения иные права (права членов семьи собственника жилого помещения), дается понятие квартиры как объекта права собственности, указываются основные начала регламентации права собственности на объекты общего пользования многоквартирного дома и организации деятельности товариществ собственников жилья.

Градостроительный кодекс Российской Федерации определяет систему законодательства о градостроительстве, регулирует вопросы обеспечения права граждан на благоприятную среду жизнедеятельности, на выбор места жительства в пределах территории России.

Земельный кодекс Российской Федерации в ст. 85 устанавливает институт зонирования территорий, в котором предусматривается, в частности, установление жилой территориальной зоны в составе земель поселений.

Следует также отметить Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях, в котором в ст. 7.21-7.23 содержатся нормы об ответственности за административные правонарушения в области охраны собственности, и в частности, об ответственности за нарушение правил пользования помещениями, правил содержания и ремонта жилых домов или помещений, нормативов обеспечения населения коммунальными услугами.

В настоящее время в России принято большое количество Федеральных законов, регулирующих правовые отношения в жилищной в сфере. Среди них, например, можно указать следующие законы: закон от 04.07.1991 г. № 1541-1 «О приватизации жилищного фонда в Российской Федерации»; закон от 29.12.2004 г. № 196-ФЗ «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним»; закон от 21.07.2014 г. № 209-ФЗ «О государственной информационной системе жилищно-коммунального хозяйства». Следует отметить, что количество таких законов в связи с совершенствованием правовой системы в области жилищной сферы постоянно увеличивается, а содержание их из-за накопления опыта правоприменительной практики существенного улучшается.

В практике правового регулирования жилищной сферы большое значение имеют Указы Президента России. К ним можно отнести, например, следующие указы: указ от 24.12.1993 г. № 2281 «О разработке и внедрении внебюджетных форм инвестирования жилищной сферы»; указ от 28.04.1997 г. № 425 «О реформе жилищно-коммунального хозяйства в РФ»; указ от 07.05.2012 г. № 600 «О мерах по обеспечению граждан Российской Федерации доступным и комфортным жильем и повышению качества жилищно-коммунальных услуг».

Важное значение в правовой практике имеют Постановления Правительства России. К ним, в частности, относятся постановления: от 3.08.2006 г. № 491 «Об утверждении Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и правил изменения размера платы за содержание жилого помещения в случае оказания услуг и выполнение работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме

ненадлежащего качества и(или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность» (срок действия до 31.12.2027 г.); от 06.05.2011 г. № 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов» (срок действия до 31.12.2027 г.); от 03.04.2013 г. № 290 «О минимальном перечне услуг и работ, необходимых для обеспечения надлежащего содержания общего имущества в многоквартирном доме, и порядке их оказания и выполнения»; от 15.05.2013 г. № 416 «О порядке осуществления деятельности по управлению многоквартирными домами»; от 26.12.2016 г. № 1497 «О вопросах предоставления коммунальных услуг и содержания общего имущества в многоквартирном доме».

Важное значение для регулирования отношений в жилищной сфере имеют акты министерств и ведомств, интересы которых связаны с этой сферой. К ним, например, относятся: приказ Минрегиона России от 10.07.2013 г. № 288 «Об утверждении методических рекомендаций по установлению минимального размера взноса на капитальный ремонт»; приказ Минрегиона России от 14.06.2013 г. № 253 «Об утверждении методических рекомендаций по созданию региональных операторов и обеспечению их деятельности».

В целом все принятые с 1991 года законы, указы Президента, постановления Правительства и подзаконные нормативные и другие акты были направлены на формирование эффективной системы правоотношений в сфере обеспечения устойчивого функционирования новых правил по содержанию приватизированного жилищного фонда. Однако, следует признать, что в настоящее время такая система окончательно не сформирована. В настоящее время еще остаются проблемы, связанные с установлением набора элементов зданий, относящихся к общему имуществу приватизированных зданий, с улучшением управления многоквартирными домами, с внесением платы за жилые помещения и уплаты за капитальный ремонт общего имущества в многоквартирном доме [1], с предоставлением коммунальных услуг, с формированием и использованием фонда капитального ремонта общего имущества в многоквартирном доме, с осуществлением государственного жилищного надзора и муниципального жилищного надзора, с ограничениями в области определения платы за коммунальные услуги и с другими не указанными выше проблемами управления многоквартирными домами [2]. Об этом, в частности, свидетельствует почти ежегодные изменения и дополнения, вносимые в Жилищный кодекс Российской Федерации. Изменения и дополнения в кодексе вносятся на основе принимаемых для этого соответствующих федеральных законов. Список изменений, внесенных в Жилищный кодекс Российской Федерации в период с 2005 года по 2025 год, приведен в табл. 1.

1. Список Федеральных законов, изменяющих Жилищный кодекс в период его действия с 2005 года по 2025 год

№ п/п	Год изменения	Дата изменения	Номер Федерального Закона	№ п/п	Год изменения	Дата изменения	Номер Федерального Закона
1	2005	31.12.2005	№ 199-ФЗ	73	2018	29.07.2018	№ 226-ФЗ
2	2006	18.12.2006	№ 232-ФЗ	74	2018	29.07.2018	№ 267-ФЗ
3	2006	29.12.2006	№ 250-ФЗ	75	2018	29.07.2018	№ 272-ФЗ
4	2006	29.12.2006	№ 251-ФЗ	76	2018	03.08.2018	№ 341-ФЗ
5	2006	29.12.2006	№ 258-ФЗ	77	2018	28.11.2018	№ 434-ФЗ
6	2007	18.10.2007	№ 230-ФЗ	78	2018	28.11.2018	№ 435-ФЗ
7	2008	24.04.2008	№ 49-ФЗ	79	2018	28.11.2018	№ 442-ФЗ
8	2008	13.05.2008	№ 66-ФЗ	80	2018	28.11.2018	№ 451-ФЗ
9	2008	23.07.2008	№ 160-ФЗ	81	2018	25.12.2018	№ 478-ФЗ
10	2009	03.06.2009	№ 121-ФЗ	82	2018	25.12.2018	№ 481-ФЗ
11	2009	27.09.2009	№ 228-ФЗ	83	2018	27.12.2018	№ 522-ФЗ
12	2009	23.11.2009	№ 261-ФЗ	84	2018	27.12.2018	№ 558-ФЗ
13	2009	17.12.2009	№ 316-ФЗ	85	2019	22.01.2019	№ 1-ФЗ
14	2010	04.05.2010	№ 70-ФЗ	86	2019	15.04.2019	№ 59-ФЗ
15	2010	27.07.2010	№ 237-ФЗ	87	2019	15.04.2019	№ 60-ФЗ
16	2010	30.11.2010	№ 328-ФЗ	88	2019	29.05.2019	№ 116-ФЗ

Продолжение табл. 1

№ п/п	Год изменения	Дата изменения	Номер Федерального Закона	№ п/п	Год изменения	Дата изменения	Номер Федерального Закона
17	2011	04.06.2011	№ 123-ФЗ	89	2019	26.07.2019	№ 214-ФЗ
18	2011	18.07.2011	№ 242-ФЗ	90	2019	01.10.2019	№ 328-ФЗ
19	2011	30.11.2011	№ 349-ФЗ	91	2019	02.12.2019	№ 390-ФЗ
20	2011	03.12.2011	№ 383-ФЗ	92	2019	02.12.2019	№ 391-ФЗ
21	2011	06.12.2011	№ 395-ФЗ	93	2019	27.12.2019	№ 473-ФЗ
22	2011	06.12.2011	№ 401-ФЗ	94	2019	27.12.2019	№ 478-ФЗ
23	2011	07.12.2011	№ 417-ФЗ	95	2020	28.01.2020	№ 4-ФЗ
24	2012	01.04.2012	№ 26-ФЗ	96	2020	06.02.2020	№ 13-ФЗ
25	2012	05.06.2012	№ 55-ФЗ	97	2020	24.04.2020	№ 128-ФЗ
26	2012	25.06.2012	№ 93-ФЗ	98	2020	25.05.2020	№ 156-ФЗ
27	2012	29.06.2012	№ 96-ФЗ	99	2020	31.07.2020	№ 277-ФЗ
28	2012	29.02.2012	№ 15-ФЗ	100	2020	31.07.2020	№ 287-ФЗ
29	2012	28.07.2012	№ 133-ФЗ	101	2020	27.10.2020	№ 351-ФЗ
30	2012	25.12.2012	№ 271-ФЗ	102	2020	22.12.2020	№ 441-ФЗ
31	2013	05.04.2013	№ 38-ФЗ	103	2020	30.12.2020	№ 494-ФЗ
32	2013	02.07.2013	№ 185-ФЗ	104	2021	30.04.2021	№ 113-ФЗ
33	2013	28.12.2013	№ 417-ФЗ	105	2021	30.04.2021	№ 120-ФЗ
34	2014	04.06.2014	№ 152-ФЗ	106	2021	11.06.2021	№ 170-ФЗ
35	2014	28.06.2014	№ 182-ФЗ	107	2021	11.06.2021	№ 214-ФЗ
36	2014	28.06.2014	№ 200-ФЗ	108	2021	28.06.2021	№ 229-ФЗ
37	2014	21.07.2014	№ 217-ФЗ	109	2021	30.12.2021	№ 476-ФЗ
38	2014	21.07.2014	№ 255-ФЗ	110	2022	16.04.2022	№ 100-ФЗ
39	2014	21.07.2014	№ 263-ФЗ	111	2022	01.05.2022	№ 124-ФЗ
40	2014	01.12.2014	№ 419-ФЗ	112	2022	11.06.2022	№ 165-ФЗ
41	2014	29.12.2014	№ 458-ФЗ	113	2022	28.06.2022	№ 217-ФЗ
42	2014	29.12.2014	№ 485-ФЗ	114	2022	14.07.2022	№ 310-ФЗ
43	2014	31.12.2014	№ 499-ФЗ	115	2022	07.10.2022	№ 378-ФЗ
44	2015	29.06.2015	№ 176-ФЗ	116	2022	21.11.2022	№ 463-ФЗ
45	2015	13.07.2015	№ 236-ФЗ	117	2022	29.12.2022	№ 614-ФЗ
46	2015	03.11.2015	№ 307-ФЗ	118	2023	18.03.2023	№ 71-ФЗ
47	2015	28.11.2015	№ 358-ФЗ	119	2023	28.04.2023	№ 150-ФЗ
48	2015	29.12.2015	№ 399-ФЗ	120	2023	24.06.2023	№ 273-ФЗ

Окончание табл. 1

№ п/п	Год изменения	Дата изменения	Номер Федерального Закона	№ п/п	Год изменения	Дата изменения	Номер Федерального Закона
49	2015	29.12.2015	№ 404-ФЗ	121	2023	24.06.2023	№ 276-ФЗ
50	2016	31.01.2016	№ 7-ФЗ	122	2023	27.07.2023	№ 365-ФЗ
51	2016	02.06.2016	№ 175-ФЗ	123	2023	04.08.2023	№ 433-ФЗ
52	2016	03.07.2016	№ 267-ФЗ	124	2023	04.08.2023	№ 434-ФЗ
53	2016	03.07.2016	№ 304-ФЗ	125	2023	04.08.2023	№ 441-ФЗ
54	2016	03.07.2016	№ 355-ФЗ	126	2023	19.10.2023	№ 503-ФЗ
55	2016	03.07.2016	№ 361-ФЗ	127	2023	14.11.2023	№ 532-ФЗ
56	2016	03.07.2016	№ 372-ФЗ	128	2023	27.11.2023	№ 561-ФЗ
57	2016	06.07.2016	№ 374-ФЗ	129	2023	12.12.2023	№ 592-ФЗ
58	2016	28.12.2016	№ 469-ФЗ	130	2023	12.12.2023	№ 593-ФЗ
59	2016	28.12.2016	№ 498-ФЗ	131	2023	19.12.2023	№ 601-ФЗ
60	2017	01.07.2017	№ 149-ФЗ	132	2023	19.12.2023	№ 602-ФЗ
61	2017	29.07.2017	№ 217-ФЗ	133	2023	19.12.2023	№ 608-ФЗ
62	2017	29.07.2017	№ 257-ФЗ	134	2023	25.12.2023	№ 627-ФЗ
63	2017	29.07.2017	№ 258-ФЗ	135	2023	25.12.2023	№ 662-ФЗ
64	2017	29.07.2017	№ 279-ФЗ	136	2024	14.02.2024	№ 14-ФЗ
65	2017	20.12.2017	№ 399-ФЗ	137	2024	14.02.2024	№ 17-ФЗ
66	2017	20.12.2017	№ 416-ФЗ	138	2024	23.03.2024	№ 55-ФЗ
67	2017	29.12.2017	№ 462-ФЗ	139	2024	06.04.2024	№ 67-ФЗ
68	2017	31.12.2017	№ 485-ФЗ	140	2024	22.04.2024	№ 84-ФЗ
69	2017	31.12.2017	№ 488-ФЗ	141	2024	08.08.2024	№ 232-ФЗ
70	2017	31.12.2017	№ 503-ФЗ	142	2024	08.08.2024	№ 238-ФЗ
71	2018	03.04.2018	№ 59-ФЗ	143	2024	13.12.2024	№ 463-ФЗ
72	2018	04.06.2018	№ 134-ФЗ	144	2025	03.02.2025	№ 6-ФЗ

В тоже время, несмотря на постоянные изменения, вносимые в кодекс, еще имеется целый ряд проблем, требующих своего решения. Основными нерешенными проблемами остаются необходимость создания устойчивой правовой основы управления приватизированным жилищным фондом и ее неукоснительного выполнения на региональном уровне и разработка мероприятий по мониторингу технического состояния зданий приватизированного жилищного фонда [3, 4]. Последнее во многом также коснется пересмотра стандартов по оценке состояния многоквартирных жилых домов перед их капитальным ремонтом [5].

В целом анализ имеющихся в настоящее время законодательных и нормативных документов в современной правовой практике по управлению приватизированным жилищным фондом страны показывает необходимость дальнейшего развития правового регулирования, направленного на обеспечение целевого использования жилищного фонда, а именно, на предотвращение необоснованного сноса жилых домов, перевода жилых помещений под другие назначения, на установление более строгого государственного и межмуниципального контроля за использованием и состоянием жилых зданий и за работой управляющих жилым фондом организаций.

Список использованных источников

1. К вопросу оценки затрат на капитальный ремонт общего имущества приватизированного жилищного фонда / О. А. Жоголева, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, М. С. Нехорошева // Современные проблемы материаловедения : сб. науч. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф., Липецк, 27 февраля 2025 года. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2025. – С. 199 – 206.
2. Кислякова, Т.А. Проблемы управления многоквартирными домами и возможные пути их решения / Т. А. Кислякова, И. В. Матвеева, О. А. Жоголева // Современная наука: теория, методология, практика : материалы V Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. – Тамбов, 2023. – С. 128–129.
3. Матвеева, И. В. Проблемы организации и проведения капитальных ремонтов общего имущества многоквартирных домов / И. В. Матвеева, Э. Н. Карпов, Т. А. Кислякова // Наука и инновации в строительстве : сб. докл. VII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 170-летию В. Г. Шухова. Белгород, 2023. – С. 61 – 64.
4. Мониторинг технического состояния зданий при определении видов и объемов ремонта многоквартирного жилищного фонда / В. И. Леденев, И. В. Матвеева, Т. А. Кислякова, М. С. Нехорошева // Современные проблемы материаловедения : сб. науч. тр. V Междунар. науч.-практ. конф. – Липецк, 2024. – С. 202 – 209.
5. Кислякова, Т. А. К вопросу о необходимости пересмотра стандартов по оценке технического состояния многоквартирных жилых домов перед проведением их капитального ремонта / Т. А. Кислякова, М. С. Нехорошева, О. А. Жоголева // Строительство. Архитектура. Дизайн : материалы Пятой Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, Курск, 25 апреля 2024 года. – Курск. 2024. – С. 81 – 85.

УДК 691: Строительные материалы и изделия
67.11.37: Деревянные конструкции

СЛОЖНОСТИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КРУЖАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ LVL: УЧЕТ НЕЛИНЕЙНОСТИ И АНИЗОТРОПИИ МАТЕРИАЛА

Котова Елизавета Владимировна
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», аспирант 1 курса кафедры «Металлических и деревянных конструкций»
e-mail: elizaveta-kotova_2000@mail.ru

Данилов Егор Владимирович
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлических и деревянных конструкций»
e-mail: sleepme@mail.ru

Статья посвящена вопросам численного моделирования кружальных конструкций из LVL с учетом нелинейных и анизотропных свойств материала. Были рассмотрены некоторые сложности при исследования данного материала, а именно – необходимость учета ортотропных свойств древесного материала, а также зависимость прочностных и деформационных характеристик от направления волокон и радиуса кривизны при изгибе. Особое внимание уделяется выбору адекватных моделей материала и интерпретации результатов численного анализа. В статье приведена сравнительная характеристика моделирования в разных программах, определены как достоинства, так и недостатки той или иной расчетной программы. Работа подчеркивает важность комплексного подхода к моделированию LVL-конструкций и может быть полезна для инженеров и исследователей, занимающихся проектированием деревянных конструкций.

Введение. Современная архитектура и строительство все больше ориентируется на экологичность, быстровозводимость и выразительные эстетические решения. В проектирования широко используются инновационные древесные материалы, среди которых особое место занимает клееный шпон (LVL) благодаря своей высокой прочности, стабильности геометрии. Одной из перспективных форм применения LVL являются кружальные конструкции, которые обеспечивают эффективное распределение нагрузок и архитектурную выразительность. Однако сложное напряженно-деформированное состояние таких конструкций, в сочетании с анизотропными и нелинейными свойствами материала, требуют высокоточного численного моделирования.

Традиционные методы расчета [1 – 3] не позволяют в полной мере учитывать специфические особенности LVL, что может привести в неточной оценке несущей способности и деформативности кружальных LVL-конструкций. В связи с этим разработка и совершенствование подходов к моделированию таких конструкций приобретает особую значимость. Актуальность исследования обусловлена как научной задачей повышения точности расчетов, так и практической необходимостью обеспечения надежности и безопасности при проектировании современных деревянных конструкций.

Пробные исследования. На первоначальном этапе работы были проведены экспериментальные испытания криволинейных образцов из LVL с целью определения ключевых механических характеристик материала, необходимых для последующего численного моделирования. В рамках эксперимента исследовались образцы с углами наклона волокон 50° и 75°. Испытательная установка, использованная в ходе эксперимента представлена на рис. 1.

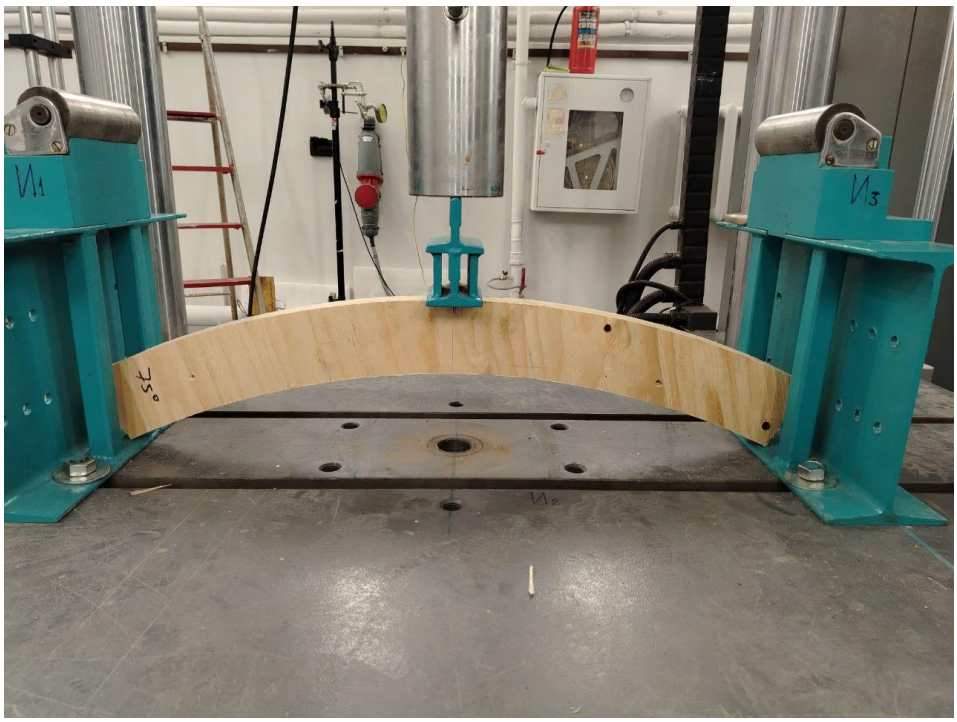
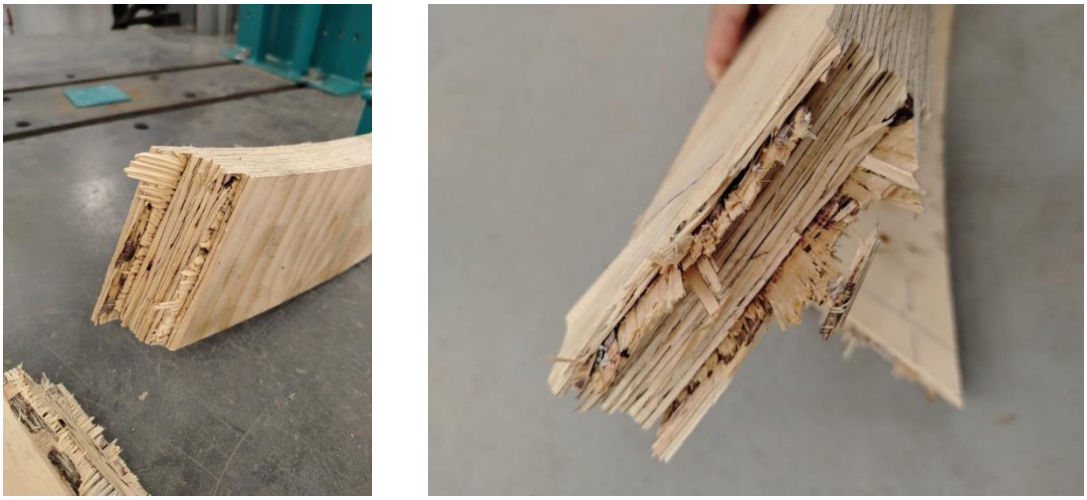


Рис. 1. Испытательная установка при проведении эксперимента на изгиб

В результате эксперимента были зафиксированы предельные значения напряжений, нагрузок и перемещений, которые сведены в табл. 1, а также определен характер разрушения образцов, представленный на рис. 2.

1. Результаты экспериментального исследования

Образец Б1 (75°)		
Б1 (75°)	Пик напряжения	0,93 МПа
Б1 (75°)	Макс. Нагрузка	3,654 кН
Б1 (75°)	Макс. Перемещение	16,28 мм
Образец Б2 (50°)		
Б2 (50°)	Пик Напряжений	1,146 МПа
Б2 (50°)	Макс. Нагрузки	8,253 кН
Б2 (50°)	Макс. Перемещения	17,6 мм



а) *б*)

Рис. 2. Характер разрушения криволинейных LVL-образцов:
а – LVL-образец с углом наклона волокон 75°; *б* – LVL-образец с углом наклона волокон 50°

Численное исследование конструкции из LVL. На следующем этапе был выполнен численный эксперимент в программе SCAD LVL-образцов с поперечным сечением 39×100 мм. Рассматривались различные варианты моделирования криволинейных конструкций с целью оценки влияния геометрических параметров – в частности, радиуса кривизны и угла наклона волокон – на напряженно-деформированное состояние (НДС) элементов.

Был выполнен расчет криволинейной арки, в ходе которого получены распределения напряжений при различных значениях радиуса кривизны и угла наклона волокон (рис. 3).

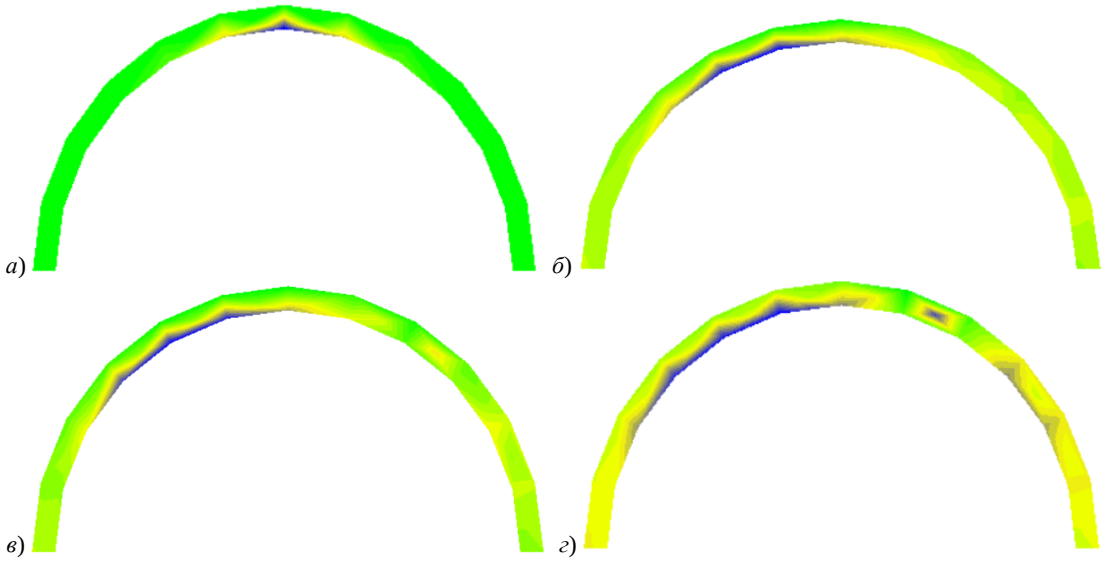


Рис. 3. Схемы распределния напряжений в криволинейной арки:
а – при α = 0°; *б* – при α = 30°; *в* – при α = 45°; *г* – при α = 60°

Полученные результаты сопоставлялись с нормативными значениями допустимых напряжений при растяжении, равными 0,45 МПа. Результаты численного расчета представлены в табл. 2, значения выделенные красным цветом, свидетельствуют о наличие опасных участков в зоне растяжения. Для обеспечения требуемой надежности конструкции рекомендуется либо увеличение количества слоев балки, либо дополнительное усиление в зонах максимальной концентрации напряжений.

2. Результаты численного расчета криволинейной арки из LVL в зависимости от угла наклона волокон и радиуса кривизны

Угол наклона волокон	Напряжение, МПа				
При радиусе кривизны – 1000 мм					
	2кН	**4кН**	**6кН**	**8кН**	**10кН**
0°	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2
30°	0,16	0,33	0,45	0,67	0,82
45°	0,27	0,46	0,69	0,93	1,14
60°	0,24	0,45	0,68	0,92	1,12
При радиусе кривизны – 1500 мм					
0°	0,04	0,09	0,13	0,17	0,23
30°	0,17	0,37	0,51	0,70	0,91
45°	0,42	0,59	0,85	1,17	1,27
60°	0,37	0,55	0,79	1,09	1,19
При радиусе кривизны – 2000 мм					
0°	0,04	0,10	0,13	0,18	0,25
30°	0,17	0,40	0,52	0,72	1,00
45°	0,46	0,73	1,01	1,40	1,40
60°	0,40	0,66	0,91	1,26	1,26

Сложности моделирования кружальных конструкций из LVL. При расчете криволинейной конструкции численным методом в программном комплексе SCAD, были выявлены некоторые сложности моделирования, которые в дальнейших исследованиях могут значительно сказаться на точности получаемых результатов.

Сложности численного моделирования нелинейного поведения материала. LVL, как и другие древесные материалы, может проявлять нелинейное поведение под нагрузкой, особенно при превышении предела текучести. Это требует использования сложных моделей, которые могут учитывать, как упругие, так и пластические деформации. Нелинейные модели требуют более сложных численных методов, таких как метод конечных элементов (МКЭ), что увеличивает вычислительные затраты и время моделирования.

При моделировании анизотропии материала. Древесина и ее производные, такие как LVL, обладают анизотропными свойствами, что означает, что их механические характеристики зависят от направления нагрузки относительно волокон. Это требует разработки специальных моделей, которые могут учитывать различные механические свойства в разных направлениях. Необходимость в точном определении механических свойств для различных направлений (например, вдоль и поперек волокон) усложняет процесс моделирования.

В настоящее время в научной литературе представлено несколько исследований и отчетов, посвященных моделированию элементов из LVL и деревянных арочных конструкций. Одним из таких исследований является А. Х. Юдашева [16], который провел анализ гнутоклееной балки малого радиуса в программном комплексе SCAD, сопоставляя полученные поля напряжений с классическим решением, предложенным С. Г. Лехницким.

Лехницкий С. Г. [10] сформулировал теоретическую модель чистого изгиба криволинейного бруса с учетом анизотропии древесного материала, заложив основы для последующего численного анализа.

В магистерской работе Ek и Norbäck (2020, Chalmers University of Technology) показано, что классическая теория ламинирования недостаточно точно описывает жесткостные характеристики LVL при больших толщинах. В рамках исследования была разработана трехмерная конечно-элементная модель (3D FEM), учитывающая вариабельность свойств отдельных слоев шпона.

Таким образом, большинство существующих публикаций [4, 15] сосредоточены на задачах линейной упругости, сравнении численных и аналитических решений, а также на отдельных аспектах устойчивости конструкций из LVL. Специализированные исследования, посвященные моделированию именно LVL-арок, встречаются крайне редко. Часто расчетные данные заимствуются по аналогии с гнутоклееными конструкциями, а нормативная база основывается преимущественно на положениях европейских стандартов.

Проведя сравнительный анализ двух вычислительных программ SCAD и ANSYS было выявлено, что для решения задач численного моделирования и расчета конструкций из LVL рекомендуется использовать специализированное программное обеспечение, которое поддерживает учет анизотропии и нелинейности, такое как ANSYS.

Заключение. В работе рассмотрены ключевые сложности, возникающие при численном моделировании кружальных конструкций из LVL, связанных с анизотропными и нелинейными свойствами материала. Проведенные экспериментальные исследования позволили определить реальные механические характеристики изогнутых элементов, необходимые для построения адекватных расчетных моделей. Численный анализ показал значительное влияние геометрических параметров – радиуса кривизны и угла ориентации волокон – на напряженно-деформированное состояние конструкций.

Результаты моделирования свидетельствуют о необходимости точного учета структуры материала и специфики его работы в условиях изгиба и растяжения. Было выявлено, что при определенных сочетаниях параметров возникают зоны с недопустимыми уровнями напряжений, что требует дополнительных инженерных решений – усиления конструкции или изменения ее слоистой конфигурации.

Проведенное исследование подчеркивает важность применения продвинутых численных методов и многоосевых моделей материала при проектировании деревянных арочных конструкций из LVL. Полученные данные могут быть использованы для повышения точности расчетов, оптимизации конструкции и обеспечения ее надежности в эксплуатации.

Список использованных источников

1. ГОСТ 33124–2021. Брус многослойный клееный из шпона. Технические условия. – М. : Стройиздат, 2021. – 20 с.

2. ГОСТ 16483.0–89. Древесина. Общие требования при физико-механических испытаниях. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 18 с.

3. ГОСТ Р 57790–2017. Конструкции деревянные несущие. Методы испытаний на прочность и деформативность. – М. : Изд-во стандартов., 2017. – 18 с.

4. Гордон, Э. Я. Влияние начальных напряжений от гнутья на работу криволинейных клееных элементов при сжатии с изгибом : автореф. канд. дис. / Э. Я. Гордон. – М. : МИСИ, 1973.

5. Дмитриев, И. К. Исследование работы традиционной кружальной арки с вариантом ее усиления / И. К. Дмитриев // Строительство и реконструкция, 2020. – № 4. – С. 29 – 37.

6. Дмитриев, И. К. Исследование работы стержне-вантовой гирлянды / И. К. Дмитриев // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 11. – С. 53 – 55.

7. Дмитриев, И. К. Экспериментальное исследование арочной гирлянды / И. К. Дмитриев // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 10. – С. 58 – 61.

8. Лебедев, Ю. С. Пространственные конструктивные системы бионического типа: опыт применения в строительстве / Ю. С. Лебедев, В. Г. Темнов. – Л. : ЛДНТП, 1980. – 26 с.
9. Леонтьев, Н. Я. Техника испытания древесины / Н. Я. Леонтьев. – М. : Лесн. пром-сть, 1970. – 469 с.
10. Лехницкий, С. Г. Теория упругости анизотропного тела / С. Г. Лехницкий. – Наука, 1977.
11. Папулова, И. Е. Механические свойства и испытания древесины : учебное пособие / И. Е. Папулова. – Киров : ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2014. – 85 с.
12. СП 64.13330–2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. Стройиздат, 2017. – 89 с.
13. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакции яСНиП 2.01.07-85*. – М., 2016.
14. ЦНИИСК им. Кучеренко В. А. Деревообрабатывающая промышленность / ЛВЛ высокопрочный многослойный брус, 1952 – 52 с.
15. Шмидт, А. Б. Исследование работы криволинейных участков большой кривизны в клеевых деревянных конструкциях : автореф. канд. дис. / А. Б. Шмидт. – Л. : ЛИСИ, 1980.
16. Юдашев, А. Х. Особенности работы клееных деревянных конструкций в условиях чистого изгиба / А. Х. Юдашев // Вопросы науки и образования. – 2019. – № 8(20).

УДК 693.9
38.55: Деревянные конструкции

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ АНКЕРНЫХ КРЕПЛЕНИЙ ДЕРЕВЯННОЙ КАРКАСНОЙ СТЕНОВОЙ ПАНЕЛИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Кузнецов Владислав Андреевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», аспирант
e-mail: kuznetsov_vladislav_andreevich@mail.ru

Кузнецова Юлия Ивановна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», аспирант
e-mail: seregina-juliv@rambler.ru

Федорова Элина Владимировна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: Elinaaf@yandex.ru

Сламихина Анна Юрьевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: Elinaaf@yandex.ru

Сузюмов Александр Владимирович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: volunteers_tstu@mail.ru

Проведено лабораторное испытание на оценку прочности креплений каркасной деревянной стеновой панели размерами 1196×3224 мм [1 – 6] с обшивкой из ЦСП к опорному брусу и фундаменту. Данное испытание демонстрирует работоспособность анкерных болтов при выходе каркасной панели из плоскости.

Для испытания использовали: ручную лебедку и динамометр на растяжение ДПУ-20-1 на 2 тонны (20 кН). Схема испытания показана на рис. 1.

Испытуемая панель дополнительно усилена уголками 105×105×90×2,0; 40×40×120×2,0 (рис. 2).

Узел установки испытуемой панели на силовой пол представлен на рис. 3.

Зависимость прогиба испытуемой панели от нагрузки представлена на рис. 4.

По СП 20.13330.2016 «Нагрузки м воздействия» [7]; приложение Д.2.4 «Горизонтальные и предельные перемещения и прогибы зданий, отдельных элементов конструкций и опор конвейерных галерей от ветровой нагрузки, крена фундаментов и температурных климатических воздействий», таблица Д.4; п. 3 «Одноэтажные здания (с самонесущими стенами) с высотой этажа менее 6 м» предельный прогиб составляет I/120 = 1,5/120 = = 12,5 мм.

Из рисунка 4 видно, что такая величина прогиба свободно стоящей панели получается при нагрузке $P_{факт}$ = 160 кгс = 1,6 кН. Для сравнения этой нагрузки с ветровой ее необходимо перевести в кПа (данный перевод выполняется интерполяцией через сравнение моментов на опоре):

$$M_{факт} = P \cdot l = 1{,}57 \cdot 1{,}5 = 2{,}35 \text{ кН·м}.$$

Рассчитаем $M_{расч}$ от нагрузки q = 1,5 кПа:

$$M_{расч} = ql_2/2 = (1{,}5 \cdot 3{,}22)/2 = 7{,}68 \text{ кН·м};$$

$$M_{факт}\ (кПа) = 2{,}35\ (кН{\cdot}м);$$

$$1{,}5\ (кПа) = 7{,}68\ (кН{\cdot}м);$$

$$M_{факт} = (2{,}35{\cdot}1{,}5)/7{,}68 = 0{,}46\ кПа\ (46\ кгс/м^2).$$

Сравним $P_{факт}$ с ветровой нагрузкой третьего ветрового района. Согласно СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»; таблица 11.1 «Ветровые районы» ветровая нагрузка III ветрового района составляет $W_0 = 0{,}38$ кПа

$$P_{факт} = (0{,}46\ кПа) > W_0 = (0{,}38\ кПа).$$

Вывод по прогибу: Испытуемая панель соответствует требованиям СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» по предельному прогибу «Одноэтажные здания (с самонесущими стенами» с высотой этажа менее 6 м» при ветровой нагрузке третьего ветрового района.

Расчет по прочности:

Согласно СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»; таблица 11.1 «Ветровые районы», ветровая нагрузка III ветрового района составляет $W_0 = 0{,}38$ кПа.

Максимальная нагрузка, при разрушении панели составляет $P_{факт} = 350$ кгс = 3,5 кН. Для сравнения этой нагрузки с ветровой ее необходимо перевести в кПа:

$$M_{факт} = P{\cdot}l = 3{,}5{\cdot}1{,}5 = 5{,}25\ кН{\cdot}м.$$

Рассчитаем $M_{расч}$ от нагрузки $q = 1{,}5$ кПа:

$$M_{расч} = ql_2/2 = (1{,}5{\cdot}3{,}22)/2 = 7{,}68\ кН{\cdot}м;$$

$$M_{факт}\ (кПа) = 5{,}25\ (кН{\cdot}м);$$

$$1{,}5\ (кПа) = 7{,}68\ (кН{\cdot}м);$$

$$M_{факт} = (5{,}25{\cdot}1{,}5)/7{,}68 = 1{,}02\ кПа\ (102\ кгс/м^2)$$

Сравним $P_{факт}$ с ветровой нагрузкой третьего ветрового района. Согласно СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»; таблица 11.1 «Ветровые районы» ветровая нагрузка III ветрового района составляет $W_0 = 0{,}38$ кПа

$$P_{факт} = (1{,}02\ кПа) > W_0 = (0{,}38\ кПа).$$

Вывод по прочности: отдельно стоящая панель сохранила устойчивость при нагрузке, превышающей нормативную ветровую нагрузку III ветрового района в 2,68 раза.

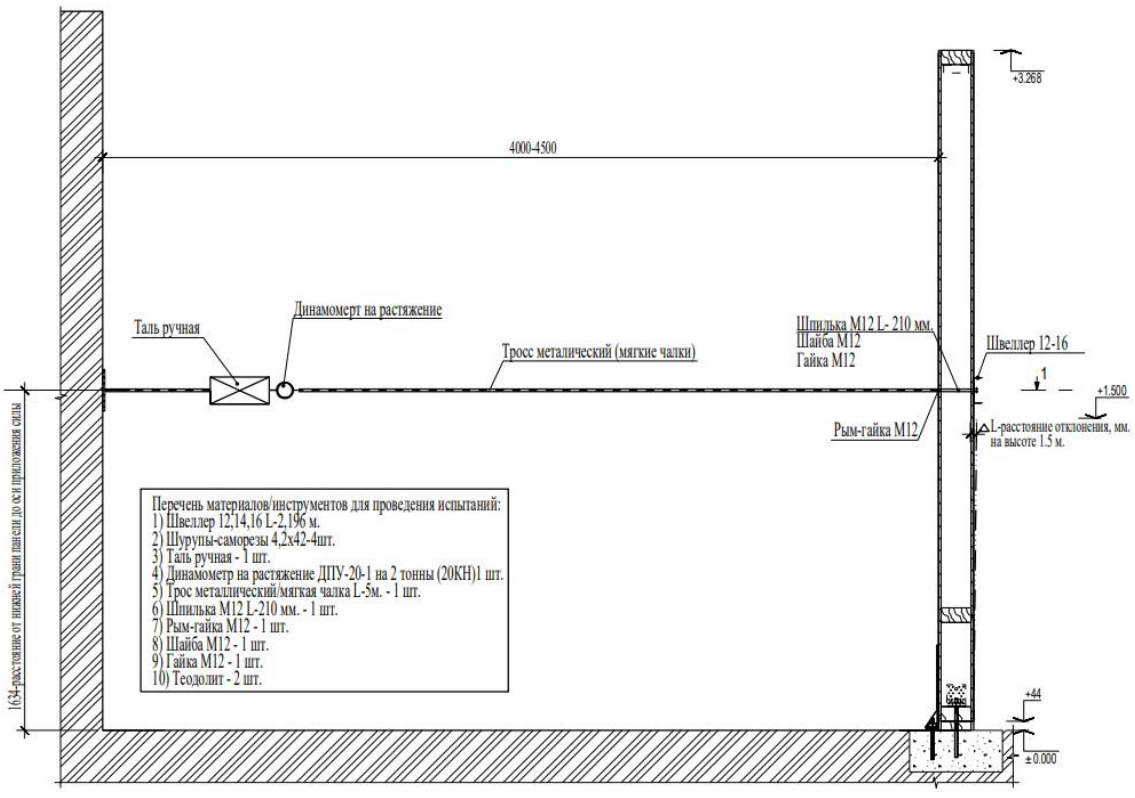


Рис. 1. Схема испытания стеновой деревянной панели

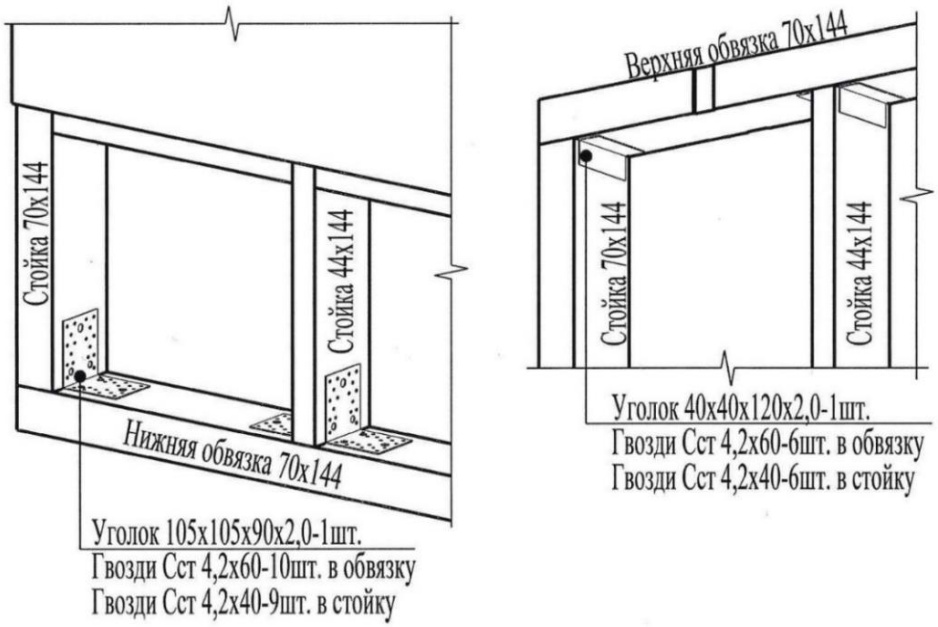


Рис. 2. Усиление панели уголками

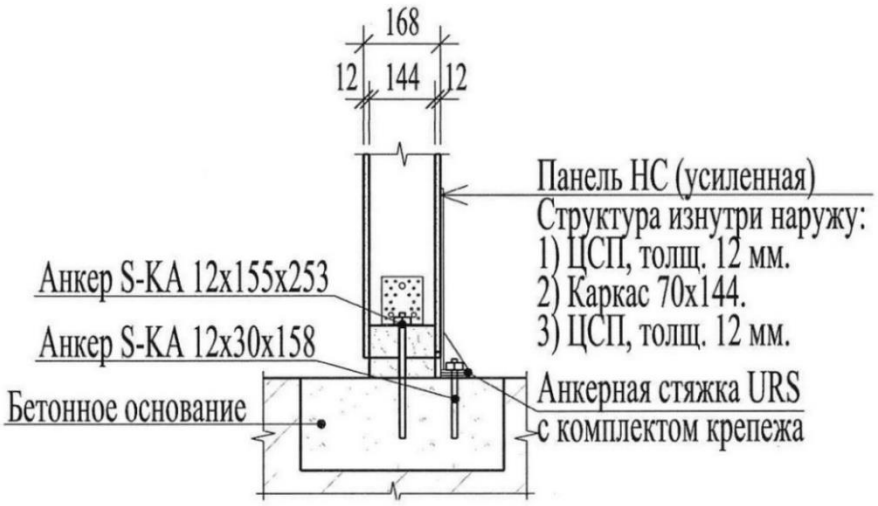


Рис. 3. Узел установки испытуемой панели

Экспериментальные данные испытания панели, размерами 1196×3224 мм, представлены в табл. 1.

1. Экспериментальные данные испытания панели

№	Нагрузка, кгс	Расстояние между неподвижной опорой и панелью на высоте 1500 мм, мм	Отклонение	
			От нулевой точки, мм	Между шагами нагрузки, мм
1	50 (нулевая точка)	342	0	
2	100	349	7	7
3	200	361	19	12
4	300	381	39	20
5	350	454	112	73
6	350	533	191	79
7	310	583	241	50
8	0	537	195	–46

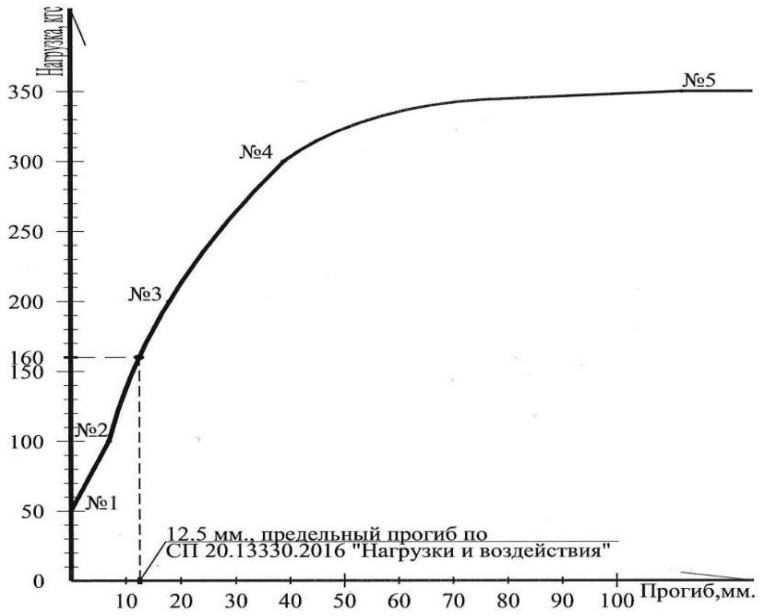


Рис. 4. График прогиба испытуемой панели

Список использованных источников

1. ГОСТ 8486–86. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия. Введ. – 01.01.1998. – М., 1986. – 6 с.

2. Методологические основы поиска рационального решения деревянных панельных конструкций : учебное пособие / В. И. Жаданов, Д. А. Украинченко, И. С. Инжутов, и др. – Оренберг–Красноярск, 2015. – 295 с.

3. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80.

4. Ярцев, В. П. Теплофизические и прочностные свойства элементов каркасно-панельного здания : учебное пособие / В. П. Ярцев, В. А. Кузнецов. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021.

5. Ивашкина, Е. Д., Изменение формы устойчивости каркасной стеновой панели с разными горизонтальными балками / Е. Д. Ивашкина, В. А. Кузнецов // Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. :сб. науч. тр. 18 февраля 2022 г. – Липецк : Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2022. – С. 84 – 90.

6. Ивашкина, Е. Д. Влияние различного вида нагружений на изменение формы устойчивости каркасной стеновой панели / Е. Д. Ивашкина, В. А. Кузнецов, В. П. Ярцев // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе : материалам X Междунар. науч.-практ. конф. ; под ред. Ю. Г. Иващенко. – Саратов : Сарат. гос. техн. ун-т, 2022. – С. 222 – 227.

7. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Введ. – 04.06.2017. – М., 2016. – 95 с.

УДК 614.849
91.92.31: Пожарная опасность веществ и материалов. Снижение пожарной опасности. Огнезащита.

ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ САМОВОЛЬНОМ УТЕПЛЕНИИ ФАСАДОВ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ И УЯЗВИМОСТЬ ОКОННЫХ БЛОКОВ

Лазарев Александр Александрович
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, кандидат педагогических наук, кандидат технических наук, начальник кафедры правового обеспечения надзорной деятельности
(*в составе УНК «Государственный надзор»*)
e-mail: *kpond@edufire37.ru*

Федотов Илья Юрьевич
Главное управление МЧС России по Липецкой области,
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, адъюнкт
e-mail: *fedotovnow@yandex.ru*

За первый квартал 2025 года, по данным автоматизированной аналитической системы МЧС России, на объектах жилого назначения произошло 16 455 пожаров, из них в многоквартирных жилых домах высотой до 28 метров – 5939 пожаров, многоквартирных жилых домах высотой до 50 метров – 827 пожаров, одноквартирных и блокированных жилых домах – 8083 пожара. Сложившаяся ситуация с пожарами в жилом секторе в Центральном федеральном округе в первом квартале 2025 года выглядит следующим образом.

1. Статистика пожаров в Центральном федеральном округе за I квартал 2025 года

Область	Общее количество пожаров	Количество пожаров в жилых зданиях
Белгородская область	365	112
Брянская область	696	122
Владимирская область	757	145
Воронежская область	1186	218
Ивановская область	683	127
Калужская область	384	81
Костромская область	219	66
Курская область	523	113
Липецкая область	860	108
Москва	1609	641
Московская область	3563	887
Орловская область	601	62
Рязанская область	507	97
Смоленская область	628	113
Тамбовская область	574	90
Тверская область	650	195
Тульская область	489	98
Ярославская область	742	189

Приведенные статистические данные указывают на недостаточное обеспечение пожарной безопасности в жилом секторе, несмотря на современное развитие строительной отрасли и применения новых отделочных материалов. Отчасти это связано с тем, что контрольные (надзорные) мероприятия в рамках федерального государственного пожарного надзора в жилых помещениях не планируются и не проводятся [2, 3].

По-настоящему массовым типовым жильем на территории Российской Федерации можно считать многоквартирные панельные дома. Панельный многоквартирный дом представляет из себя объект защиты, собранный из железобетонных плит. Данная технология строительства заключается в сокращенных сроках возведения. Многоквартирные панельные дома обладают рядом положительных качеств. Современные проектировщики делают конструкции блок-секций сложнее, соединяют их друг с другом новыми способами, в стены добавляются новые материалы с учетом теплопроводности, работают над улучшением планировки квартир. При производстве железобетонных плит исключается брак ввиду человеческого фактора, так как технология производства автоматизирована. Панельные дома отнесены к рыночному сегменту доступного жилья. Длительные период эксплуатации – от 50 лет. Экономичный отделочный ремонт ввиду гладкой поверхности железобетонной плиты. Устойчивость к коррозии и механическим повреждениям. Наряду с преимуществами панельных многоквартирных домов к одному из основных недостатков можно отнести плохую звуковую и тепловую изоляцию ввиду небольшой толщины стен [4].

Популярное решение по утеплению квартиры является утепление стен многоквартирного дома с наружной стороны. Зачастую собственники делают это в индивидуальном порядке и такие появляющиеся самостоятельно отделанные части фасадов многоквартирных домов можно встретить практически в любом городе (рис. 1).



Рис. 1. Индивидуально утепленная часть фасада панельного многоквартирного дома

Однако не все собственники квартир соблюдают требования нормативно-правовых актов при утеплении и восстановлении теплозащиты своей квартиры. В соответствии с [5] ремонт фасада многоквартирного панельного дома бывает двух видов. Текущий – с устранением небольших неисправностей, выявленных при повседневной эксплуатации здания, при котором ремонтируемый элемент не выбывает из эксплуатации, а его технические характеристики остаются прежними. Капитальный – это ремонт, при котором восстанавливаются утраченные изначальные технические характеристики элементов дома при сохранении основных технико-экономических показателей. Согласно нормативно-правовым актам, стены многоквартирного панельного жилого дома будут входить в состав общего имущества собственников квартир (помещений) и за надлежащий ремонт и состояние стен отвечает управляющая компания дома. В соответствии с п. 4.3.1 правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда управляющая компания обеспечивает надлежащее акустическое, теплоизоляционное и водоизоляционное свойство и характеристики наружных стен, а также других элементов здания, поддерживает внутри дома заданный режим температуры.

Теплозащиту дефектных участков стен обеспечивают путем утепления части ограждающей конструкции дополнительным утепляющим слоем, а также восстановлением герметичных свойств стыковых соединений, достигая требуемых значений показателя теплопередачи. Однако провести такой объем работ – это затратное мероприятие, на которое не у всех управляющих организаций имеются средства. А в разрезе капитального ремонта получить согласие всех собственников на трату финансов с общего счета для утепления определенной части наружной стены затруднительно ввиду имеющихся остальных общедомовых проблем. Об этой проблеме в том числе свидетельствует доклад председателя Верховного Суда Российской Федерации И. Л. Подносовой, так, по итогам 2024 года более одной трети от гражданских дел составляют споры, вытекающие из жилищного законодательства. В прошлом году суды рассмотрели свыше 10 млн дел этой категории [6].

Указанное положение дел подводит собственника квартиры к самостоятельному проведению мероприятий по утеплению части фасада жилого дома. Для доступа к поверхности внешней стены используют промышленное альпинистское снаряжение, а для нижних этажей могут применяться коленчатые подъемники, строительные леса и лестницы. В случаях, когда доступ к поверхности стены по высоте доступный, собственники жилья предпринимают попытки по самостоятельному утеплению. В иных ситуациях находят коммерческие предложения на рынке строительных услуг и частников.

На этом этапе возникают основные сложности с выбором утеплителя и соблюдением требований пожарной безопасности. В соответствии со ст. 87 Технического регламента [7] на объектах защиты I – III степеней огнестойкости, за исключением малоэтажных жилых домов (до трех этажей включительно) отвечающих требованиям градостроительного законодательства, не допускается выполнять отделку внешних поверхностей наружных стен из материалов групп горючести Г2-Г4, а фасадные системы не должны распространять горение.

Самый бюджетный используемый вариант – пенопласт. Также применяется пенополистирол, минеральная вата, пеностекло. С точки зрения пожарной безопасности классическим пенопластом утепление недопустимо. Так, ст. 13 технического регламента определено, что для горючих строительных материалов, которые относятся к группам Г1 – Г2, при испытании не допускается образование капель расплава, и соответственно, данный материал не будет соблюдать вышеуказанное требование ст. 87 по группе горючести. Наиболее популярный используемый пенополистирол – ППС 16 или ППС 16Ф – пенополистирол самозатухающий для фасадов с плотностью 16 кг/м^3. Пенополистирол самозатухает за счет того, что в своем составе имеет антипирены. Данный материал характеризуется низким коэффициентом теплопроводимости и составляет 0,036 Вт/(м·°С). С учетом этого исследователями предложен способ, позволяющий получать огнезащитное покрытие для пенополистирольных плит [8]. Кроме того, результаты, представленные в отчете [9] позволяют сделать вывод о небезопасности применения самозатухающего пенополистирола.

Также важным будет отметить что, находясь под солнцем без защитного слоя, пенополистирол теряет от 5 до 20% теплоизоляционных свойств в зависимости от продолжительности воздействия. В строительных конструкциях для защиты от механического и ультрафиолетового воздействия пенополистирол должен находиться в среднем слое либо покрыт защитной эмалью. Определенно, на слой утеплителя после его установки наносят покрытие, которое препятствует прямому попаданию солнечных лучей. Однако не всегда они долговечны и требуют периодического обновления.

Пожары с внешней стороны МКД и объектов высокоэтажного строительства распространяются на вышестоящие этажи по фасадам. В случае, когда очаг пожара находится в одной из квартир, при наступлении интенсивной стадии происходит разрушение остекления, и пламя переходит на фасад, поднимаясь к следующему оконному блоку, лоджии или балкону, после чего попадает в вышенаходящуюся квартиру. Температура горения пластикового профиля оконного блока составляет 330 – 400 °С. Обычное стекло неустойчиво к перепадам температур. Для многослойного стекла перепад температур должен быть не выше 26–27 °С, для листового незакаленного стекла с необработанной кромкой не выше 30 – 35 °С. Для перепада температур свыше 33 – 40 °С применяется только термоупрочненное или закаленное стекло. При быстром развитии пожара термошок стеклопакета будет неминуем, после чего краевые растягивающие напряжения разрушат остекление, и оно выпадет, открывая путь для пламени, поднимающегося по фасаду.

Рассмотрим воздействия температуры на стекло оконной рамы. Предполагая решение задачи теплопереноса при пожаре методом «микропроцессов» [10 – 16], запишем уравнение нестационарной теплопроводности с соответствующими начальными и краевыми условиями:

$$\frac{\partial t_1(x,\tau)}{\partial \tau} = a_1 \frac{\partial^2 t_1(x,\tau)}{\partial x^2} \quad (1)$$

$$t(x,\tau)|_{\tau=0} = t_{1.0}(x) \quad (2)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial t_1(0,\tau)}{\partial x}\Big|_{x=0} = q_1(\tau) \quad (3)$$

$$-\lambda_2 \frac{\partial t_2(x,\tau)}{\partial x}\Big|_{x=R} = q_2(\tau) \quad (4)$$

Для математических выкладок будут использоваться безразмерные функции и величины вида:

$$\bar{x} = \frac{x}{R}; \qquad \text{Fo} = \frac{a\tau}{R^2}; \qquad Bi = \frac{\alpha R}{\lambda}, \quad (5)$$

где q – тепловой поток на стекло, Вт/м^2; τ – время воздействия пожара на стекло, с; Fo – число Фурье; $\bar{x}$ – заданная координата; R – толщина диска, м, λ – теплопроводность стекла, Вт/(м·К); a – коэффициент температуропроводности, $\frac{м^2}{с}$; t – температура стекла, К, Bi – число Био.

Для стеклянной пластины получению решение для периода с 1 до 10 минуты свободного развития пожара, которое представлено в уравнении (6):

$$\text{T}_{\text{стекл.}}(\bar{x}, Fo) = 1{,}09\cos(0{,}79\bar{x})\exp(-0{,}62Fo). \quad (6)$$

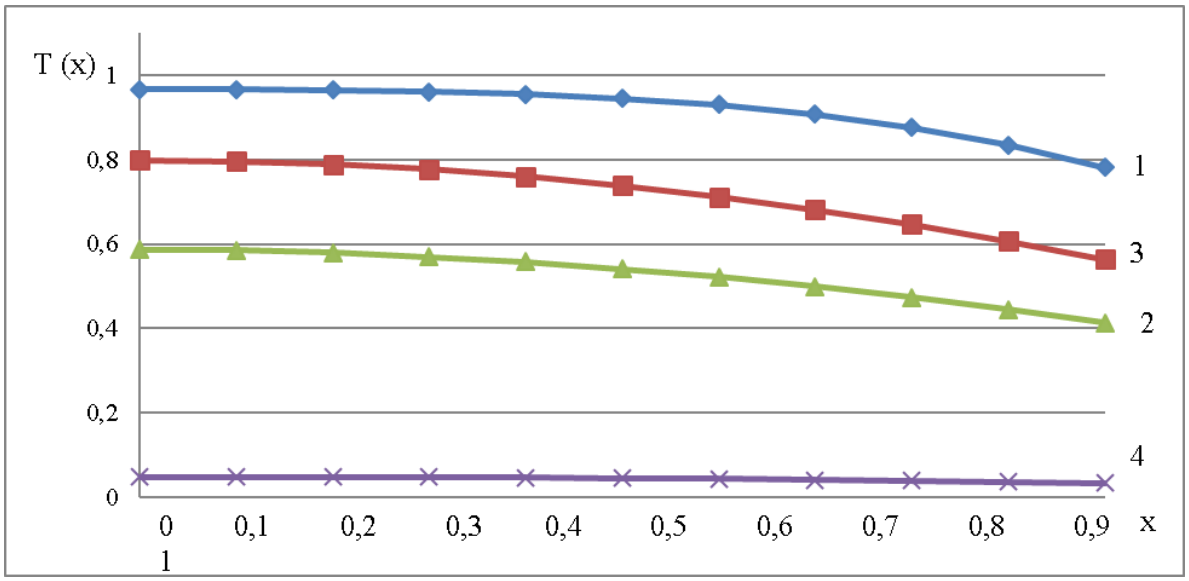


Рис. 2. Распределение безразмерных температур по толщине стеклянной пластины в зависимости от числа Фурье (Bi = 0,79) Fo:
1 – 0,1; *2* – 0,5; *3* – 1; *4* – 5

Предложенное уравнение (6) позволяет проводить расчет высокотемпературного воздействия на стекло окна и прогнозировать температурные поля в нем при различных условиях.

Исходя из сложившейся проблемы, одним из решений будет строгое нормативное регулирование состава утеплителей и состава их дальнейшего покрытия (фасадные отделочные материалы). Необходимо приступать к утеплительным работам после согласования проекта, содержащего сведения о пожарной опасности применяемых материалов. При проектировании утепления фасада учитывать этажность здания. Исключить утепление немодифицированным пенополистиролом, который не содержит антипиренов. Применять пенополистирол с антипиренами и использованием технологий мокрого фасада, композитного (WDVS, EIFS, ETICS). Для повышения огнестойкости уязвимого оконного блока возможно применение по периметрам проемов узлов противопожарные огнеотсечки.

Список использованных источников

1. МЧС России: официальный сайт. – URL : https://mchs.gov.ru
2. О федеральном государственном пожарном надзоре : постановление Правительства РФ от 12 апреля 2012 г. № 290.

3. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации : федер. закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ.

4. Блажко, Д. Н. Трудности и возможности современного панельного домостроения. AlfaBuild / Д. Н. Блажко, А. Л. Гусева. – 2017. – № 1(1). – С. 111 – 120.

5. Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда : постановление Госстроя РФ от 27.09.2003 № 170.

6. Доклад председателя Верховного Суда Российской Федерации Ирины Леонидовны Подносовой по итогам 2024 года.

7. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : федер закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

8. Патент на изобретение RU 2829849 C1. Способ получения огнезащитного покрытия для пенополистирольных плит (варианты) / И. А. Малый и др. ; 06.11.2024. Заявка № 2024109655 от 09.04.2024.

9. Guidelines for the use of expanded foam polystyrene panel systems in industrial buildings so as to minimise the risk of fire (Fire Engineering Research Report 06/1/2006, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Private Bag 4800 Christchurch, New Zealand).

10. Федосов, С. В. Перспективы использования методов микропроцессов для создания новых противопожарных преград / С. В. Федосов, А. А. Лазарев // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. – Иваново, 2023. – С. 490 – 493.

11. Проблемы разработки условий особого противопожарного режима / С. В. Федосов и др. // Пожарная безопасность. – 2024. – № 2(115). – С. 74 – 83.

12. Федосов, С. В. Перспективы использования методов микропроцессов для создания новых противопожарных преград / С. В. Федосов, А. А. Лазарев // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. – Иваново, 2023. – С. 490 – 493.

13. Моделирование высокотемпературного воздействия пожара на остекление оконных проемов зданий перемещающимся источником теплоты / А. А. Лазарев и др. // Умные композиты в строительстве. – 2023. – Т. 4, № 3. – С. 8 – 17.

14. Лазарев, А. А. О проблеме эксплуатации противопожарных окон / А. А. Лазарев, И. Ю. Федотов // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов : материалы X Всерос. науч.-практ. конф. – Иваново, 2023. – С. 331 – 335.

15. Лазарев, А. А. Физические аспекты проблемы применения противопожарных окон для защиты от техногенных пожаров / А. А. Лазарев, И. Ю. Федотов // Естественнонаучные и технические аспекты физических явлений в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера : сб. тр. XXXIII Междунар. науч.-практ. конф. – Химки, 2023. – С. 15 – 17.

16. Определение основных параметров нагреваемого сегмента диска термочувствительного элемента специального строительного изделия для обнаружения пожара / С. В. Федосов и др. // Современные проблемы гражданской защиты. – 2022. – № 2(43). – С. 115 – 122.

УДК 692.232.45 Навесные стены. Стены-экраны
692.232.44: Облицовка стен крупноразмерными элементами, панелями и т.д.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НВФ ДЛЯ ЖИЛОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Минаков Денис Вячеславович
Магистрант кафедры Технологии строительства, СПБГАСУ «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург
email: *folever@vk.com*

Введение. В современном строительстве навесные вентилируемые фасады (НВФ) становятся все более популярными благодаря своим высоким теплоизоляционным свойствам, эстетической привлекательности, долговечности и устойчивости к внешним воздействиям.

Однако эксплуатация НВФ в зимний период представляет собой серьезную задачу из-за воздействия низких температур, снега, льда и ветра, что может негативно сказаться на их долговечности и эффективности. В условиях изменяющегося климата и увеличения числа экстремальных погодных явлений необходимость разработки усовершенствованных технологий НВФ становится особенно актуальной.

Объектом исследования являются технологии навесных вентилируемых фасадов, а предметом – влияние зимних условий на их эксплуатационные характеристики. В работе будут использованы методы теоретического анализа, экспериментального исследования и сравнительного анализа для выявления преимуществ усовершенствованных технологий по сравнению с традиционными решениями.

Таким образом, результаты данного исследования могут способствовать повышению энергоэффективности жилых зданий, улучшению их устойчивости к неблагоприятным погодным условиям и увеличению срока службы фасадных систем. В дальнейшем это может привести к снижению затрат на отопление и обслуживание зданий, а также к улучшению качества жизни жильцов.

Методы исследования. Для достижения поставленных целей используются следующие методы:

1. *Анализ литературы*:

– Обзор научных публикаций, стандартов и нормативных документов, касающихся технологий НВФ, их эксплуатации и долговечности.

2. *Теплотехнические расчеты*:

– Выполнение расчетов теплопередачи через фасады с использованием стандартных методик для определения их эффективности в зимний период.

3. *Лабораторные испытания*:

– Определение теплопроводности материалов, используемых в НВФ;

– Проведение тепловизионной съемки для оценки распределения температуры по поверхности фасадов и выявления мест возможного образования конденсата.

4. *Экспериментальные исследования*:

– Изучение зависимости скорости воздушного потока в воздушном зазоре НВФ от внешних факторов, таких как температура и скорость ветра в зимний период.;

– Оценка воздухопроницаемости ограждающих конструкций.

5. *Сравнительный анализ*:

– Сравнение усовершенствованных технологий НВФ с существующими решениями по критериям энергоэффективности, стоимости монтажа и долговечности.

6. *Экономический анализ*:

– Оценка экономической эффективности предложенных решений путем анализа затрат на материалы, монтаж и эксплуатацию НВФ в холодное время.

1. Анализ литературы:

Обзор научных публикаций, стандартов и нормативных документов по технологиям навесных вентилируемых фасадов (НВФ).

Технологии навесных вентилируемых фасадов (НВФ) становятся все более актуальными в современном строительстве благодаря своей энергоэффективности, долговечности и эстетическим качествам.

Научные публикации по теме НВФ.



1.1 Инновационные технологии возведения НВФ

В статье Фролова И. Д. и Чупайды А. М. (2019) рассматриваются современные технологические решения для навесных вентилируемых фасадов, включая их конструктивные особенности и методы монтажа. Авторы подчеркивают важность оптимизации технологий для повышения энергоэффективности и снижения затрат на строительство [21].

1.2 Сравнение НВФ и мокрых фасадов

Васильев Н. Б. и его коллеги (2017) анализируют преимущества навесных вентилируемых фасадов по сравнению с мокрыми системами. Исследование показывает, что НВФ обеспечивают лучшую морозостойкость, звукоизоляцию и теплоизоляцию благодаря отсутствию водных растворов в составе и более толстым слоям утеплителя [2].

1.3 Проблемы проектирования вентилируемых фасадов

Немова Д. В. (2010) обсуждает основные проблемы, возникающие при проектировании и эксплуатации НВФ. Автор акцентирует внимание на необходимости соблюдения проектных требований для обеспечения надежности и долговечности фасадов [9].

1.4 Экономическая эффективность НВФ

Сапегина Е. А. (2016) исследует экономические аспекты внедрения НВФ в строительстве, включая методы расчета энергоэффективности и стоимостные показатели на всех этапах эксплуатации системы. Работа подчеркивает важность правильного выбора материалов для снижения затрат на эксплуатацию [12].

1.5 Технологические параметры навесных фасадов

В статье Изотова В. С. и его коллег (2020) рассматриваются технологические параметры, влияющие на эффективность НВФ, включая использование минеральной ваты и стального каркаса. Исследование показывает, что оптимизация этих параметров может значительно снизить трудоемкость работ [19].

1.6 Проблемы эксплуатации НВФ

В исследовании Горшкова А. С. и Попова Д. Ю. (2010) рассматриваются конструктивные решения для повышения надежности навесных фасадов. Авторы предлагают рекомендации по улучшению проектирования узлов соединений для повышения долговечности систем [6].

Стандарты и нормативные документы:

1. **ГОСТ 11024-2012**

Этот стандарт определяет технические условия для стеновых панелей из бетона и железобетона, используемых в жилых и общественных зданиях [3].

2. **ГОСТ 13015-2012**

Стандарт устанавливает общие требования к бетонным и железобетонным изделиям для строительства [4].

3. **СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»**

Данный свод правил устанавливает требования к тепловой защите зданий с использованием НВФ для повышения энергоэффективности [14].

4. **СП 522.1325800–2023 «Системы фасадные навесные вентилируемые»**

Новый свод правил, вступивший в силу с 5 июня 2023 года, устанавливает системные требования к проектированию навесных фасадов [18].

5. **ГОСТ Р 58883–2020 «Системы навесные фасадные»**

Стандарт охватывает правила расчета подконструкций навесных фасадных систем с вентилируемым зазором [5].

6. **СП 518.1311500–2022 «Навесные фасадные системы с воздушным зазором»**

Этот свод правил устанавливает требования пожарной безопасности при монтаже навесных фасадных систем [17].

Научные исследования показывают высокую технико-экономическую эффективность применения НВФ в строительстве жилых зданий. Современные стандарты и нормативные документы поддерживают внедрение этих технологий, способствуя повышению их долговечности и энергоэффективности. Для дальнейшего развития данной области необходимо продолжать исследования новых решений и совершенствовать существующие нормативные базы.

2. **Теплотехнические расчеты:**

Выполнение расчетов теплопередачи через фасады с использованием стандартных методик для определения их эффективности в зимний период.

Для темы научно-исследовательской работы «Усовершенствование технологии НВФ для жилого строительства в зимний период» важно рассмотреть метод теплотехнических расчетов, который включает выполнение расчетов теплопередачи через фасады с использованием стандартных методик. Данный метод позволяет оценить эффективность навесных вентилируемых фасадов (НВФ) в условиях низких температур и обеспечить необходимый уровень тепловой защиты зданий.

2.1 Расчет теплопередачи через фасады с использованием стандартных методик

Теплотехнические расчеты направлены на определение коэффициента теплопередачи (U-значение) фасадов, что является ключевым показателем их энергоэффективности. В зимний период особенно важно минимизировать теплопотери, чтобы обеспечить комфортные условия для проживания и снизить затраты на отопление.

Стандартные методики

Для выполнения расчетов используются следующие стандартные методики:

ГОСТ 30244–94 «Теплотехнические расчеты»[11] – включает рекомендации по расчету теплопередачи и определению термических характеристик материалов.

СП 50.13330–2012 «Тепловая защита зданий»[14] – содержит актуальные данные о теплоизоляционных свойствах материалов, используемых в строительстве.

Процесс выполнения расчетов

2.1.1 Определение конструктивных решений фасада: необходимо учитывать толщину и материалы стен, наличие воздушных зазоров, а также тип отделки.

2.1.2 Расчет U-значения: производится по формуле:

$$U = \frac{1}{Rtotal}, \tag{1}$$

где $Rtotal$ – общее сопротивление теплопередаче, которое складывается из сопротивлений каждого слоя конструкции.

2.1.3 Анализ результатов: полученные значения U-значения сравниваются с нормативами, установленными для жилых зданий в холодном климате.

Эффективность навесных вентилируемых фасадов в зимний период зависит от правильности выполнения теплотехнических расчетов и выбора материалов. Применение стандартных методик обеспечивает надежность результатов и позволяет оптимизировать проектирование фасадов для повышения энергоэффективности зданий.

Также для усовершенствования технологии навесных вентилируемых фасадов (НВФ) в зимний период для жилого строительства можно использовать еще несколько методов теплотехнических расчетов. Каждый из этих методов имеет свои особенности и позволяет более точно оценить эффективность фасадных систем. Ниже представлены подробные описания каждого метода с соответствующими формулами и ссылками на литературу.

Расчет температурного режима

Описание метода

Расчет температурного режима включает в себя определение температурного поля в конструкции фасада. Это позволяет выявить потенциальные зоны образования конденсата и плесени, что критически важно для обеспечения долговечности фасадных систем.

Температура на внутренней поверхности стены может быть рассчитана по формуле:

$$T_{\text{вн}} = T_{\text{сн}} - \frac{Q \cdot R_{\text{вн}}}{A}, \tag{2}$$

где $T_{\text{вн}}$ – температура на внутренней поверхности стены; $T_{\text{сн}}$ – температура наружного воздуха; Q – теплопотери через стену; $R_{\text{вн}}$ – сопротивление теплопередаче внутренней поверхности; A – площадь стены.

Согласно работе Смирновой и Кузнецова, правильный расчет температурного режима помогает предотвратить негативные последствия, связанные с повышенной влажностью в конструкциях [13].

Расчет теплопотерь через окна и двери

Описание метода

Этот метод включает отдельный расчет теплопередачи через оконные и дверные конструкции, которые могут значительно влиять на общие теплопотери здания. Учитываются коэффициенты теплопередачи (U-значения) для различных типов остекления.

Теплопотери через окно могут быть рассчитаны по формуле:

$$Q_{\text{окн}} = U \cdot A \cdot (T_{\text{вн}} - T_{\text{сн}}), \tag{3}$$

где $Q_{\text{окн}}$ – теплопотери через окно; U – коэффициент теплопередачи окна; A – площадь окна; $T_{\text{вн}}$ – температура внутри помещения; $T_{\text{сн}}$ – температура наружного воздуха.

В учебном пособии Ковалева рассматриваются различные аспекты проектирования оконных систем и их влияние на энергоэффективность зданий [8].

Моделирование тепловых потоков

Описание метода

Использование программного обеспечения для численного моделирования, такого как ANSYS или COMSOL, позволяет более точно оценить распределение температур и тепловых потоков в фасадной системе. Это дает возможность визуализировать тепловые процессы и выявлять проблемные зоны.

Для моделирования можно использовать уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T\,. \tag{4}$$

где T – температура; t – время; α – коэффициент теплопроводности; $\nabla^2 T$– оператор Лапласа, описывающий распределение температуры в пространстве.

В работе Иванова и Петрова обсуждаются современные методы моделирования тепловых потоков в строительстве, что подтверждает актуальность данного подхода [7].

Анализ влияния ветровых нагрузок

Описание метода

Исследование воздействия ветра на теплопередачу через фасады важно для оценки их устойчивости к зимним условиям. Этот анализ помогает оптимизировать проектирование фасадов, учитывая динамические нагрузки.

Ветровая нагрузка может быть рассчитана по формуле:

$$F = q \cdot C_d \cdot A, \tag{5}$$

где F – ветровая нагрузка; q – динамическое давление ветра; C_d – коэффициент сопротивления; A – площадь поверхности, подвергающейся воздействию ветра.

Петрова и Васильев уделяют внимание проектированию фасадов с учетом ветровых нагрузок, что позволяет улучшить их эксплуатационные характеристики [11].

Оценка энергоэффективности

Описание метода

Проведение расчетов по стандартам энергоэффективности для определения общего энергопотребления зданий с НВФ в зимний период. Это включает анализ затрат на отопление и сравнение с нормативами.

Формула

Общее энергопотребление можно оценить по формуле:

$$E = Q_{\text{тепл}} + Q_{\text{доп}}\ , \tag{6}$$

где E – общее энергопотребление; $Q_{\text{тепл}}$ – основное потребление энергии на отопление; $Q_{\text{доп}}$ – дополнительные затраты энергии (например, на вентиляцию).

Чистяков и Лебедев описывают методы оценки энергоэффективности зданий, что является важным аспектом при проектировании НВФ [22].

2.2 Испытания на теплопроводность материалов

Описание метода

Лабораторные испытания материалов, используемых в НВФ, на их теплопроводность помогают выбрать наиболее эффективные теплоизоляционные решения, что критически важно для зимнего строительства. Коэффициент теплопроводности может быть определен по формуле:

$$\lambda = \frac{Q}{A \cdot (T_1 - T_2)}\ , \tag{7}$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала; Q – переданная теплота; A – площадь поверхности материала; T_1, T_2 – температуры по обе стороны от материала.

Согласно СП 50.13330–2012, испытания материалов должны проводиться в соответствии с установленными стандартами для обеспечения надежности результатов [14].

Сравнительный анализ различных конструкций фасадов

Описание метода

Сравнение эффективности НВФ с другими типами фасадов (например, мокрыми) по критериям теплоизоляции и долговечности помогает выбрать оптимальное решение для конкретных климатических условий.

Эффективность различных конструкций можно оценить по индексу теплоизоляции:

$$I = U_{\text{нвф}} - U_{\text{сфтк}}, \tag{8}$$

где I – индекс теплоизоляции; $U_{\text{нвф}}$ – коэффициент теплопередачи НВФ; $U_{\text{сфтк}}$ – коэффициент теплопередачи мокрого фасада.

В статье Васильева и Кузьминой рассматривается сравнительный анализ НВФ и мокрых фасадов, что подтверждает их разные характеристики по теплоизоляции [2]. Эти методы позволяют комплексно оценить эффективность навесных вентилируемых фасадов в зимний период и способствуют улучшению технологий их применения в жилом строительстве.

3. Лабораторные испытания для усовершенствования технологии НВФ в зимний период

3.1 Определение теплопроводности материалов, используемых в НВФ

Цель исследования: Определение теплопроводности строительных материалов, применяемых в навесных вентилируемых фасадах (НВФ), критично для повышения энергоэффективности зданий в зимний период. Это позволяет минимизировать теплопотери и улучшить теплоизоляционные характеристики.

Методика проведения испытаний:

3.1.1 Подготовка образцов: изготавливаются образцы из различных материалов, используемых в НВФ, с размерами 10х10 см и толщиной от 1,5 до 3 см [1, 2].

3.1.2 Использование оборудования: для определения теплопроводности применяются методы стационарного теплового потока и зондовый метод. Эти методы позволяют получить точные данные о теплопроводности в контролируемых условиях.

3.1.3 Проведение испытаний: Образцы помещаются в тепловую камеру, где на них воздействует контролируемый тепловой поток. Измеряются температуры на поверхности образца и фиксируется плотность теплового потока для расчета коэффициента теплопроводности.

3.2 Проведение тепловизионной съемки

Цель исследования: Тепловизионная съемка позволяет визуализировать распределение температуры по поверхности фасадов зданий, что помогает выявить места возможного образования конденсата и утечек тепла [5].

Методика проведения испытаний:

3.2.1 Подготовка к съемке: Обеспечение стабильных температурных условий перед проведением съемки для минимизации влияния внешних факторов.

3.2.2 Использование тепловизоров: Специальные тепловизоры фиксируют инфракрасное излучение от поверхности фасадов. На основе полученных данных создаются термограммы, отображающие температурные аномалии.

Анализ результатов. Термограммы анализируются для выявления участков с повышенной температурой, что может указывать на недостаточную теплоизоляцию или наличие конденсата. Результаты анализа используются для разработки рекомендаций по улучшению теплоизоляционных свойств конструкции.

Лабораторные испытания по определению теплопроводности и проведению тепловизионной съемки являются важными методами для усовершенствования технологии НВФ в зимний период. Эти исследования способствуют улучшению теплоизоляции зданий и снижению затрат на отопление, что особенно актуально в условиях холодного климата.

Экспериментальные исследования:

Изучение зависимости скорости воздушного потока в воздушном зазоре НВФ от внешних факторов, таких как температура и скорость ветра. Оценка воздухопроницаемости ограждающих конструкций.

4.1 Анализ экспериментальных исследований по НВФ

Изучение зависимости скорости воздушного потока в воздушном зазоре НВФ от внешних факторов

Экспериментальные исследования, направленные на изучение зависимости скорости воздушного потока в воздушном зазоре навесных вентилируемых фасадов (НВФ), имеют ключевое значение для оценки их эффективности в зимний период. Основные факторы, влияющие на этот процесс, включают:

4.1.1 Температура: В зимний период температура наружного воздуха значительно ниже, что может привести к изменению плотности воздуха и, соответственно, к изменению скорости его потока. Исследования показывают, что при снижении температуры скорость воздуха в зазоре может увеличиваться из-за более высокой разности температур между внутренним и наружным пространством [2].

4.1.2 Скорость ветра: Ветер является важным фактором, который влияет на движение воздуха в зазоре. При увеличении скорости ветра наблюдается рост скорости воздушного потока. Это может как улучшить вентиляцию, так и привести к нежелательным потерям тепла через конструкцию [3].

4.1.3 Методы измерения: для точного определения скорости воздушного потока используются анемометры и другие приборы, позволяющие фиксировать изменения в различных условиях. Это позволяет создать модель поведения воздуха в зазоре НВФ в зависимости от внешних факторов [4].

4.2 Оценка воздухопроницаемости ограждающих конструкций

Воздухопроницаемость ограждающих конструкций является критическим параметром, определяющим их теплоизоляционные свойства и общую энергоэффективность зданий с НВФ. Основные аспекты оценки включают:

4.2.1 Методы испытаний: Оценка воздухопроницаемости проводится с использованием стандартных методов, таких как испытания на герметичность [5]. Эти испытания позволяют определить, насколько эффективно конструкция предотвращает утечку воздуха через щели и стыки.

4.2.2 Факторы влияния: Качество монтажа и материалы, используемые в ограждающих конструкциях, напрямую влияют на уровень воздухопроницаемости. Например, наличие неплотности или дефектов может значительно увеличить утечку воздуха и снизить теплоизоляционные характеристики [8].

4.2.3 Экспериментальные условия: для получения достоверных данных исследования следует проводить в условиях, максимально приближенных к реальным зимним условиям [11]. Это позволит учесть влияние колебаний температуры и давления на воздухопроницаемость конструкций.

Экспериментальные исследования зависимости скорости воздушного потока и оценка воздухопроницаемости ограждающих конструкций НВФ являются важными для оптимизации технологий зимнего строительства. Полученные данные помогут разработать рекомендации по улучшению энергоэффективности зданий с навесными фасадами в условиях холодного климата, что подтверждается литературными источниками по теме Немова Д. В., Емельянова В. А., Мифтахова Д. Р., 2010 [9].

5. Сравнительный анализ: Сравнение усовершенствованных технологий НВФ с существующими решениями по критериям энергоэффективности, стоимости монтажа и долговечности.

5.1 Экспериментальные исследования в области НВФ

5.1.1 Изучение зависимости скорости воздушного потока в воздушном зазоре НВФ от внешних факторов

В рамках исследования зависимости скорости воздушного потока в воздушном зазоре навесных вентилируемых фасадов (НВФ) от внешних факторов, таких как температура и скорость ветра в зимний период, была поставлена цель выявить, как эти параметры влияют на эффективность работы НВФ. Важность данного исследования обусловлена тем, что в условиях холодного климата, где наблюдаются значительные колебания температуры и ветровых нагрузок, необходимо оптимизировать конструкции фасадов для повышения их энерго-

эффективности. Для достижения поставленной цели была разработана методология, включающая несколько ключевых этапов. Первоначально был проведен сбор метеорологических данных, касающихся температуры воздуха и скорости ветра. Эти данные были получены из статистики по строительству жилых и нежилых зданий в зимний период (Федеральная служба государственной статистики России, 2023). На следующем этапе использовались анемометры для измерения скорости воздушного потока в реальных условиях эксплуатации зданий с НВФ. Замеры проводились в различных климатических условиях, что позволило получить репрезентативные данные. Результаты эксперимента продемонстрировали, что скорость воздушного потока в зазоре НВФ значительно варьируется в зависимости от температуры окружающей среды и скорости ветра. Например, при низких температурах наблюдается увеличение плотности воздуха, что приводит к снижению скорости его движения через зазор. В то же время увеличение скорости ветра способствует усилению конвекции, что может увеличить теплопотери через фасадные системы. Эти выводы подтверждаются исследованиями Смирновой и Кузнецова [13], которые подчеркивают необходимость учета климатических условий при проектировании НВФ.

5.1.2 Оценка воздухопроницаемости ограждающих конструкций

Другим важным аспектом исследования является оценка воздухопроницаемости ограждающих конструкций зданий с НВФ. Цель данного этапа заключалась в том, чтобы определить уровень воздухопроницаемости конструкций и его влияние на микроклимат внутри помещений. Для этого были проведены тесты на воздухопроницаемость с использованием метода «Blower Door», который позволяет выявить утечки воздуха через ограждающие конструкции. Полученные результаты показали, что многие конструкции не соответствуют установленным нормативам по воздухопроницаемости, что ведет к повышенным теплопотерям и ухудшению микроклимата внутри зданий. Чистяков и Лебедев [22] отмечают, что недостаточная воздухопроницаемость может привести к образованию конденсата и развитию плесени. Это подчеркивает необходимость регулярных проверок и тестирования для оценки состояния фасадов.

Проведенные экспериментальные исследования зависимости скорости воздушного потока и оценки воздухопроницаемости ограждающих конструкций подтверждают важность учета внешних факторов при проектировании навесных вентилируемых фасадов. Оптимизация конструкций с учетом климатических условий может значительно повысить их энергоэффективность и долговечность. Регулярные проверки воздухопроницаемости являются необходимыми для обеспечения надежности зданий и предотвращения негативных последствий, связанных с конденсацией влаги.

6. Экономический анализ:

Оценка экономической эффективности предложенных решений путем анализа затрат на материалы, монтаж и эксплуатацию НВФ в холодное время.

Внедрение навесных вентилируемых фасадов (НВФ) в жилое строительство в холодное время года требует детального экономического анализа. Этот анализ включает оценку затрат на материалы, монтаж и эксплуатацию НВФ, а также их влияние на энергоэффективность зданий. В данной работе рассматриваются современные тенденции и перспективы технологии НВФ, а также их экономическая эффективность.

6.1 Оценка затрат на материалы

Материалы для НВФ. Наиболее распространенные материалы для НВФ включают:

1. **Керамогранит** – обеспечивает высокую прочность и долговечность.
2. **Металлические панели** – легкие и удобные в монтаже.
3. **Композитные материалы** – позволяют достичь хороших теплоизоляционных свойств.

Согласно исследованию Иванова и Петрова [7], выбор материалов напрямую влияет на стоимость проекта, так как различные материалы имеют разные ценовые категории и характеристики. Важно учитывать не только первоначальные затраты, но и долговечность и стоимость обслуживания.

6.2 Затраты на монтаж

Монтаж НВФ. Процесс установки НВФ требует квалифицированных специалистов и специализированного оборудования. Затраты на монтаж могут варьироваться в зависимости от сложности конструкции и выбранных материалов. Ковалев [8] подчеркивает, что зимние условия могут увеличить время монтажа из-за необходимости дополнительных мер по обеспечению безопасности и сохранности материалов

6.3 Эксплуатационные расходы

Эксплуатация НВФ. Энергоэффективность зданий с НВФ в условиях холодного климата является ключевым фактором для снижения эксплуатационных расходов. Смирнова и Кузнецов [13] отмечают, что правильная установка НВФ может значительно снизить теплопотери, что приводит к уменьшению затрат на отопление

Эксплуатационные расходы включают:

- **Затраты на отопление** – снижение потребности в энергии благодаря эффективной теплоизоляции.
- **Техническое обслуживание** – регулярные проверки состояния фасадов, особенно в зимний период.

6.4 Экономическая эффективность

Для оценки экономической эффективности предложенных решений можно использовать следующие показатели:

- **Срок окупаемости инвестиций (СОИ)** – время, необходимое для возврата вложенных средств за счет экономии на эксплуатационных расходах.
- **Чистая приведенная стоимость (ЧПС)** – разница между приведенными доходами и расходами за весь срок службы фасада.

Анализ показывает, что при правильном выборе материалов и технологий монтажа НВФ может обеспечить значительную экономию средств в долгосрочной перспективе. Петрова и Васильев [11] утверждают, что применение современных методов теплоизоляции в сочетании с НВФ позволяет сократить расходы на отопление до 30%

Экономический анализ технологии НВФ в зимний период для жилого строительства демонстрирует высокую эффективность при условии правильного выбора материалов и технологий монтажа. Учитывая растущие требования к энергоэффективности зданий, внедрение НВФ становится не только целесообразным, но и необходимым для снижения эксплуатационных затрат и повышения комфорта проживания.

Список использованных источников

1. Альбом технических решений навесной фасадной системы «АЛЬФА-Керамогранит» с облицовкой керамогранитными плитами открытым способом крепления // Альфа НВФ. – URL : [https://alfa-nvf.ru/f/alfa_kg_150119.pdf]
2. Васильев, Н. Б. Сравнение НВФ и мокрых фасадов / Н. Б. Васильев, Н. И. Кузьмина, Д. А. Животов // Стройтельный еженедельник. – 2017.
3. ГОСТ 11024–2012. Стены из бетона. – М. : Стандартинформ, 2012 – 32 с.
4. ГОСТ 13015–2012. Бетонные изделия. – М. : Стандартинформ, 2012 – 28 с.
5. ГОСТ Р 58883–2020. Системы навесные фасадные вентилируемые: Общие правила расчета подконструкций. – М. : Стандартинформ, 2020.
6. Изотов В. С., Горшков А. С., Попов Д. Д., (Технологические параметры навесных фасадов // Elibrary. 2020).
7. Иванов, А. И. Технология навесных вентилируемых фасадов: современные тенденции и перспективы / А. И. Иванов, Б. В. Петров // Строительные материалы и технологии. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 45 – 53.
8. Ковалев, С. В. Технологии зимнего строительства : учебное пособие / С. В. Ковалев. – М. : Стройиздат, 2020. – 256 с.
9. Немова, Д. В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем / Д. В. Немова, В. А. Емельянова, Д. Р. Мифтахова // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 5.
10. НОСТРОЙ 2.14.67–2012. Правила проектирования навесных фасадных систем. – М. : НОСТРОЙ, 2012.
11. Петрова, Л. И. Навесные вентилируемые фасады: проектирование и монтаж : учебное пособие / Л. И. Петрова, Н. А. Васильев. – СПбю : Питер, 2019. – 320 с.
12. Сапегина, Е. А. Экономическая эффективность навесных вентилируемых фасадов / Е. А. Сапегина // Инженерно-строительный журнал. – 2016.
13. Смирнова, Е. Н. Энергоэффективность зданий с навесными фасадами в условиях холодного климата / Е. Н. Смирнова, Д. А. Кузнецов // Журнал строительной науки. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 67 – 75.
14. СП 50.13330–2012. Тепловая защита зданий. – М. : Минрегион России, 2012.
15. СП 70.13330-2012. Несущие и ограждающие конструкции // Утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г., № 109/ГС; введен в действие с 1 июля 2013 г.
16. СП 327.1325800–2017. Стены наружные с лицевым кирпичным слоем: Правила проектирования, эксплуатации и ремонта // Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 ноября 2017 г., № 1603/пр; введен в действие с 31 мая 2018 г.
17. СП 518.1311500–2022. Навесные фасадные системы с воздушным зазором: Обеспечение пожарной безопасности при монтаже, эксплуатации и ремонте / Дата введения – 1 сентября 2022 года.
18. СП 522.1325800–2023. Системы фасадные навесные вентилируемые: Правила проектирования, производства работ и эксплуатации // Утвержден приказом Минстроя России от 5 мая 2023 г., № 325/пр; введен в действие с 6 июня 2023 г.
19. Технология вентилируемого фасада // ВК Фасад.
20. Федеральная служба государственной статистики России. Статистика по строительству жилых и нежилых зданий в зимний период. – 2023.
21. Фролов, И. Д. Инновационные технологии возведения НВФ / И. Д. Фролов, А. М. Чупайда // Международный научный журнал молодой ученый. – 2019.
22. Чистяков, М. Ю. Современные методы теплоизоляции зданий : учебное пособие / М. Ю. Чистяков, А. Г. Лебедев. – М. : Архитектура и строительство, 2021. – 280 с.

УДК 534
22.32: Акустика

ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО АКУСТИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ КОНЦЕРТНОГО ЗАЛА ДЕТСКОЙ МУЗЫКАЛЬНОЙ ШКОЛЫ № 2 ИМ. В. К. МЕРЖАНОВА В Г. ТАМБОВ

Меляков Даниил Андреевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *me1yakov@vk.com*

Пятова Екатерина Андреевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *me1yakov@vk.com*

Киселева Олеся Анатольевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: *kiseleva_oa@rambler.ru*

Проведем акустический расчет для концертного зала МБОУ ДОД «Детская музыкальная школа № 2» по ул. Мичуринской, д. 137.

По проектному заданию зал в музыкальной школе является концертным, предназначенным для проведения музыкальных мероприятий с участием сольных исполнителей, оркестров, хоровых коллективов. Основной целью акустического проектирования данного зала является создание в нем оптимальных условий восприятия музыкальных программ.

При акустическом проектировании зала была использована методика [1].

Основные размеры и форма зала.

Зрительный зал имеет прямоугольную в плане форму. Потолок горизонтальный. Над сценой на расстоянии 5,70 м от передней стены расположена декоративная потолочная балка высотой 0,6м. В зрительном зале отсутствуют вогнутые поверхности, способные фокусировать звук.

На стене зала, расположенной справа от сцены, размещено 7 окон размером 1,53×2,95 (h) м. На стене зала, расположенной слева от сцены, размещено 5 дверей размером 1,31×2,61 (h) м. На задней стене зала размещено окно звукооператорской размером 1,20×0,60 (h) м.

Воздушный объем зала – $V = 717$ м^3.

Вместимость зрительного зала – 150 человек.

Удельный объем на 1 зрителя – $V_{уд} = 4{,}8$ м^3/чел, что соответствует рекомендациям [2] ($V_{уд} = 4…6$ м^3/чел. для залов многоцелевого назначения).

Длина зала (L) от передней до задней стены – 21,6 м, что соответствует рекомендациям [2] ($L_{доп} < 27…28$ м для залов, не имеющих сценической коробки). Длина зала от сцены до задней стены – 14,2 м.

Ширина зала (B) – 7,67 м; средняя высота зала (H) – 4,35 м.

Пропорции зала частично соответствуют рекомендациям [2].

При определении длины зала с учетом сцены L/B = 21,6/7,67 = 2,8 (согласно [2] L/B = 1…2). Ширина зала несколько мала, что может нарушать диффузность звукового поля в зале.

При определении длины зала без учета сцены L/B = 14,2/7,67 = 1,85 (согласно [2] L/B = 1…2).

B/H = 7,67/4,35 = 1,8 (согласно [2] B/H = 1…2, но не более 3).

Для обеспечения эвакуации из зала предусмотрены 5 дверей. Ширина эвакуационных проходов составляет 0,90…1,60 м.

Пол зала выполнен горизонтальным, в задней части зала зрительские места размещены на наклонном участке пола с углом подъема 3˚, что обеспечивает хорошую видимость на 4 задних рядах, а также способствует уменьшению поглощения прямого звука над слушателями и экранированию слушателями друг друга.

Размещение зрителей в зале предусмотрено в виде 3 блоков:

– 1 блок состоит из 14 рядов по 4 места в каждом; эвакуация из каждого ряда односторонняя; глубина ряда – 90 см;

– 2 блок состоит из 14 рядов по 3 места в каждом; эвакуация из каждого ряда двухсторонняя; глубина ряда – 90 см;

– 3 блок состоит из 13 рядов по 4 места в каждом; эвакуация из каждого ряда двухсторонняя; глубина ряда – 90 см.

Расчет запаздывания первых отражений в зрительном зале.

Для проверки равномерности поступления в зоны зрительских мест первых отражений от стен и потолка выполнен графический анализ чертежей зала и расчет запаздывания первых отражений по сравнению с прямым звуком. Все построения производились по законам лучевой (геометрической) оптики. Так как размеры отдельных поверхностей в зале не менее 1,5…2,0 м, то применение метода анализа с помощью геометрических отражений считается допустимым. Допустимое запаздывание первых отражений, согласно [2], $\Delta t = 30…35$ мс для музыкальных залов.

При расчете принято следующее положение источника звука: по оси сцены на расстоянии 2 м от края авансцены.

Первые геометрические отражения должны поддерживать прямой звук, начиная с радиуса действия прямого звука. Радиус действия прямого звука для музыки составляет $r_{пр}$ = 10…12 м.

На зрительских местах в пределах $r_{пр}$ усиление прямого звука с помощью отражений не требуется. Начиная с $r_{пр}$ интенсивные первые отражения должны перекрывать всю зону зрительских мест.

В проектируемом зале в зону действия прямого звука попадают 7 первых рядов, для которых первые отражения не имеют большого значения. На всех остальных рядах требуется усиление прямого звука с помощью первых отражений (в расчетную точку должно приходить не менее двух малозапаздывающих первых отражений).

Для проверки первых отражений в зрительном зале был проведен графический анализ чертежей вертикального разреза и плана зала. В качестве расчетных точек были выбраны боковые и средние места в 1, 7 и 14 рядах.

Размещение расчетных точек на плане и разрезе зрительного зала и построение прямых и отраженных лучей приведено на рис. 1 – 4.

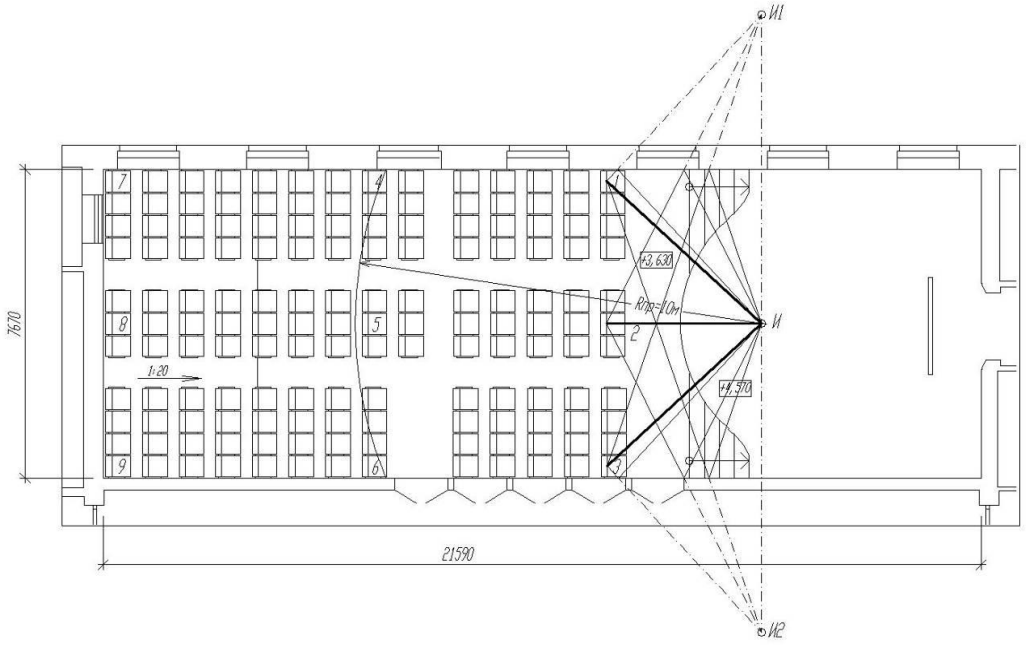


Рис. 1. Построение первых отражений от стен для расчетных точек 1 – 3 в ДМШ № 2 им. В. К. Мержанова

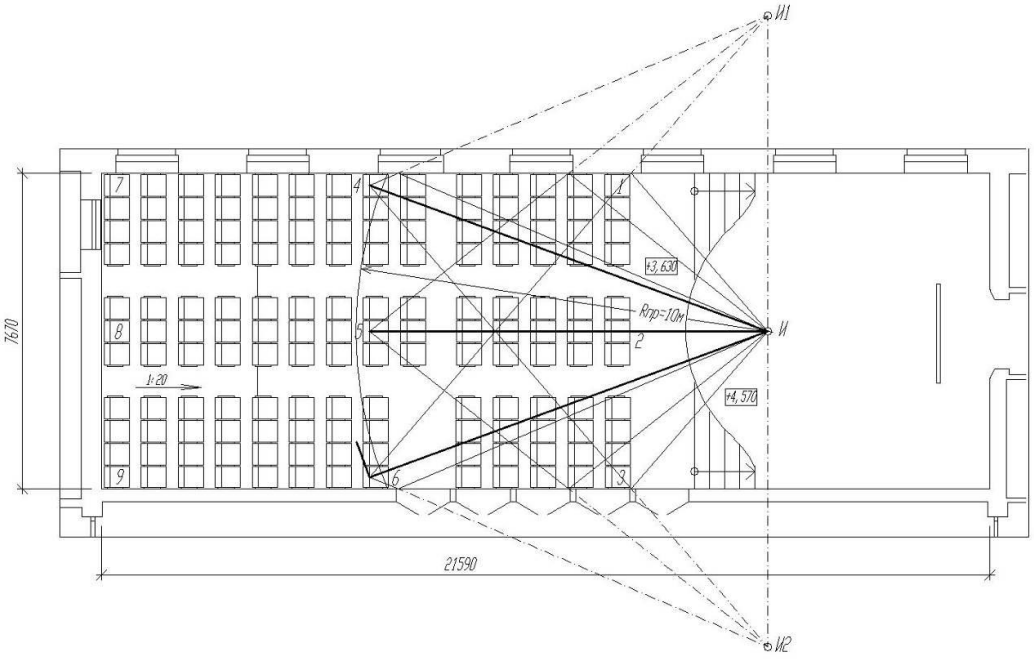


Рис. 2. Построение первых отражений от стен для расчетных точек 4 – 6 в ДМШ № 2 им. В. К. Мержанова

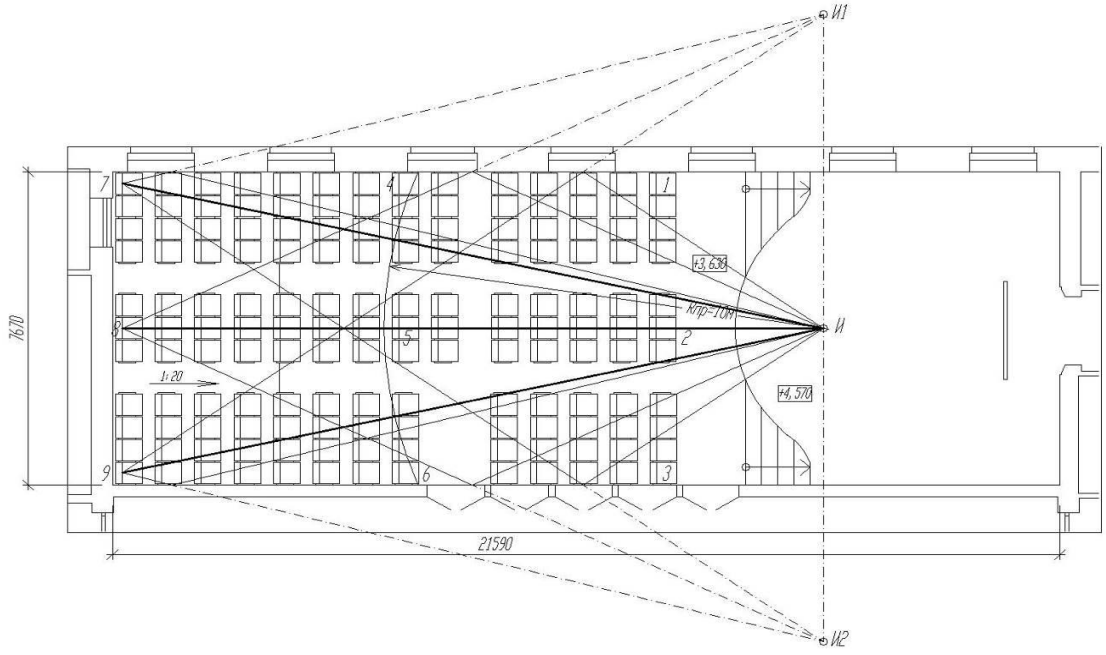


Рис. 3. Построение первых отражений от стен для расчетных точек 7 – 9 в ДМШ № 2 им. В. К. Мержанова

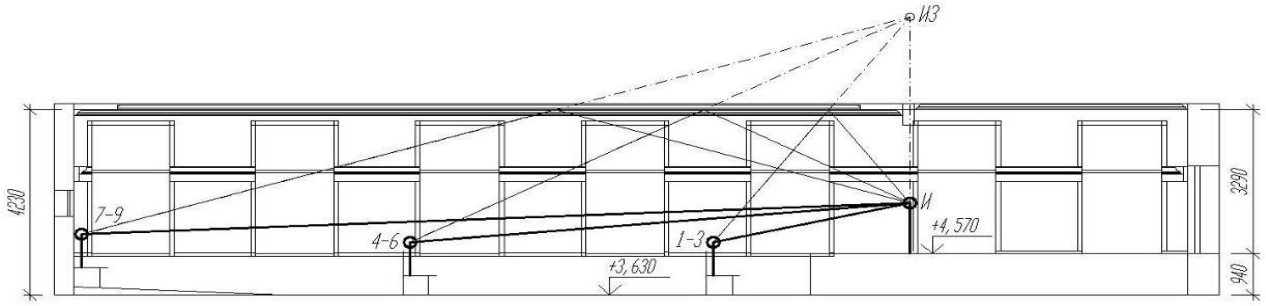


Рис. 4. Построение первых отражений потолка в ДМШ № 2 им. В. К. Мержанова

Результаты расчета приведены в табл. 1.

1. Расчет запаздывания первых отражений

$l_{пр}$, м	Отражения								
	От потолка			От левой стены			От правой стены		
	$l_{отр}$	$l_{отр}-l_{пр}$	Δt	$l_{отр}$	$l_{отр}-l_{пр}$	Δt	$l_{отр}$	$l_{отр}-l_{пр}$	Δt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5,3	6,3	1,0	0,003	11,9	6,6	0,019	5,6	0,3	0,001
3,9	6,3	2,4	0,007	8,6	4,7	0,014	8,6	4,7	0,014
5,3	6,3	1,0	0,003	5,6	0,3	0,001	11,9	6,6	0,019
10,4	11,0	0,6	0,0017	14,8	4,4	0,013	10,5	0,1	0,0003
9,7	11,0	1,3	0,0038	12,6	2,9	0,009	12,6	2,9	0,009
10,4	11,0	0,6	0,0017	10,5	0,1	0,0003	14,8	4,4	0,013
16,4	16,8	0,4	0,0011	19,5	3,1	0,009	16,5	0,1	0,0003
16,1	16,8	0,7	0,002	17,7	1,6	0,005	17,7	1,6	0,005
16,4	16,8	0,4	0,0011	16,5	0,1	0,0003	19,5	3,1	0,009

Результаты расчета позволяют сделать следующие выводы:

– в целом по залу создается достаточно равномерное распределение отраженного звука. Время запаздывания первых отражений по сравнению с прямым звуком не превышает допустимой величины, следовательно, в зале не возникает эффекта эха;

– существующая форма потолка также способствует равномерному распределению малозапаздывающих отражений по залу.

Список используемых источников

1. Руководство по акустическому проектированию запои многоцелевого назначения средней вместимости // НИИ строит. физики Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1981. – 47 с.

2. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03–2003. – М. : ОАО «ЦПП», 2011. – 46 с.

УДК 624.15
67.11.29: Основания и фундаменты

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ

Наземи Фарид
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», студент
e-mail: *faridnazemi27@gmail.com*

Волкова Дарья Сергеевна
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», старший преподаватель кафедры промышленного и гражданского строительства, научный руководитель
e-mail: *dashawolf@yandex.ru*

В современном строительстве надежность и долговечность зданий напрямую зависят от качественного и прочного основания. Фундамент является критически важным элементом любой конструкции, обеспечивая передачу нагрузок от здания на грунт и предотвращая деформации и разрушения сооружения в будущем. Однако, с развитием технологий и усложнением архитектурных решений, возрастает требование к использованию новых материалов, способных повысить эффективность и долговечность укрепления фундаментов. Сегодня в арсенале инженеров и строителей появились современные композитные, полимерные, самовосстанавливающиеся и инновационные материалы, отличающиеся высокой прочностью, стойкостью к химическим воздействиям и физическим нагрузкам. В этой статье будут рассмотрены современные материалы, применяемые для укрепления фундаментов, их характеристика, преимущества и области применения. Основная цель – показать, как инновационные технологии и разработка новых материалов помогают обеспечить более надежную основу для зданий, повысить их устойчивость к воздействиям окружающей среды и продлить срок службы строительных конструкций [1].

Укрепление фундаментов является важной задачей в строительстве и реконструкции зданий, поскольку неправильная или сильная изношенность основания может привести к авариям, деформациям сооружений и снижению их эксплуатационной надежности. Основные причины, требующие проведения работ по укреплению, включают:

1. Текучие и слабые грунты. В районах, где грунты обладают высокой подвижностью, слабой несущей способностью или склонны к сжатию и уплотнению, фундамент подвергается повышенной нагрузке и риску проседания. Такие грунты часто встречаются в районе болот, водонасыщенных участков, пучинистых слоев. Это способствует необходимости проведения мероприятий по улучшению грунтов, стабилизации их свойств и повышения несущей способности основания.

2. Осадки и изменения уровня грунтовых вод. Регулярные или чрезмерные осадки могут привести к повышению уровня грунтовых вод, что ухудшает условия для основания здания. Повышенная влажность вызывает размывание и разжижение грунта, ухудшает его несущую способность, способствует развитию оползней и просадок. Изменения уровня грунтовых вод требуют проведения гидрологических мероприятий и укрепления фундаментов для предотвращения деформаций.

3. Механические повреждения или износ конструкции фундамента. Фундаменты могут страдать от воздействия механических факторов, таких как вибрации, ударные нагрузки, коррозия или износ материалов из-за долгого срока эксплуатации. Это снижает их надежность и требует вмешательства для восстановления или усиления.

4. Природные катаклизмы (землетрясения, оползни). Сильные природные опасности, такие как землетрясения или оползни, вызывают сдвиги, вибрации и нагрузку на сооружения, что может привести к их повреждению или разрушению. Укрепление фундаментов в этих районах обязательно для повышения их устойчивости к экстремальным условиям [2].

Для укрепления фундаментов используют различные методы, в зависимости от условий эксплуатации, типа грунтов, архитектурных особенностей и характера повреждений. К наиболее распространенным относятся:

– Инъекционные технологии – предполагают закачку под давлением в грунт специальных растворов, смол, глинистых материалов или цементных растворов. Эти методы позволяют укреплять слабые грунты, заполнять пустоты, восстанавливать структуру основания и формировать монолитное основание. Инъекции применяются для засевания трещин, стабилизации опорных слоев и снижения подвижности грунтов.

– Морфологические укрепления (обезвоживание, подсыпка) – включают мероприятия по изменению морфологии участка: удаление избыточной влаги через дренажные системы, подсыпку грунтов в случае просадок или размыва, а также искусственное создание более прочных слоев. Эти методы подходят для ликвидации причин разрушения и повышения устойчивости основания.

– Оболочечные системы (проливки, наращивание) – предполагают покрытие или укрепление фундамента посредством создания защитных слоев или монолитных оболочек. Так, могут использоваться проливки бетоном или цементными растворами, армированные конструкции, а также наращивание существующих конструкций с помощью дополнительных элементов для усиления несущих возможностей.

– Использование армирующих материалов и геосинтетиков. Введение в грунты специальных армирующих волокон, сеток, геотекстилей и георешеток повышает их прочность и устойчивость. Эти материалы уменьшают деформации, предотвращают развитие трещин и способствуют равномерному распределению нагрузок, что существенно повышает долговечность основания [3].

Подбор конкретных методов укрепления фундаментов зависит от специфики объекта, условий местности и степени изношенности. Эффективность достигается при комплексном подходе, включающем диагностику состояния основания, инженерный анализ и применение современных технологий.

Сегодня в строительной индустрии используются инновационные материалы, которые позволяют значительно повысить надежность, долговечность и устойчивость фундаментов зданий и сооружений. Рассмотрим подробнее каждый из указанных типов.

Бетонные и железобетонные смеси:

– Легкие бетоны с добавками для повышения морозостойкости и водонепроницаемости

Легкие бетоны – это бетоны, ориентированные на снижение плотности и веса, что способствует уменьшению нагрузок на конструкции и облегчает транспортировку и монтаж. Они создаются с использованием легких заполнителей, таких как пенополистирол, перлит, агломерированный шлак, пемза или вермикулит.

Добавки для повышения морозостойкости: включают водоотталкивающие добавки, антифризы или специальные химические модификаторы, улучшающие стойкость бетона к циклам замерзания-оттаивания.

Добавки для водонепроницаемости: гидрофобные компоненты, которые уменьшают пористость и препятствуют проникновению влаги, повышая долговечность конструкций в агрессивных условиях.

– Самоуплотняющиеся бетоны для быстрого и равномерного заполнения трещин и пустот

Самоуплотняющиеся бетонные смеси (self-consolidating concrete, SCC) отличаются высокой текучестью и способностью самоуплотняться без вибрации, добиваясь плотности и однородности.

Применяются для сложных дефектных участков, заполнения трещин, пустот и дефектных конструкций. Обеспечивают равномерное распределение по поверхности, минимизируют внутренние пустоты, повышают прочность, в том числе на сжатие и растяжение, и уменьшают время работ.

– Армированные бетоны с металлическими или композитными волокнами для повышения прочности

Армированные бетоны – это бетоны, в состав которых добавлены волокна. Типы волокон:

1) металлические (стальные): увеличивают сопротивляемость трещинам и повышают прочность на растяжение, ударная стойкость.

2) композитные (например, из полипропилена, полиэстера или арамидных волокон): улучшают трещиностойкость, пластичность и стабильность размеров.

Эти бетоны применяются в строительстве дорог, туннелей, мостов, а также для укрепления слабых или трещиноватых оснований и конструкций. Волокна способствуют более равномерному распределению напряжений и предотвращают развитие трещин.

Полимеры и синтетические материалы: эпоксидные, полиуретановые и акриловые смолы для инъектирования трещин и укрепления грунтов. Эти материалы широко используются для восстановления и укрепления бетонных и металлических конструкций, а также для герметизации трещин и дефектов.

- Эпоксидные смолы:

– обладают высокой адгезией, прочностью, химической стойкостью.

– отлично подходят для закрепления трещин, восстановления разрушенных участков и инъектирования слабых оснований.

– применяются для изготовления эпоксидных грунтовочных слоев, герметиков, плинтовок и композитных армирующих систем.

- Полиуретановые смолы:

– эластичные, обладают хорошей адгезией к бетону и металлу.

– используются для герметизации движущихся швов, заполнения трещин в подвижных и бетонных конструкциях, а также для создания водонепроницаемых барьеров.

- Акриловые смолы:

– просты в применении, быстро затвердевают, хороши для наружных работ.

– применяются для заливки трещин, гидроизоляции и декоративных покрытий.

– Водонепроницаемые мембраны из EPDM и иных синтетических материалов для гидроизоляции. Эти мембраны создают надежный барьер, препятствующий проникновению влаги в конструкции. EPDM (эпондреновый каучук): обладает высокой стойкостью к ультрафиолету, озону, температурным колебаниям, механическим нагрузкам; легко монтируется, может укладываться на различные основания; широко применяется для гидроизоляции кровель, фундаментов, водоемов и туннелей.

Другие синтетические мембраны:

– PVC (поливинилхлорид): легкие, устойчивые к химическим воздействиям, популярны для кровельных и гидроизоляционных систем.

– TPO (термопластичный пололефин): обладают хорошей стойкостью к ультрафиолету и высоким температурам, применяются для кровельных покрытий.

– PVC и TPO мембраны отличаются гибкостью и долговечностью, что обеспечивает длительную эксплуатацию гидроизоляционных систем.

Эти материалы используются для защиты фундаментов, цоколей, бассейнов, тоннелей, кровель и других конструкций, требующих обеспечения водонепроницаемости и защиты от агрессивной окружающей среды.

Композитные и армирующие средства – стеклопластиковые, углепластиковые и арамидные армирующие ленты и сетки. Эти материалы применяются для усиления строительных конструкций, повышения их прочностных характеристик и долговечности [4].

Стеклопластиковые ленты и сетки изготовлены из стеклопластиковых волокон, покрытых полимерной матрицей. Они обладают высокой прочностью на растяжение, коррозионной стойкостью, малым весом и хорошей совместимостью с бетоном и другими материалами. Используются для армирования трещин в бетоне, укрепления плоскостей и стен, а также для восстановления разрушенных конструкций.

Углепластиковые (карбоновый армирующий материал) характеризуются очень высокой прочностью и жесткостью, превосходя стеклопластиковые аналоги. Они устойчивы к химическим воздействиям, имеют малый вес и обеспечивают значительное усиление конструкций. Используются в случаях, требующих максимальной прочности – например, для усиления перекрытий, фундаментов, мостовых конструкций.

Арамидные (например, арамидные волокна типа Kevlar) отличаются высокой вязкостью, ударопрочностью и хорошей сопротивляемостью к растяжению. Применяются для усиления элементов, требующих высокой ударной и растягивающей прочности, например, в аварийных ситуациях или при ремонте трещин.

Материалы на основе полимерных смол для усиления конструкций и предупреждения трещинообразования. Это составы, состоящие из армирующих волокон (стекловолокна, углеродное или арамидное волокно) и полимерных смол. Они создают композитные системы, которые без увеличения веса существенно увеличивают прочность и жесткость конструкций.

– Используются для закрепления трещин, восстановления разрушенных участков, предотвращения дальнейшего развития трещинообразования.

– Обеспечивают сцепление между старой и новой структурой, делая ремонт долговечным и устойчивым к нагрузкам и износу.

– Обычно применяются как внутри конструкций (например, для укрепления стен или перекрытий), так и на поверхности – для наружных ремонтных работ.

Геосинтетика и геотекстиль. Геотекстили используются для повышения несущей способности грунтов и уменьшения нагрузки на фундамент. Геотекстили – это прочные материалы из синтетических волокон, которые кладут в слои грунта или между ними. Основная функция – разделение слоев, стабилизация грунта и предотвращение их перемешивания, повышают устойчивость грунта, увеличивая его несущую способность, предотвращают потерю стабильности грунтов при нагрузках, уменьшая проседание основания, а также используются при строительстве дорог, оснований зданий, для укрепления склонов и дамб.

Георешетки используются для укрепления склонов и основания через перераспределение нагрузок. Георешетки – это трехмерные структурированные сетчатые системы, изготовленные из полимерных материалов (например, полипропилена).

– Укрепляют слабые грунты или осыпания склонов.

– Распределяют нагрузку равномерно по поверхности, что позволяет снизить давление на основание или склон.

– Повышают устойчивость к эрозии, помогают укрепить конструкции при земляных работах, строительстве дорог и площадок.

– Используются в дорожном строительстве, для укрепления дорог, трасс и склонов, а также для восстановления эрозированных территорий.

Смеси на основе гидроизоляционных материалов – битумные, полимерные и цементные составы, создающие гидроизоляционный барьер, защищающий фундамент от влаги и воды. Эти смеси предназначены для защиты строительных конструкций от проникновения воды, что важно для увеличения их долговечности и предотвращения разрушения [5].

Битумные составы:

– Используются в виде мастик, наплавляемых рулонных материалов, мастик-склеек.

– Обеспечивают эластичный и водонепроницаемый слой.

– Отличаются хорошей адгезией к различным поверхностям и стойкостью к ультрафиолету и химическим воздействием.

Полимерные составы:

– Включают полимерцементные, полиуретановые, эпоксидные и полиуретан-каучуковые мастики и мембраны.

– Обладают высокой эластичностью, химической стойкостью и долговечностью.

– Хорошо подходят для сложных орнаментов, участков с движением и деформациями.

– Цементные составы

– Гидроизоляционные цементовые смеси (например, проникающие состава или стеклохолст с цементной пропиткой).

– Обеспечивают жесткий гидроизоляционный слой, устойчивый к механическим нагрузкам.

– Иногда используются в комбинации с другими материалами для повышения эффективности.

Общая задача таких смесей – создать непрерывный водонепроницаемый барьер, который защитит фундамент или другие конструктивные элементы от проникновения влаги и воды, что особенно важно в грунтах с повышенной влажностью или при наличии поверхностных и подпочвенных вод.

Современные строительные материалы разрабатываются с учетом передовых технологий и требований к качеству, функциональности и экономической эффективности. Их использование обеспечивает значительные преимущества в различных аспектах строительства и эксплуатации объектов.

1. Повышение прочности и устойчивости. Современные материалы, такие как композиты, специальные бетоны и усовершенствованные стали, обладают высокой механической прочностью. Это позволяет строить более надежные конструкции, способные выдерживать значительные нагрузки и экстремальные условия окружающей среды. Например, использование армированного бетона или новых сплавов укрепляет фундамент, стены и другие элементы, снижая риск разрушения и деформаций, а также повышая устойчивость к внешним воздействиям – ветру, землетрясениям и т.п.

2. Улучшение долговечности и износостойкости. Современные материалы часто отличаются высокой устойчивостью к коррозии, воздействию химических веществ, УФ-излучению и другим факторам, вызывающим старение. Это обеспечивает им долгий срок службы без необходимости частого ремонта или замены. Например, новые виды покрытий и пластики могут сохранять свои свойства десятилетиями в сложных климатических условиях, что снижает эксплуатационные расходы и повышает надежность объектов.

3. Уменьшение времени и стоимости работ. Использование современных материалов часто связано с более быстрым монтажом, меньшими затратами труда и меньшей необходимостью в дополнительных операциях. Свойства самоуплотняющихся смесей, быстровысыхающих составов или модульных элементов позволяют существенно сократить сроки возведения зданий и их ремонтных работ. В результате снижается общая стоимость проекта, что делает строительство более экономичным и доступным [6].

В совокупности все эти преимущества способствуют созданию более надежных, долговечных и экономически выгодных строительных объектов, отвечающих современным требованиям по качеству, экологичности и энергоэффективности. Современные материалы для укрепления фундаментов играют важную роль в обеспечении долговечности и надежности строительных конструкций. Благодаря инновационным технологиям, таким как композитные материалы, геосинтетики и высокопрочные смолы, удалось существенно повысить эффективность и безопасность методов укрепления. Их использование позволяет минимизировать затраты времени и ресурсов, а также снизить негативное влияние на окружающую среду. В дальнейшем развитие научных исследований и производство новых материалов откроет дополнительные возможности для более эффективного и устойчивого укрепления фундаментов в различных условиях, обеспечивая надежность и безопасность современных зданий и сооружений.

Список использованных источников

1. Алимов, Л. А. Строительные материалы : учебник / Л. А. Алимов. – М. : Academia, 2018. – 317 с.

2. Барабанщиков, Ю. Г. Строительные материалы и изделия : учебник / Ю. Г. Барабанщиков. – М. : Academia, 2019. – 368 с.

3. Берлинов, М. В. Основания и фундаменты / М. В. Берлинов. – СПб. : Лань, 2011. – 318 с.

4. Киреева, Ю. И. Современные строительные материалы и изделия : справочник / Ю. И. Киреева. – Ростов н/Д : Феникс, 2010. – 245 с.

5. Наназашвили, И. Х. Строительные материалы и изделия : справочное пособие / И. Х. Наназашвили. – М. : Аделант, 2008. – 480 с.

6. Соколов, Н. С. Основания и фундаменты : учебник для вузов / Н. С. Соколов. – М. : Юрайт, 2025. – 223 с.

УДК 69.04
67.23.13: Методология и технология проектных работ

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ ФЕРМ

Николюкин Алексей Николаевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: *valax1@yandex.ru*

Монастырев Павел Владиславович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, директор института АрхСиТ
e-mail: *monastyrev68@mail.ru*

Проектирование стальных ферм является одной из распространенных задач, встающих перед проектировщиком, поскольку от корректности и рациональности решений на этом этапе зависят надежность, долговечность и экономическая эффективность строительных объектов, особенно в случае перекрытий больших пролетов. Классический подход к проектированию включает выбор схемы фермы (треугольная, трапециевидная и др.), выполнение статического расчета для определения внутренних усилий, а также подбор сечений стержней с учетом нормативных требований по прочности, устойчивости и жесткости. Целевой функцией, как правило, выступает минимизация массы конструкции, что способствует снижению стоимости и материалоемкости.

Традиционные методы проектирования опираются на аналитические и численные решения, включая метод конечных элементов и разнообразные схемы оптимизации. С конца 20 века активно внедряются метаэвристические подходы: генетические алгоритмы, алгоритмы роя частиц, и др. Их преимуществом является возможность поиска оптимальных решений в условиях комбинаторной сложности задачи, однако ценой за это выступают значительные вычислительные затраты, поскольку каждое решение требует многократного пересчета конструкции [1 – 11].

На фоне стремительной цифровизации строительной отрасли особую актуальность приобретают методы машинного обучения. Нейронные сети, в частности глубокие архитектуры, проявляют высокую эффективность в аппроксимации сложных зависимостей, характерных для задач строительной механики. В ряде исследований показана возможность использовать нейросети в роли приближенных моделей (surrogate models), заменяющих ресурсоемкие итерационные процессы анализа и оптимизации.

Рассматривается потенциал применения нейронных сетей глубокого обучения в задачах проектирования стальных ферм. Обосновывается целесообразность такого подхода, анализируются существующие исследования, а также приводится собственная концепция построения ИНС для подбора сечений стержней стальных ферм. Особое внимание уделяется проблемам подготовки данных, выбору постановки задачи (регрессия vs классификация), формированию выборки и обработке ошибок в исходных данных [1 – 8].

В отличие от традиционного численного проектирования, использование нейронных сетей позволяет перейти к прямому решений: по заданным геометрическим параметрам и нагрузки фермы сеть способна предложить прокатный профиля для каждого элемента, опираясь на накопленные ранее решения. Такой подход эффективен на этапе предварительного проектирования, когда требуется быстрая оценка большого числа вариантов без проведения каждого полного расчета вручную. При этом нейросетевые модели не заменяют полностью инженерные методы, а дополняют их, позволяя ускорить поиск допустимого проектного решения.

Отмечена структура подготовленного набора данных, содержащего параметры фермы, тип элемента, нагрузки, материал и рассчитанные усилия. Обоснован выбор постановки задачи как многоклассовой классификации сечений профилей. Рассматриваются ключевые проблемы, такие как несогласованность единиц измерения, наличие опечаток в маркировке сечений, а также меры по устранению этих ошибок. Подчеркивается важность балансировки классов и корректной разбивки выборки [10].

Таким образом, использование нейронных сетей глубинного обучения открывает новые горизонты в проектировании стальных ферм, особенно при разработке интеллектуальных систем поддержки проектных решений. Развернутый анализ архитектур и особенностей применения нейронных сетей, может стать основой для последующих прикладных и экспериментальных исследований в этом направлении.

Одним из ключевых факторов эффективности нейросетевой модели в задачах проектирования является выбор соответствующей архитектуры. Наиболее часто применяются полносвязные нейронные сети (Fully Connected Networks, FCN), обладающие достаточной универсальностью для аппроксимации сложных нелинейных зависимостей. Однако по мере увеличения сложности задач и объема входных данных встает необходимость применения более продвинутых архитектур. Например, сверточные нейронные сети (CNN) демонстрируют высокую устойчивость к шуму (разбросу данных) и эффективны при работе с представлением геометрии фермы в виде матриц или изображений, что позволяет использовать их в задачах визуального анализа и автоматической генерации схем.

Еще одним перспективным направлением являются рекуррентные нейронные сети (RNN) и их модификации, такие как LSTM и GRU, применяемые в задачах, где требуется учитывать последовательность параметров проектирования, например при эволюционном подборе конфигураций или анализе временных рядов эксплуатационных нагрузок.

Особое внимание в последние годы привлекают трансформер-архитектуры NN, изначально разработанные для задач обработки естественного языка. Благодаря способности эффективно моделировать зависимости между элементами входной последовательности, трансформеры применяются в задачах генерации оптимальных проектных решений на основе ограниченного количества примеров. Их преимуществом является способность учитывать контекст всей схемы фермы при принятии решения о выборе сечения для отдельного элемента.

На практике выбор архитектуры NN должен определяться не только сложностью самой задачи, но и характером доступных данных. При ограниченном объеме обучающей выборки рекомендуется использовать компактные модели с минимальным количеством параметров для предотвращения переобучения. В этом случае эффективно применение регуляризации, методов отбора признаков, а также предварительного обучения (pretraining) на смежных задачах.

Существенным этапом построения модели является также выбор функции потерь. При классификационном подходе используется категориальная кросс-энтропия, при этом важно учитывать дисбаланс классов, корректируя веса ошибок в функции потерь. В задачах регрессии, где требуется предсказать, например, числовые характеристики профиля, могут применяться среднеквадратичная ошибка (MSE), MAE и их модификации, учитывающие инженерную значимость ошибки (например, штраф за недоиспользование несущей способности).

Кроме архитектурных и вычислительных аспектов, следует отметить, что встает проблема интерпретируемости нейросетевых решений. Поскольку инженерные расчеты требуют не только результата, но и его обоснования, важным направлением становится применение методов XAI (Explainable Artificial Intelligence). Использование таких подходов, как SHAP, LIME и визуализация скрытых слоев, позволяет повысить доверие к нейросетевой модели и адаптировать ее под нужды профессионального проектировщика.

Следует отметить, что применение NN особенно ценно при работе с большим количеством проектных вариантов, не заменяя, а дополняя классические методы расчета. Таким образом, нейросети представляют собой перспективный инструмент для интеграции в интеллектуальные системы поддержки проектных решений, обеспечивая быстрое и допустимо точное определение параметров конструкции в условиях ограниченного времени.

Таким образом, нейронные сети глубокого обучения представляют собой мощный и перспективный инструмент в арсенале средств автоматизации проектирования стальных ферм. Проведенный в статье анализ подтверждает, что использование нейросетевых моделей позволяет существенно сократить временные и вычислительные затраты на предварительном этапе проектирования за счет прямого прогнозирования рациональных конструктивных решений на основе обобщенного опыта расчетов. Применение различных архитектур – от классических полносвязных сетей до современных трансформеров – обеспечивает гибкость подхода и возможность адаптации под конкретные задачи и характеристики исходных данных. Особенно ценным оказывается использование НСГО в рамках интеллектуальных систем поддержки принятия проектных решений, где нейросети способны выполнять роль экспертных подсистем, дополняя традиционные методы и предоставляя инженерно обоснованные предложения в условиях ограниченных ресурсов.

Наряду с достоинствами, рассмотренный подход требует решения ряда проблем, связанных с интерпретируемостью моделей, необходимостью строгой валидации, обеспечением полноты и качества обучающих выборок, а также учетом нормативных ограничений. Тем не менее, развитие технологий XAI и методов интеллектуального анализа данных позволяет надеяться на дальнейшее повышение прозрачности и надежности таких моделей. Перспективными направлениями будущих исследований являются внедрение гибридных схем, совмещающих численные методы и глубокое обучение, а также развитие самонастраивающихся моделей, способных адаптироваться к новым проектным условиям без необходимости ручной перекалибровки.

Становится очевидным, что интеграция NN в процессы проектирования стальных конструкций открывает путь к созданию полноценных цифровых помощников инженера-проектировщика, способных работать в реальном времени и обеспечивать высокую скорость принятия решений. В контексте стремительной цифровизации строительной отрасли это направление приобретает не только научную, но и прикладную значимость, что определяет актуальность дальнейших исследований в данной области.

Список использованных источников

1. Nourian N., El-Badry M., Jamshidi M. Design Optimization of Truss Structures Using a Graph Neural Network-Based Surrogate Model // Algorithms. 2023. Т. 16, № 8. Art. 380. DOI: 10.3390/a16080380.

2. Hayashi K., Ohsaki M. Reinforcement Learning and Graph Embedding for Binary Truss Topology Optimization Under Stress and Displacement Constraints // Front. Built Environ. 2020. Vol. 6. Art. 59. DOI: 10.3389/fbuil.2020.00059.

3. Liew A., Avelino R., Moosavi V., Van Mele T., Block P. Optimising the load path of compression-only thrust networks through independent sets // Struct. Multidiscip. Optim. 2019. Т. 60. С. 231–244. DOI: 10.1007/s00158-019-02214-w.

4. Hagishita T., Ohsaki M. Topology optimization of trusses by growing ground structure method // Struct. Multidiscip. Optim. 2009. Т. 37. С. 377–393. DOI: 10.1007/s00158-008-0237-4.

5. Topping B., Khan A., Leite J. Topological design of truss structures using simulated annealing // Struct. Eng. Rev. – 1996. – Т. 8. – С. 301 – 304.

6. Dorn W., Gomory R., Greenberg H. J. Automatic Design of Optimal Structures // J. Mech. – 1964. – Т. 3. – С. 25 – 52.

7. Wang D., Zhang W. H., Jiang J. S. Truss shape optimization with multiple displacement constraints // Comput. Methods Appl. Mech. Eng. – 2002. – Т. 191. – С. 3597 – 3612.

8. Алексейцев, А. В. Оптимизация плоских ферм на основе генетического поиска и итеративной процедуры триангуляции / А. В. Алексейцев, И. Н. Серпик // Строительство и реконструкция. – 2011. – № 2(34). – С. 3 – 8.

9. Зинькова, В. А. Оптимизация топологии металлических ферм / В. А. Зинькова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2015. – № 2. – С. 37 – 40.

10. Кашеварова, Г. Г. «Искусственный интеллект», или «логические рассуждения и разумные решения» в технической диагностике объектов строительства / Г. Г. Кашеварова // Academia. Архитектура и строительство. – 2023. – № 4. – С. 166 – 180.

11. Николюкин, А. Н. Анализ применения методов машинного обучения в строительной отрасли / А. Н. Николюкин, П. В. Монастырев // Эксперт: теория и практика. – 2025. – № 1(28). – С. 157 – 171.

УДК 624.072
67.11.29: Основания и фундаменты

НЕЛИНЕЙНЫЙ РАСЧЕТ ЛЕНТОЧНОГО ФУНДАМЕНТА НА ДВУХСЛОЙНОМ ОСНОВАНИИ С НАКЛОННЫМ СЛОЕМ С УЧЕТОМ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ. ВЕРИФИКАЦИЯ С ЭКСПЕРИМЕНТОМ

Пусенков Анатолий Григорьевич
«*Белорусский Государственный университет транспорта*», *аспирант,*
главный инженер завода КПД ОАО «Гомельский ДСК»
e-mail: *pusenkov_a@mail.ru*

Козунова Оксана Васильевна
кандидат технических наук, доцент кафедры СЭЗС ФСН МИПКиПК БНТУ,
доцент кафедры ММС ФТК БНТУ, г. Минск
доцент кафедры ПГС Строительного факультета, г. Могилев
e-mail: *kozunova@gmail.by*

Аннотация. В статье представлено сравнение нелинейного расчета осадок с наклонным слоем с более полным изучением контактной зоны упругого основания и ленточного фундамента без учета касательных напряжений, а также с их учетом. Проводится числовая апробация вариационно-разностным методом (ВРМ) и верифицируются результаты в том числе и с линейным расчетом и лотковым экспериментом.

Ключевые слова: упругое двухслойное основание, балочная плита, осадки основания, напряженно-деформированное состояние, касательные напряжения, зона контакта, характеристики основания.

Введение. Инженерные изыскания должны обеспечивать комплексное изучение природных и техногенных условий территорий предполагаемого, намеченного или проектируемого строительства [1].

Современные реалии архитектуры требуют строительства все более сложных, высотных и не типовых зданий и сооружений. Изучение инженерно- геологических условий площадки, с учетом их изменений при строительстве и эксплуатации проектируемого здания, установление нормативных и расчетных значений характеристик грунтов и др. является основной задачей инженерно- геологического изыскания [1]. Поэтому перед специалистами стоят задачи разработки методов решений с высокой требуемой точностью совместной деформации фундаментов и сложных оснований, но из-за их разнообразия в настоящее время нет возможности дать строгое решение пространственной задачи.

Согласно экспериментальным и теоретическим исследованиям [2] оптимальным методом решения является нелинейный расчет взаимодействия фундамента (балочной плиты) и основания, которые позволяют выполнить более достоверную оценку работы. Методика расчетного исследования базируется на положениях разработанного вариационно-разностного подхода решения контактной задачи для нелинейно- упругого неоднородного основания [3], и на статических расчетах балочной плиты на однородном упругом основании с учетом касательных напряжений [4].

Автором предлагается нелинейный расчет двухслойного основания с наклонным слоем под ленточным фундаментом с учетом касательных напряжений в зоне контактного взаимодействия.

Постановка задачи. Алгоритм линейного расчета. На рисунке 1 показан инженерно-геологический разрез проектируемого места строительства. В строительстве геологический разрез является основным проектным документом, на котором указаны все основные элементы плана и профиля, типы и расположение искусственных сооружений.

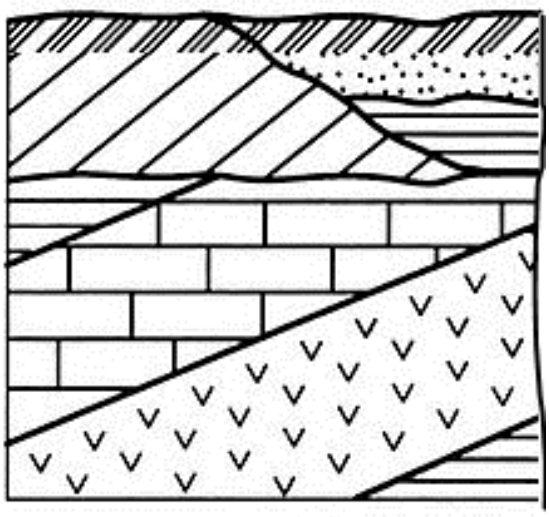


Рис. 1. Инженерно- геологический разрез

На рисунке 2 представлено двухслойное основание со слабым слоем сверху. Наклон слоев составляет 45°.

На наклонном двухслойном основании общей глубиной (толщиной) H расположена балочная плита ленточных фундаментов с приложенной внешней нагрузкой $q(x)$. Параметры плиты следующие: высота плиты h, ширина плиты $2l$, изгибная жесткость EJ.

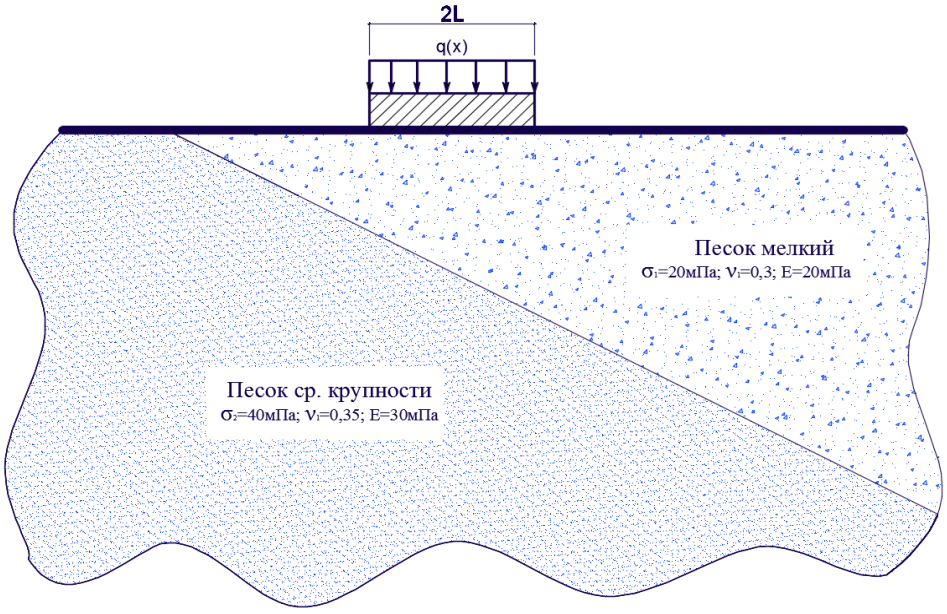


Рис. 2. Двухслойное наклонное основание

Вводим гипотезы (предположения) и допущения для расчета балочных плит на упругом основании: гипотезы теории упругости справедливы для рассчитываемой области упругого основания; допущения и гипотезы плоского изгиба балки справедливы для плиты.

Для решения рассматриваемой задачи применяется вариационно-разностный метод (ВРМ) [5], который реализуется в перемещениях через конечно-разностные соотношения теории упругости (случай плоской деформации) при использовании в решении функционала полной потенциальной энергии деформации системы, состоящей из плиты, упругого основания и зоны контактного взаимодействия.

Основание при расчете заменяется прямоугольной расчетной областью рис. 3, на границах которой перемещения равны нулю; в контактной зоне справедливо равенство осадок основания прогибам плиты.

Основание аппроксимируется разбивочной сеткой конечных размеров с постоянным шагом по осям (рис. 3).

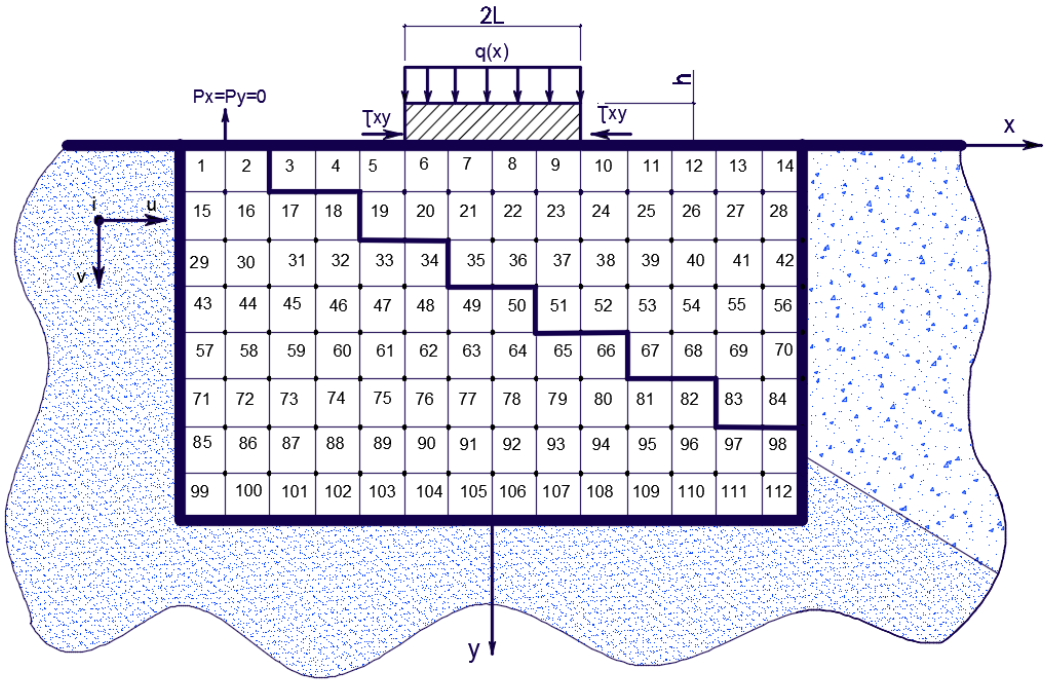


Рис. 3. Разбивочная сетка расчетной области

Алгоритм нелинейного расчета. За неизвестные принимаем: $u_i(x, y)$, $v_i(x, y)$ – компоненты вектора перемещения i-й узловой точки основания (на рис. 3 принято 112 точек), направленные вдоль осей X и Y соответственно; $p_y^{(i)}(x, y)$ – реактивные давления в зоне контакта балочной плиты с основанием; $\tau_{xy}^{(i)}(x, y)$ – касательные напряжения, в зоне контакта балочной плиты с основанием; q_x – распределенная нагрузка.

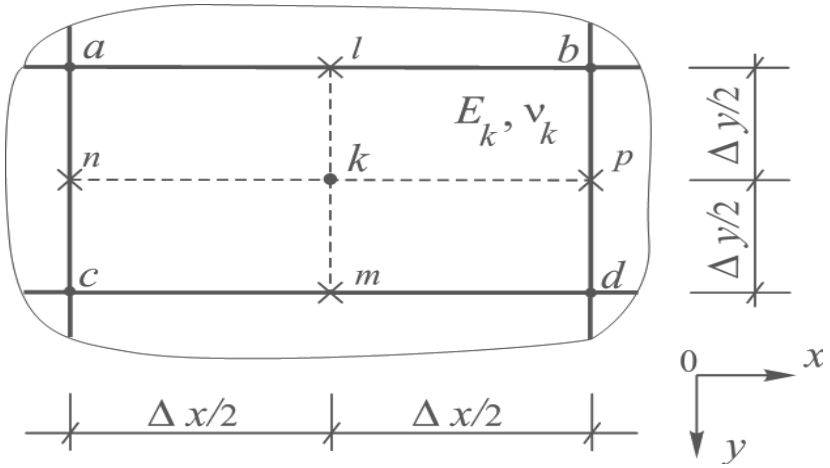


Рис. 4. Прямоугольная ячейка метода конечных разностей

Зависимость интенсивности напряжений и деформаций в слое z для двухслойного упругого основания определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{iz}^{(k)} = \sigma_{uz} \operatorname{th}\left(\frac{E_{0z}}{\sigma_{uz}} \varepsilon_{iz}^{(k)}\right), \tag{1}$$

где $\sigma_{iz}^{(k)}$ – интенсивность напряжений в точке k центра ячейки слоя z упругого основания; σ_{uz} – предел текучести в слое z упругого основания; E_{0z} – начальный модуль деформации в слое z упругого основания; $\varepsilon_{iz}^{(k)}$ – интенсивность деформаций в точке k центра ячейки слоя z упругого основания.

Вначале решается задача в линейной постановке. По вычисленным значениям перемещений i-й узловой точки $u_i(x)$, $v_i(y)$, используя геометрические уравнения Коши и конечно-разностные соотношения, определяется *интенсивность деформаций* и *интенсивность напряжений* в центрах ячеек (см. формулы теории упругости).

Имея значения напряжений и перемещений, полученных в результате решения задачи в первом приближении, определяется *касательный модуль деформации* для каждой ячейки. и задача решается во втором и последующих приближениях:

$$E_z^{(k,n)} = \frac{E_{0z}}{\mathrm{ch}^2\left(\frac{E_{0z}}{\sigma_{uz}}\varepsilon_{iz}^{(k,n-1)}\right)}, \quad (2)$$

где $E_z^{(k,n)}$ – модуль деформации слоя z упругого основания в точке k центра ячейки для первого и последующего (n) приближения; $\varepsilon_{iz}^{(k,n-1)}$ – интенсивность деформаций в точке k центра ячейки слоя z упругого основания для нулевого и последующего (n – 1) приближения.

Нелинейный расчет заканчивается, как только разница между последующим и предыдущим приближением исследуемой функции будет соответствовать установленной точности решения задачи.

$$\delta_f = \frac{f_{\max}^{(n)} - f_{\max}^{(n-1)}}{f_{\max}^{(n)}} \cdot 100\% \le \xi, \quad (3)$$

где $f_{\max}^{(n)}$, $f_{\max}^{(n-1)}$ – максимальные значения итераций; n – номер итераций.

Подробная методика нелинейного расчета опубликована совместно с соавтором канд. техн. наук, доцентом О. В. Козуновой [4], которая является научным руководителем.

Постановка задачи. Для решения задач составлена расчетная программа в Mathematica 13.0 и проведена ее числовая апробация для двухслойного основания [6]:

1-й слой – песок мелкий: $\sigma_{y1} = 0,2$ МПа ; $\nu = 0,3$; $E = 20$ МПа;

2-й слой – песок средней крупности: $\sigma_{y2} = 0,4$ МПа ; $\nu = 0,35$; $E = 40$ МПа.

Балочная плита – железобетонная плита ленточного фундамента (ФЛ) с классом бетона С20/25 и типовым армированием. Задаем следующие характеристики плиты: длина – l = 1,6 м, высота – h = 0,3 м; модуль упругости бетона – $E_б = 2,75 \cdot 10^{10}$ Па .

На балочную плиту действует равномерно распределенная нагрузка q(x), которая заменяется сосредоточенными силами P1 = P3 = 100 кН, P2 = 200 кН.

Для итерационного процесса сходимости [7] устанавливаем критерий равный – 3%.

В компьютерной программе Mathematica 13.0 составляем алгоритм расчета и определяем горизонтальные и вертикальные перемещения узловых точек в линейном, а затем и в нелинейных расчетах. Результаты получаем как с учетом касательных напряжений так и без них. Далее проводится верификация.

Результаты расчета осадок. На рисунке 5 представлены результаты осадок. Сходимость подтверждена в третьей итераций и составила 0,8%. Наблюдается просадка правой стороны плиты за счет увеличения расчетной области слабого верхнего слоя (песок мелкий). Так же стоит обратить внимание на увеличение осадок с правой стороны за счет более точного расчета с учетом касательных напряжений на 2,1%, что в свою очередь позволит проектировать надежные фундаменты рациональных конструкций.

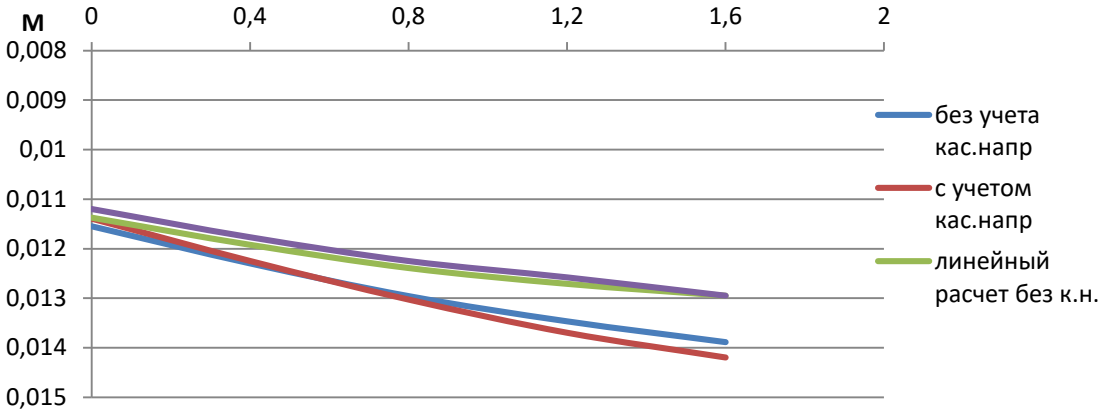


Рис. 5. График сравнения результатов осадок двухслойного основания и плиты с учетом касательных напряжений и без них в контактной зоне для первых трех итераций, а так же линейного расчета

Верификация с экспериментом. На рисунке 6 отображен результат осадок двухслойного основания под ленточным фундаментом (балочная плита) в масштабе 8:1 от численного решения задачи. Наблюдаются максимальные осадки в верхнем непрочном слое (песок мелкий), причем, по всей длине расчетной области за пределами штампа. Деформация нижнего прочного слоя (песок крупный) так же визуально наблюдается практически по всей вертикальной области под штампом и за его пределами. Крен фундамента (балочной плиты) от расчетной нагрузки лоткового эксперимента и численные расчеты (рис. 5), отображенные на графике совпадают.



Рис. 6. Общий вид лотка после испытаний балочной плиты штампом весом 25 кг с учетом касательных напряжений

На рисунке 7 отображен результат осадок двухслойного основания под ленточным фундаментом (балочная плита) в масштабе 8:1 от численного решения задачи. Для исключения трения в контактной зоне балочная плита была смазана антиадгезионной смазкой. При одинаковых грунтовых условиях и нагрузкой, также наблюдаются осадки в верхнем непрочном слое (песок мелкий) по всей длине расчетной области за пределами штампа. Деформация нижнего прочного слоя (песок крупный) минимальна. Крен фундамента (балочной плиты) от расчетной нагрузки лоткового эксперимента и численные расчеты (рис. 5), отображенные на графике совпадают.



Рис. 7. Общий вид лотка после испытаний балочной плиты штампом весом 25 кг без учета касательных напряжений

Заключение. По результатам теоретических исследований сделаны следующие выводы:

1. В представленной статье усложнена постановка и методика расчета системы балочной плиты с двухслойным основанием за счет учета касательных напряжений в зоне контакта [8], и в связи с наличием наклонного слоя в основании, который увеличивает его неоднородность и создает опасность неравномерных осадок фундаментной плиты и ее крен.

2. Выполнен нелинейный расчет осадок двухслойного основания. Проведена верификация с линейными расчетами осадок основания с учетом касательных напряжений и без них.

3. Проведен лотковый эксперимент с учетом касательных напряжений и без них в контактной зоне. Проведена верификация с численными решениями.

4. Впервые получена возможность проектировать фундаменты с учетом более высокой степенью объективности [9].

Список использованных источников

1. СН 1.02.01–2019. Инженерные изыскания для строительства.

2. Козунова, О. В. Особенности проектирования плитных фундаментов на многослойных основаниях со слабыми слоями грунтов / О. В. Козунова // Рекомендации по проектированию и устройству рациональных фундаментов на основаниях, сложенных озерно-ледниковыми и лессовидными грунтами : Р 5.01.056.09 : введ. 01.10.09. – Минск : Стройтехнорм, 2009. – Гл. 8. – С. 39 – 47.

3. Босаков, С. В. Вариационно-разностный подход в решении контактной задачи для нелинейно-упругого неоднородного основания. Плоская деформация. Теория расчета / С. В. Босаков, О. В. Козунова // Архитектура и строительство. – Минск : БНТУ, 2009. – С. 5 – 13.

4. Козунова, О. В., Пусенков А. Г. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – № 1(36). – С. 39 – 44.

5. Козунова, О. В. Статический анализ системы «балочная плита – нелинейно-упругое неоднородное основание» вариационно-разностным методом : дис. … канд. техн. наук: специальность 05.23.17 Строительная механика. – Минск, БНТУ, 2017. – 168 с.

6. Яголковский, С. Н. Влияние учета сцепления упругого слоя с подстилающим основанием на результаты расчета балок / С. Н. Яголковский // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1969. – № 4. – С. 3 – 5.

7. Винокуров, Е. Ф. Итерационный метод расчета оснований и фундаментов / Е. Ф. Винокуров // Строительство и архитектура Белоруссии. – 1970. – № 1. – С. 31 – 34.

8. Гудушаури, И. И. Расчет фундаментных полос на действие симметричных и обратносимметричных нагрузок с учетом касательных напряжений на поверхности контакта / И. И. Гудушаури // Известия АН СССР. Механика и машиностроение. – 1960. – № 6.

9. Руководство по проектированию плитных фундаментов каркасных зданий и сооружений башенного типа. Разработано к СНиП II-15-74. – М. : Стройиздат., 1984. – 265 с.

УДК 621.1.016
31.3: Теплоэнергетика. Теплотехника

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВНУТРЕННЕГО И НАРУЖНОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО УТЕПЛЕНИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ДОМОВ 50-х – 70-х ГОДОВ

Сайкина Людмила Руслановна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *saykin_777@mail.ru*

Муравьев Дмитрий Александрович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *saykin_777@mail.ru*

Киселева Олеся Анатольевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: *kiseleva_oa@rambler.ru*

Расчеты теплопотерь наружных стеновых панелей в городе Тамбов проводились в программе «Smart Calc» [1].

Тепловая защита для города Тамбов представлена в табл. 1.

Схема конструкции трехслойной железобетонной стеновой панели с внутренним утеплением из минеральной ваты (*а*) и схема конструкции трехслойной железобетонной стеновой панели с наружным утеплением из минеральной ваты и вентилируемым фасадом (*б*) приведена на рис. 1.

Результаты расчета тепловой защиты для города Тамбов по варианту (*а*) приведены в табл. 2.

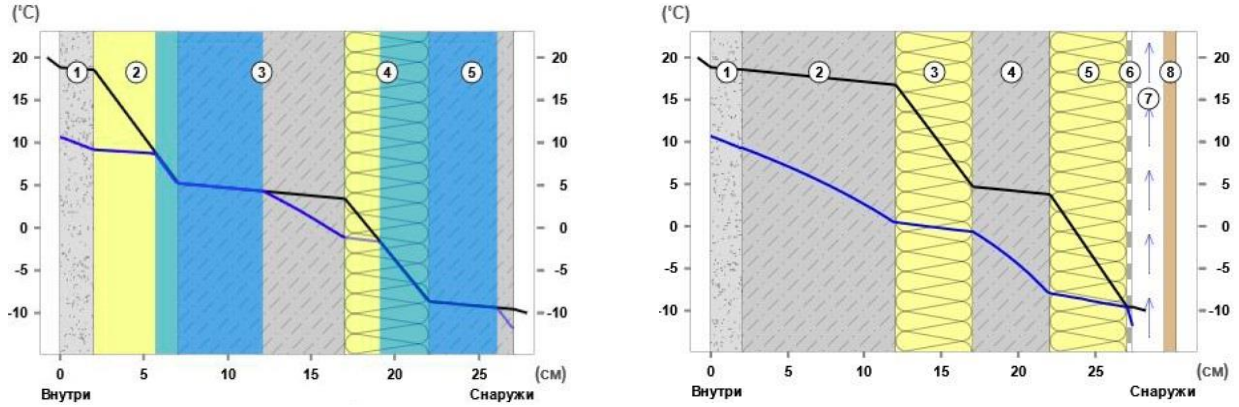
Термическое сопротивление ограждающей конструкции – 2,80 ($м^2 \cdot °С$)/Вт.

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R] – 2,96 ($м^2 \cdot °С$)/Вт.

Сопротивление паропроницанию от внутренней поверхности конструкции до плоскости максимального увлажнения меньше требуемого сопротивления пароизоляции из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха.

1. Тепловая защита для города Тамбов

Температура холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92	–25 °С
Продолжительность отопительного периода	197 суток
Средняя температура воздуха отопительного периода	–3,2 °С
Количество градусо-суток отопительного периода (ГСОП)	4570 °С·суток
Температура воздуха в помещениях	23 °С



а) *б*)

Рис. 1. Схема конструкции трехслойной железобетонной стеновой панели с внутренним утеплением из минеральной ваты (*а*) и схема конструкции трехслойной железобетонной стеновой панели с наружным утеплением из минеральной ваты и вентилируемым фасадом (*б*):
а: *1* – цементно-песчаный раствор – 20 мм; *2* – минеральная (каменная) вата 75 – 120 кг/м^3;
3 – 5 – трехслойная железобетонная стеновая панель – 200 мм;
б: *1* – цементно-песчаный раствор – 20 мм; *2 – 4* – трехслойная железобетонная стеновая панель – 200 мм;
5 – минеральная (каменная) вата 45 – 75 кг/м^3; *6* – влаго-ветрозащитная мембрана – 0,1 мм;
7 – вентилируемая воздушная прослойка – 20 мм; *8* – Керамогранитная плитка

2. Результаты расчета тепловой защиты для города Тамбов

d, мм	Материал	λ	*R*	T_{max}	T_{min}
	Сопротивление тепловосприятию		0,11	20,00	18,80
20	Цементно-песчаный раствор	0,76	0,03	18,80	18,60
50	Минеральная (каменная) вата 75 – 120 кг/м^3	0,038	1,32	18,60	5,20
100	Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон 1400 кг/м^3	0,56	0,18	5,20	3,40
50	Минеральная (каменная) вата 200 кг/м^3	0,042	1,19	3,40	–8,70
50	Керамзитобетон на керамзитовом песке и керам-зитопенобетон 1400 кг/м^3	0,56	0,09	–8,70	–9,60
	Сопротивление теплоотдаче		0,04	–9,60	–10,00

Слой № 2 [Минеральная (каменная) вата 75 – 120 кг/м^3]

Сопротивление паропроницанию от внутренней поверхности конструкции до плоскости максимального увлажнения меньше требуемого сопротивления пароизоляции из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха.

Слой № 4 [Минеральная (каменная) вата 170 – 220 кг/м^3]

Сопротивление паропроницанию от внутренней поверхности конструкции до плоскости максимального увлажнения меньше требуемого сопротивления пароизоляции из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха.

Результаты расчета тепловой защиты для города Тамбов по варианту (*б*) приведены в табл. 3

3. Результаты расчета тепловой защиты для города Тамбов

d, мм	Материал	λ	*R*	T_{max}	T_{min}
	Сопротивление тепловосприятию		0,11	20,00	18,80
20	Цементно-песчаный раствор	0,76	0,03	18,80	18,60
100	Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон 1400 кг/м³	0,56	0,18	18,60	16,80
50	Минеральная (каменная) вата 200 кг/м³	0,042	1,19	16,80	4,70
50	Керамзитобетон на керамзитовом песке и керам-зитопенобетон 1400 кг/м³	0,56	0,09	4,70	3,80
50	Минеральная (каменная) вата 45 – 75 кг/м^3;	0,038	1,32	3,80	-9,60
0,1	Влаговетрозащитная мембрана		0,00	–9,60	–9,60
	Сопротивление теплоотдаче		0,09	–10,00	–10,00
20	Вентилируемая воздушная прослойка	0	0,00	–9,60	–10,00
	Керамогранитная плитка	0,29	0,02	–10,00	–10,00

Термическое сопротивление ограждающей конструкции – 2,80 (м^2·°С)/Вт.

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [*R*] – 3,01 (м^2·°С)/Вт.

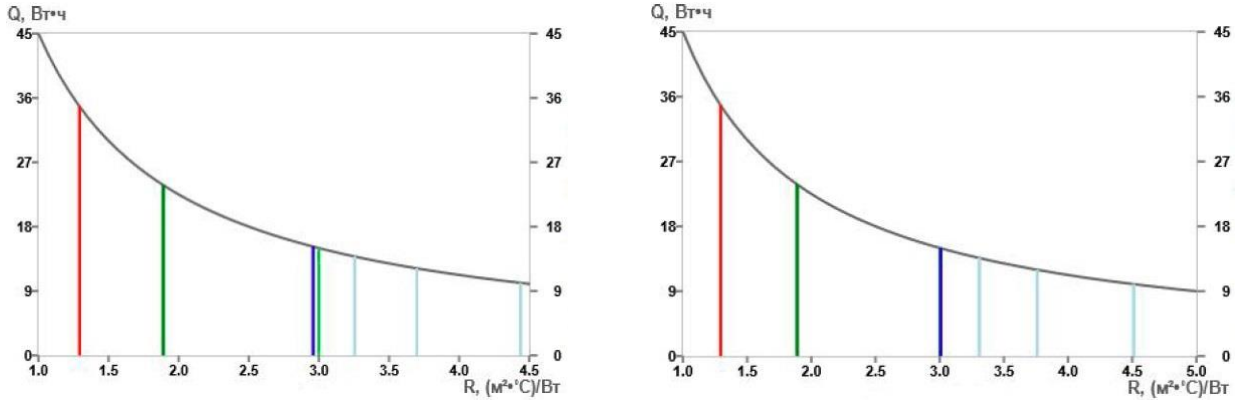
В ограждающей конструкции переувлажнение невозможно.

Конструкция удовлетворяет требованиям защиты от переувлажнения.

Рассчитанные тепловые потери ограждающих конструкций по вариантам (*а*) и (*б*) для города Тамбов представлены на рис. 2.

Потери тепла (в час) в зависимости от изменения сопротивления теплопередаче в городе Тамбов по варианту (*а*) представлены в табл. 4.

Потери тепла (в час) в зависимости от изменения сопротивления теплопередаче в городе Тамбов по варианту (*б*) представлены в табл. 5.



а) *б*)

Рис. 2. Рассчитанные тепловые потери ограждающих конструкций по вариантам (*а*) и (*б*) для города Тамбов

4. Потери тепла (в час) в зависимости от изменения сопротивления теплопередаче в городе Тамбов по варианту (*а*)

Сопротивление теплопередаче	*R*	±*R*, %	*Q*	±*Q*, Вт·ч
Санитарно-гигиенические требования [R_C]	1,29	–56,30	34,80	19,59
Нормируемое значение поэлементных требований [$R_Э$]	1,89	–36,13	23,81	8,60
Базовое значение поэлементных требований [$R_Т$]	3,00	1,38	15,00	–0,21
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [*R*]	2,96	0,00	15,21	0,00
R + 10%	3,25	10,00	13,83	–1,38
R + 25%	3,70	25,00	12,17	–3,04
R + 50%	4,44	50,00	10,14	–5,07
R + 100%	5,92	100,00	7,60	–7,60

5. Потери тепла (в час) в зависимости от изменения сопротивления теплопередаче в городе Тамбов по варианту (*б*)

Сопротивление теплопередаче	*R*	±*R*, %	*Q*	±*Q*, Вт·ч
Санитарно-гигиенические требования [R_C]	1,29	–57,01	34,80	19,84
Нормируемое значение поэлементных требований [$R_Э$]	1,89	–37,17	23,81	8,85
Базовое значение поэлементных требований [$R_Т$]	3,00	–0,28	15,00	0,04
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [*R*]	3,31	0,00	14,96	0,00
R + 10%	3,31	10,00	13,60	–1,36
R + 25%	3,76	25,00	11,97	–2,99
R + 50%	4,51	50,00	9,97	–4,99
R + 100%	6,02	100,00	7,48	–7,48

Примечание: ±*R*, % – изменение сопротивления теплопередаче в процентном соотношении. ±*Q*, Вт·ч. – Изменение количества теплопотерь в час.

По полученным результатам можно сделать следующий вывод:

– потери тепла за отопительный сезон по варианту (*а*): 37,07 кВт·ч.

– потери тепла за отопительный сезон по варианту (*б*): 36,47 кВт·ч.

Наихудший вариант по количеству и объему «зоны конденсации» является вариант (*а*) с двумя «зонами конденсации». Одна из которых оказывается внутри минераловатного утепления, находящегося внутри помещения. Методом протапливания ограждающих конструкций данную проблему устранить практически невозможно. Возможность появления грибка и плесени на внутренних гранях ограждающих конструкций, особенно на стыках, велика, поэтому данный вариант также является неудовлетворительным.

С точки зрения правильной эксплуатации конструкции, теплотехнической и конструктивной составляющей, а также с соблюдением правил энергетической эффективности и повышенной долговечности наилучшим вариантом для капитального ремонта или реконструкции является вариант с наружным утеплением из минеральной ваты и вентилируемым фасадом [2 – 5]. Вентилируемая воздушная прослойка обеспечивает проветривание наружного утеплителя, что повышает долговечность материала. Влаго-ветрозащитная мембрана позволяет утеплителю на подвергаться воздействию влаги, пыли и т.д.

Список используемых источников

1. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Введ.-01.01.2013 – М. : 2012. – 124 с.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. – Введ.- 01.07.2013 – М. : 2012. – 95 с.
3. Дыховичный, Ю. А. Краткий справочник по проектированию жилых и гражданских зданий / Ю. А. Дыховичный, М. С. Каменкович. – М. : Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 2018. – 508 с.
4. ГОСТ 9573–2012. Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные. – Введ. 01.07.2013. – М. : 2012. – 12 с.
5. Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов : постановление Правительства РФ от 25 января 2011 года № 18.

УДК 624.042.5 Температурные влияния
67.03.05: Строительная физика

ПОСТАНОВКА В ПРОИЗВОДНЫХ И РЕШЕНИЕ МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Семенов Даниил Аркадьевич

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», аспирант, Высшая школа промышленно-гражданского и дорожного строительства

e-mail: dan290797@gmail.com

Постановка задачи теплопроводности в производных

Рассмотрим плоскую область *S*, ограниченную контуром Г. Классическую постановку задачи для определения нестационарного распределения температуры *T* = T(*x*, *y*, *t*) в области *S* запишем следующим образом 2:

$$S: k\Delta T + d = \frac{\partial T}{\partial t}\rho c, \quad (1)$$

$$\Gamma_1: T = T_1(t), \tag{2}$$

$$\Gamma_2: k\partial_n T = p(t), \tag{3}$$

$$t = t_0: T = T_0(x, y) \tag{4}$$

где $\alpha = k/\rho c$ – коэффициент температуропроводности, м^2/с; k – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); ρ – плотность, кг/м^3; c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); d – функция источников тепла; p – тепловой поток на границе, Вт/м^2.

Сформулируем задачу, в которой неизвестными являются первые производные по координате от температуры, а также производная от температуры по времени:

$$q_x = k\partial_x T, q_y = k\partial_y T, \dot{T} = \frac{\partial T}{\partial t} \tag{5}$$

Тогда уравнение (1) запишем следующим образом:

$$\partial_x q_x + \partial_y q_y + d = \dot{T}\rho c. \tag{6}$$

Функции q_x, q_y, $\dot{T}$ удовлетворяют уравнениям:

$$\partial_x q_y - \partial_y q_x = 0, \tag{7}$$

$$\partial_t q_x = \partial_x \dot{T}, \tag{8}$$

$$\partial_t q_y = \partial_y \dot{T}, \tag{9}$$

Продифференцируем уравнение (6) по X и по Y, уравнение (5) по времени. Получим следующие уравнения:

$$\begin{aligned} \Delta q_x + \partial_x d &= \partial_x \dot{T}\rho c, \\ \Delta q_y + \partial_y d &= \partial_y \dot{T}\rho c, \\ \partial_t q_x &= k\partial_x \dot{T}, \\ \partial_t q_y &= k\partial_y \dot{T}. \end{aligned} \tag{10}$$

Граничные условия относительно функций q_x, q_y получим продифференцировав по нормали и дуге контура Г функцию температур

$$k\partial_n T = k\left(n_x\partial_x T + n_y\partial_y T\right) = k\left(n_x q_x + n_y q_y\right) = p, \tag{11}$$

где n_x, n_y – проекции вектора единичной внешней нормали на оси координат.

$$k\partial_\Gamma T = k\left(t_x\partial_x T + t_y\partial_y T\right) = k\left(t_x q_x + t_y q_y\right) = h, \tag{12}$$

где t_x, t_y – проекции единичного касательного вектора на контуре Г.

Для получения начальных условий для вектора теплового потока возьмем градиент от начального условия $T_0(x, y)$:

$$\begin{aligned} k\partial_x T_0 &= q_{0x}(x, y), \\ k\partial_y T_0 &= q_{0y}(x, y). \end{aligned} \tag{13}$$

Окончательно, для неизвестных функций q_x и q_y имеем следующие уравнения, граничные и начальные условия:

$$S: \begin{cases} \Delta q_x + \partial_x d = \partial_x \dot{T}\rho c \\ \Delta q_y + \partial_y d = \partial_y \dot{T}\rho c \\ \partial_t q_x = k\partial_x \dot{T} \\ \partial_t q_y = k\partial_y \dot{T} \end{cases} \tag{14}$$

$$\Gamma_1: \begin{cases} k\left(t_x q_x + t_y q_y\right) = h \\ \partial_x q_x + \partial_y q_y + d = \dot{T}\rho c \end{cases} \tag{15}$$

$$\Gamma_2: \begin{cases} k\left(n_x q_x + n_y q_y\right) = p \\ \partial_x q_y - \partial_y q_x = 0 \end{cases} \tag{16}$$

$$t = t_0: \begin{cases} k\partial_x T_0 = q_{0x}(x, y) \\ k\partial_y T_0 = q_{0y}(x, y) \end{cases} \tag{17}$$

Векторная постановка имеет следующий вид:

$$S: \begin{cases} \Delta \boldsymbol{q} + \boldsymbol{\nabla} d = \boldsymbol{\nabla}\dot{T}\rho c \\ \dot{\boldsymbol{q}} = k\boldsymbol{\nabla}\dot{T} \end{cases} \tag{18}$$

$$\Gamma_1: \begin{cases} \boldsymbol{t} \cdot \boldsymbol{q} = h \\ \boldsymbol{\nabla} \cdot \boldsymbol{q} = \dot{T} \rho c - d \end{cases} \tag{19}$$

$$\Gamma_2: \begin{cases} \boldsymbol{n} \cdot \boldsymbol{q} = p \\ \boldsymbol{\nabla} \cdot \tilde{\boldsymbol{q}} = 0 \end{cases} \tag{20}$$

$$t = t_0: \boldsymbol{\nabla} T_0 = \boldsymbol{q_0} \tag{21}$$

где $\boldsymbol{\nabla}$ – оператор-градиент на плоскости; $\tilde{\boldsymbol{q}}$ – повернутый на π/2 против часовой стрелки вектор $\boldsymbol{q}$.

Граничные интегральные уравнения

Для получения граничных интегральных уравнений относительно вектора теплового потока необходимо иметь интегральное представление на плоскости для вектора $\boldsymbol{q}$ и функции $\dot{T}$.

Пусть m и z – две произвольные точки на плоскости, $\boldsymbol{R_m}, \boldsymbol{R_z}$ – их радиус-векторы, t_0 – начальный момент времени, t_F – конечный момент времени. Введем следующие обозначения

$$\begin{aligned} &\boldsymbol{R} = \boldsymbol{R_z} - \boldsymbol{R_m}, R = |\boldsymbol{R}| = \sqrt{\boldsymbol{R} \cdot \boldsymbol{R}}, \\ &\tau = t_F - t. \end{aligned} \tag{22}$$

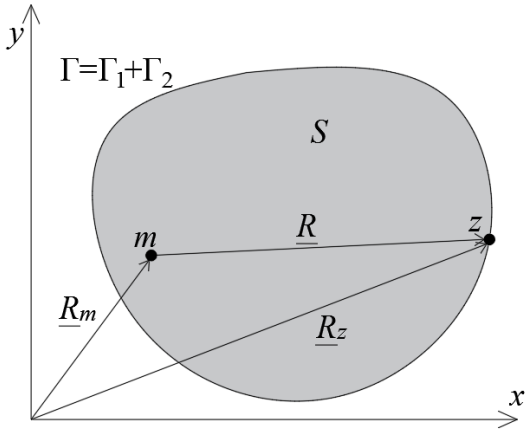


Рис. 1. Схема для определения вектора *R*

Фундаментальное решение нестационарной задачи теплопроводности на плоскости имеет следующий вид 1:

$$T^* = \frac{1}{4\pi\alpha\tau} \exp\left(\frac{-R^2}{4\alpha\tau}\right) \tag{23}$$

По определению фундаментального решения

$$\alpha \Delta_z T^* + \frac{\partial T^*}{\partial t} = -\delta(m,z)\delta(t_F,t), \tag{24}$$

где $\delta(m,z), \delta(t_F,t)$ – дельта-функции Дирака в координатах и времени, соответственно, обладающие следующим свойством 2

$$\int_t \int_S \psi(z,t)\, \delta(m,z)\delta(t_F,t) dS(z) dt = v(m)\psi(m,t_F), \tag{25}$$

$$v(m) = \begin{cases} 1, & m \in S \\ 0.5, & m \in \Gamma \\ 0 & m \notin S + \Gamma \end{cases} \tag{26}$$

Получим производную по нормали и по времени для функции T^*

$$\frac{\partial T^*}{\partial n} = \frac{-\boldsymbol{R} \cdot \boldsymbol{n_z}}{8\pi\alpha^2\tau^2} e^{\left[\frac{-R^2}{4\alpha\tau}\right]} = \frac{-\boldsymbol{R} \cdot \boldsymbol{n_z}}{2\alpha\tau} T^*, \tag{27}$$

$$\frac{\partial T^*}{\partial t} = \frac{1}{4\pi\alpha\tau} e^{\left[\frac{-R^2}{4\alpha\tau}\right]} \left(\frac{R^2}{4\alpha\tau^2} - \frac{1}{\tau}\right) = T^* \left(\frac{R^2}{4\alpha\tau^2} - \frac{1}{\tau}\right). \tag{28}$$

Введем вектор $\boldsymbol{q}^* = \boldsymbol{b} \cdot T^*$, где $\boldsymbol{b}$ – произвольный вектор. Для вектора $\boldsymbol{q}^*$ имеем

$$\alpha \Delta_z \boldsymbol{q}^* + \frac{\partial \boldsymbol{q}^*}{\partial t} = -\boldsymbol{b} \cdot \delta(m,z)\delta(t_F,t), \tag{29}$$

$$\boldsymbol{\nabla}_z \cdot \boldsymbol{q}^* = -\boldsymbol{b} \cdot \frac{\boldsymbol{R}}{8\pi\alpha^2\tau^2} e^{\left[\frac{-R^2}{4\alpha\tau}\right]} = -\frac{\boldsymbol{b} \cdot \boldsymbol{R}}{2\alpha\tau} T^*, \tag{30}$$

$$\boldsymbol{\nabla}_z \cdot \widetilde{\boldsymbol{q}}^* = \boldsymbol{b} \cdot \frac{\widetilde{\boldsymbol{R}}}{8\pi\alpha^2\tau^2} e^{\left[\frac{-R^2}{4\alpha\tau}\right]} = \frac{\boldsymbol{b} \cdot \widetilde{\boldsymbol{R}}}{2\alpha\tau} T^*, \tag{31}$$

$$q_n{}^* = \boldsymbol{n_z} \cdot \boldsymbol{b} \cdot T^* = \boldsymbol{n_z} \cdot \boldsymbol{b} \cdot \frac{1}{4\pi\alpha\tau} e^{\left[\frac{-R^2}{4\alpha\tau}\right]}. \tag{32}$$

Умножим (29) скалярно на $\boldsymbol{q}$, (18) на $\boldsymbol{q}^*$:

$$-\boldsymbol{q} \cdot \frac{\partial \boldsymbol{q}^*}{\partial t} = \alpha \Delta \boldsymbol{q}^* \cdot \boldsymbol{q} + \boldsymbol{q} \cdot \boldsymbol{b} \cdot \delta(m,z)\delta(t_F,t) \tag{33}$$

$$\boldsymbol{q}^* \cdot \frac{\partial \boldsymbol{q}}{\partial t} = \alpha \Delta \boldsymbol{q} \cdot \boldsymbol{q}^* + \alpha \boldsymbol{q}^* \cdot \boldsymbol{\nabla} d \tag{34}$$

Вычтем (33) из (34) и проинтегрируем по области S и по времени t

$$\begin{aligned} &\int_{t_0}^{t_F} \int_S \left[\boldsymbol{q}^* \cdot \frac{\partial \boldsymbol{q}}{\partial t} + \boldsymbol{q} \cdot \frac{\partial \boldsymbol{q}^*}{\partial t}\right] dS(z)dt = \alpha \int_{t_0}^{t_F} \int_S [\Delta \boldsymbol{q} \cdot \boldsymbol{q}^* - \Delta \boldsymbol{q}^* \cdot \boldsymbol{q}]\, dS(z)dt + \\ &+ \int_{t_0}^{t_F} \int_S [\alpha \boldsymbol{q}^* \cdot \boldsymbol{\nabla} d - \boldsymbol{q} \cdot \boldsymbol{b} \cdot \delta(m,z)\delta(t_F,t)]\, dS(z)dt. \end{aligned} \tag{35}$$

Используем свойство дельта-функции (25) получим:

$$\begin{aligned} &\int_{t_0}^{t_F} \int_S \left[\boldsymbol{q}^* \cdot \frac{\partial \boldsymbol{q}}{\partial t} + \boldsymbol{q} \cdot \frac{\partial \boldsymbol{q}^*}{\partial t}\right] dS(z)dt = \alpha \int_{t_0}^{t_F} \int_S [\Delta \boldsymbol{q} \cdot \boldsymbol{q}^* - \Delta \boldsymbol{q}^* \cdot \boldsymbol{q}]\, dS(z)dt + \\ &+ \int_{t_0}^{t_F} \int_S [\alpha \boldsymbol{q}^* \cdot \boldsymbol{\nabla} d]\, dSdt - v(m)\boldsymbol{b} \cdot \boldsymbol{q}(m,t_F). \end{aligned} \tag{36}$$

Используя формулу интегрирования по частям для левой части уравнения (36) получим:

$$\int_{t_0}^{t_F} \left[\boldsymbol{q}^* \cdot \frac{\partial \boldsymbol{q}}{\partial t} + \boldsymbol{q} \cdot \frac{\partial \boldsymbol{q}^*}{\partial t}\right] dt = \boldsymbol{q}^* \cdot \boldsymbol{q}\Big|_{t=t_0}^{t=t_F} = 0 - \boldsymbol{q}^* \cdot \boldsymbol{q}_0(x,y,t=t_0) \tag{37}$$

Для интеграла

$$\int_{t_0}^{t_F} \int_S [\Delta \boldsymbol{q} \cdot \boldsymbol{q}^* - \Delta \boldsymbol{q}^* \cdot \boldsymbol{q}]\, dS(z)dt, \tag{38}$$

используя представление 3, получим

$$\begin{aligned} &\int_t^{t_F} \int_S [\Delta \boldsymbol{q} \cdot \boldsymbol{q}^* - \Delta \boldsymbol{q}^* \cdot \boldsymbol{q}]\, dS(z)dt = \int_{t_0}^{t_F} \int_\Gamma (q_n{}^* \boldsymbol{\nabla} \cdot \boldsymbol{q} + q_t{}^* \boldsymbol{\nabla} \cdot \widetilde{\boldsymbol{q}}) d\Gamma(z)dt - \\ &- \int_{t_0}^{t_F} \int_S (\boldsymbol{\nabla} \cdot \boldsymbol{q}^* \boldsymbol{\nabla} \cdot \boldsymbol{q} + \boldsymbol{\nabla} \cdot \widetilde{\boldsymbol{q}^*} \boldsymbol{\nabla} \cdot \widetilde{\boldsymbol{q}}) dS(z)\, dt - \begin{bmatrix} \int_{t_0}^{t_F} \int_\Gamma (q_n \boldsymbol{\nabla} \cdot \boldsymbol{q}^* + q_t \boldsymbol{\nabla} \cdot \widetilde{\boldsymbol{q}}^*) d\Gamma(z)dt - \\ - \int_{t_0}^{t_F} \int_S (\boldsymbol{\nabla} \cdot \boldsymbol{q}\, \boldsymbol{\nabla} \cdot \boldsymbol{q}^* + \boldsymbol{\nabla} \cdot \widetilde{\boldsymbol{q}}\, \boldsymbol{\nabla} \cdot \widetilde{\boldsymbol{q}^*}) dS(z)\, dt \end{bmatrix} \end{aligned} \tag{39}$$

Уравнение (36) примет следующий вид:

$$\begin{aligned} &v(m)\boldsymbol{b} \cdot \boldsymbol{q}(m,t_F) = \int_S \boldsymbol{q}^* \cdot \boldsymbol{q}_0\, dS + \alpha \int_{t_0}^{t_F} \int_\Gamma (q_n{}^* \boldsymbol{\nabla} \cdot \boldsymbol{q} + q_t{}^* \boldsymbol{\nabla} \cdot \widetilde{\boldsymbol{q}}) d\Gamma(z)\, dt - \\ &-\alpha \int_{t_0}^{t_F} \int_\Gamma (q_n \boldsymbol{\nabla} \cdot \boldsymbol{q}^* + q_t \boldsymbol{\nabla} \cdot \widetilde{\boldsymbol{q}}^*) d\Gamma(z)\, dt + \int_{t_0}^{t_F} \int_S [\alpha \boldsymbol{q}^* \cdot \boldsymbol{\nabla} d]\, dSdt. \end{aligned} \tag{40}$$

Пусть функция источников $d = 0$, тогда уравнение (40) с учетом (19) – (20) приобретает вид:

$$v(m)\boldsymbol{q}(m,t_F) = \int\limits_S T^* \cdot \boldsymbol{q}_0\, dS(z) + k \int\limits_{t_0}^{t_F}\int\limits_\Gamma \boldsymbol{n_z} \cdot T^*\, \dot{T} d\Gamma(z)\, dt - \\ -\alpha \int\limits_{t_0}^{t_F}\int\limits_\Gamma \left[\frac{T^*}{2\alpha\tau}\left(q_t\widetilde{\boldsymbol{R}} - q_n\boldsymbol{R}\right)\right] d\Gamma(z)\, dt. \tag{41}$$

Уравнение (41) является искомым представлением вектора $\boldsymbol{q}$ на плоскости. Выполним аналогичные преобразования для функции $\dot{T}$, получим следующее интегральное представление функции $\dot{T}$ на плоскости

$$v(m)\dot{T}(m,t_F) - \alpha \int\limits_{t_0}^{t_F}\int\limits_\Gamma \dot{T}\frac{\boldsymbol{R}\cdot\boldsymbol{n_z}}{2\alpha\tau}T^*\, d\Gamma(z)dt = \\ = -\alpha \int\limits_S \boldsymbol{q_0}\cdot\frac{\boldsymbol{R}}{2\alpha\tau}T^*\, dS(z) - \frac{1}{\rho c}\int\limits_{t_0}^{t_F}\int\limits_\Gamma T^*\left(\frac{R^2}{4\alpha\tau^2} - \frac{1}{\tau}\right) q_n\, d\Gamma(z)dt. \tag{42}$$

Формулы (41), (42) формируют искомую систему уравнений относительно трех неизвестных: вектора теплового потока $\boldsymbol{q}$ и скорости изменения температуры $\dot{T}$.

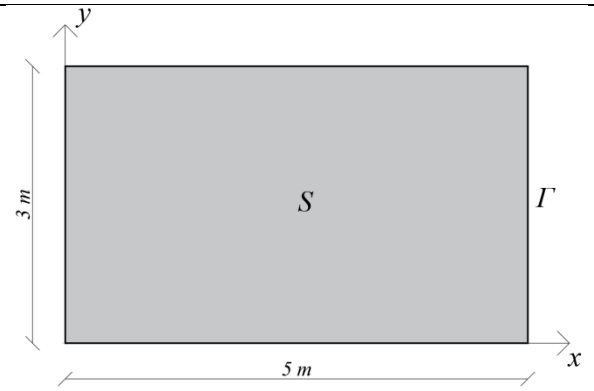
Положив $m \in \Gamma$, используя свойство (26), получим граничные интегральные уравнения для основных краевых задач. Для первой краевой задачи неизвестной функцией является нормальная проекция вектора теплового потока $\boldsymbol{q}$ на границе. Умножим (41) на вектор внешней нормали $\boldsymbol{n}$ в точке m получим

$$0{,}5q_n(m,t_F) - \alpha \int\limits_{t_0}^{t_F}\int\limits_\Gamma \left(q_n\,\frac{\boldsymbol{n_m}\cdot\boldsymbol{R}}{2\alpha\tau}T^*\right) d\Gamma(z)\, dt = \int\limits_S T^*\boldsymbol{n_m}\cdot\boldsymbol{q}_0\, dS + \\ +k\int\limits_{t_0}^{t_F}\int\limits_\Gamma \boldsymbol{n_m}\cdot\boldsymbol{n_z}T^*\,\dot{T}d\Gamma(z)\, dt - \alpha\int\limits_{t_0}^{t_F}\int\limits_\Gamma \left(h\,\frac{\boldsymbol{n_m}\cdot\widetilde{\boldsymbol{R}}}{2\alpha\tau}T^*\right) d\Gamma(z)\, dt. \tag{43}$$

Для второй краевой задачи неизвестными функциями являются: касательная проекция вектора теплового потока $\boldsymbol{q}$ на границе и скорость изменения теплового потока $\dot{T}$ на границе. Граничные интегральные уравнения определяются с помощью уравнения (41), умноженного на касательный вектор $\boldsymbol{t}$ в точке m, и уравнение (42).

Метод граничных элементов

Для проверки описанной методики выполним расчет первой начально-краевой задачи, имеющей аналитическое решение. Условия задачи в соответствии с рис. 2 следующие:



начальное условие $T(x,y,0) = 0$ °K
граничное условие $T|_\Gamma = 20\sin\left({}^{4\pi}/_{3}\, t\right)$ °K
коэффициент теплопроводности
k = 1,25 Вт/(м·К)
плотность ρ = 1 кг/м^3
удельная теплоемкость c = 1 Дж/(кг·К)

Рис. 2. Расчетная схема тестовой задачи

Запишем дискретную форму уравнения (43), используя «постоянные» граничные элементы как по времени, так и по координате. Разделим границу Γ на N граничных элементов, временной интервал – на F шагов, область S – на L ячеек и представим уравнение (43) в следующем виде (рис. 3).

$$0{,}5q_n(i,t_F) - \alpha\sum_{j=1}^{N}\sum_{f=1}^{F}\int\limits_{\Gamma_j}\int\limits_{t_{f-1}}^{t_f} q_{nj}\,\frac{\boldsymbol{n_i}\cdot\boldsymbol{R}}{2\alpha\tau}T^* d\Gamma(j)\, dt = \sum_{l=1}^{L}\int\limits_{S_l} T^*\boldsymbol{n_i}\cdot\boldsymbol{q}_0\, dS + \\ +k\sum_{j=1}^{N}\sum_{f=1}^{F}\int\limits_{\Gamma_j}\int\limits_{t_{f-1}}^{t_f} \boldsymbol{n_i}\cdot\boldsymbol{n_j}T^*\,\dot{T}d\Gamma(j)\, dt - \alpha\sum_{j=1}^{N}\sum_{f=1}^{F}\int\limits_{\Gamma_j}\int\limits_{t_{f-1}}^{t_f} h\,\frac{\boldsymbol{n_i}\cdot\widetilde{\boldsymbol{R}}}{2\alpha\tau}T^* d\Gamma(j)\, dt \tag{44}$$

или в матричной

$$\sum_{f=1}^{F} \boldsymbol{K_{fF}Q_f} = \boldsymbol{B_0Q_0} + \sum_{f=1}^{F} \boldsymbol{G_{fF}\dot{T}_f} - \sum_{f=1}^{F} \boldsymbol{P_{fF}H_f}. \quad (45)$$

Поскольку в рассматриваемой задаче начальное распределение температуры в области S равно нулю, а граничное условие $T(t)$ не зависит от координаты (функция $h = 0$ в любой момент времени), матрицы $\boldsymbol{Q_0}$ и $\boldsymbol{H_f}$ равны нулю. Уравнение (45) примет следующий вид

$$\sum_{f=1}^{F} \boldsymbol{K_{fF}Q_f} = \sum_{f=1}^{F} \boldsymbol{G_{fF}\dot{T}_f}. \quad (46)$$

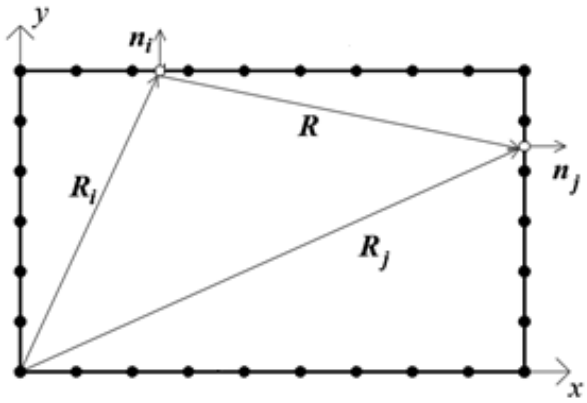


Рис. 3. Дискретизация области

При вычислении неизвестных граничных значений в момент времени $t = t_F$ необходимо определить матрицы $\boldsymbol{K_{fF}}$ и $\boldsymbol{G_{fF}}$ для $f = 1, 2, \dots, F$. Матрицы от $\boldsymbol{K_{1F}}$ до $\boldsymbol{K_{(F-1)F}}$ и от $\boldsymbol{G_{1F}}$ до $\boldsymbol{G_{(F-1)F}}$ будут последовательно умножать указанные и ранее вычисленные значения функций q_n и $\dot{T}$ (вычисленные на предыдущем временном шаге), представленные в виде векторов с неизвестными компонентами. Таким образом, при постоянном временном шаге на каждом новом шаге необходимо определять только две новые матрицы, в то время как все остальные матрицы определяются на предыдущих шагах и сохраняются в памяти компьютера.

Коэффициенты матриц $\boldsymbol{K}$ и $\boldsymbol{G}$ состоят из выражений

$$k_{fFij} = \frac{\delta_{fF}\delta_{ij}}{2} - \alpha \int_{\Gamma_j} \int_{t_{f-1}}^{t_f} \frac{\boldsymbol{n_i} \cdot \boldsymbol{R}}{2\alpha\tau} T^* d\Gamma(j)\, dt, \quad (47)$$

$$g_{fFij} = k \int_{\Gamma_j} \int_{t_{f-1}}^{t_f} \boldsymbol{n_i} \cdot \boldsymbol{n_j} T^*\, d\Gamma(j)\, dt, \quad (48)$$

где δ_{fF}, δ_{ij} – дельта Кронекера.

Поскольку тестовая задача имеет две оси симметрии, результаты расчетов представлены для одной четверти расчетной области, как показано на рис. 4.

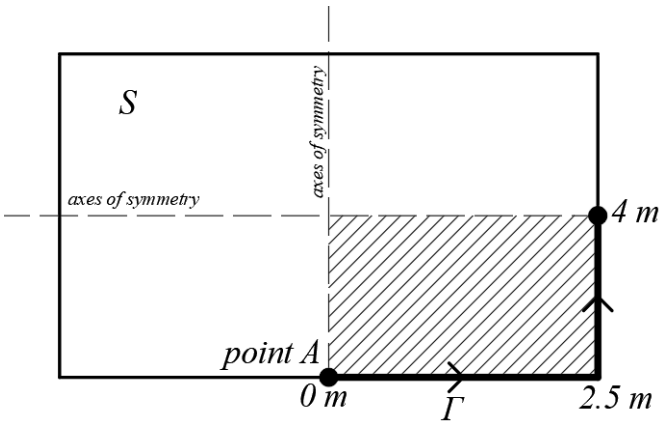


Рис. 4. Часть вычислительной области для отображения результатов вычислений

Аналитическое решение тестовой задачи описывается следующей формулой

$$T(x,y,t) = 20\,sin(\omega t) - \\ - \sum_{n=1,3,5,\ldots}^{\infty} \sum_{m=1,3,5,\ldots}^{\infty} \frac{1280}{3mn\pi} \cdot \frac{\alpha\lambda_{mn}\left[cos(\omega t) - e^{-\alpha\lambda_{mn}t}\right] + \omega\, sin(\omega t)}{\alpha^2\lambda_{mn}^2 + \omega^2} \cdot sin\left(\frac{m\pi x}{L_x}\right) \cdot sin\left(\frac{n\pi y}{L_y}\right), \quad (49)$$

где $\lambda_{mn} = (m\pi/L_x)^2 + \left(n\pi/L_y\right)^2$; $\omega = 4\pi/3$; L_x, L_y – размеры расчетной области; α – коэффициент температуропроводности.

Рассмотрим распределение теплового потока вдоль границы Г и во времени *t*. Результаты расчета сравниваются с известным аналитическим решением. Расчеты проводились с последовательным сокращением шага дискретизации по времени (0.1, 0.05, 0.01 с) и размера граничного элемента (0.5, 0.25, 0.1, 0.05 м). На рисунках 5 и 6 показана зависимость теплового потока от времени в точке А для различных размеров граничного элемента *l* и временных шагов Δ*t*.

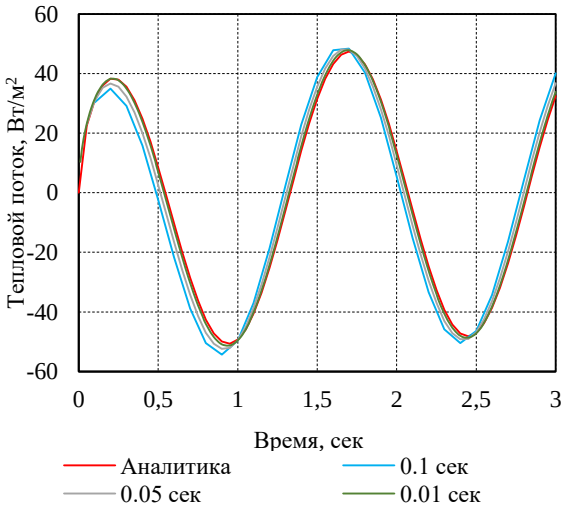


Рис. 5. Зависимость теплового потока от времени в точке А при различных Δ*t*

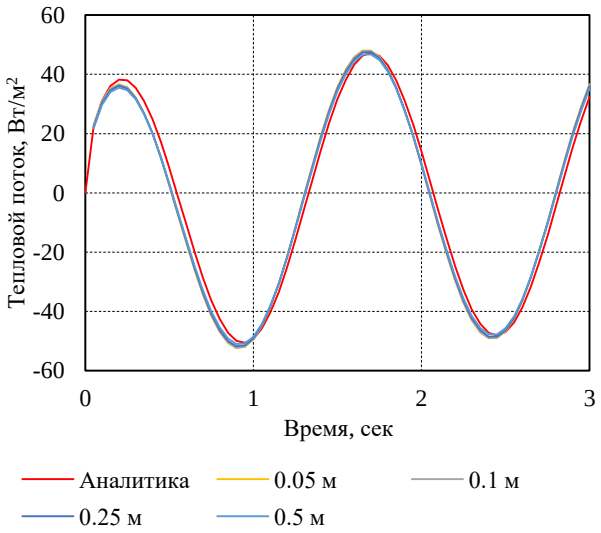


Рис. 6. Зависимость теплового потока от времени в точке А при различных *l*

На рисунках 7 и 8 показано распределение теплового потока вдоль границы в момент времени *t* = 1,5 с для различных пространственных и временных дискретизаций.

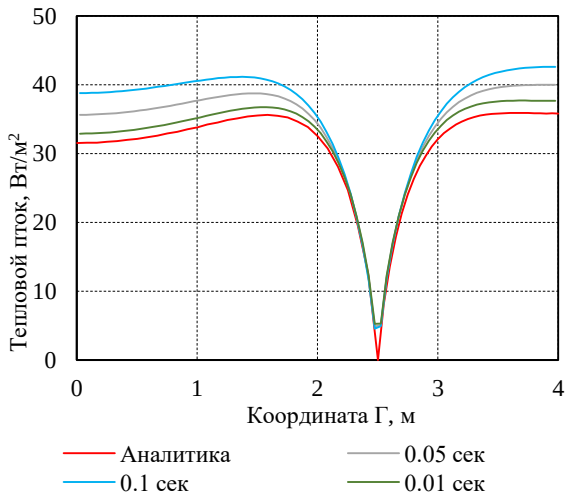


Рис. 7.Распределение теплового потока по контуру в момент времени *t* = 1,5 с с различным временным шагом и размером граничного элемента *l* = 0,05 м

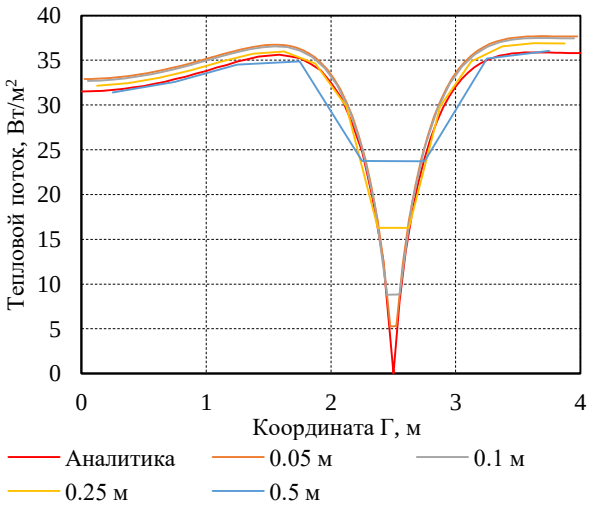


Рис. 8. Распределение теплового потока по контуру в момент времени *t* = 1,5 с при различном размере граничного элемента и временном шаге Δ*t* = 0,01 *c*

Погрешность численного метода оценивается по следующему выражению

$$\rho(\Gamma,t)=\frac{\left|q_{n,BEM}(\Gamma,t)-q_{n,analytic}(\Gamma,t)\right|}{\left|q_{n,analytic}(\Gamma,t)\right|}100\%. \quad (50)$$

В таблице 1 приведены результаты оценки погрешности численного метода в зависимости от шага по времени при размере граничного элемента l = 0,25 м.

1. Погрешность численного метода для различных размеров граничных элементов и временных шагов

	ρ_{max}, %		
Δt, sec / l, m	0.01	0.05	0.1
0.25	3.00	10.29	15.56

Список использованных источников

1. Бреббия, К. Методы граничных элементов / К. Бреббия, Ж. Теллес, Л. Вроубел. – М. : Мир. – 1987. – 524 с.
2. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. – 6-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во МГУ, 1999. – 799 с.
3. Лурье, А. И. Теория упругости / А. И. Лурье. – М. : Наука. – 1970. – 940 с.

УДК 69.059.7: Реконструкция
67.13.43: Столярные и плотничные работы в строительстве

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЕРЕВЯННЫХ СКАТНЫХ КРОВЕЛЬ

Серебряков Иван Сергеевич
СПБГАСУ «Санкт-Петербургский государственный архитектурно строительный университет», магистрант
email: iv. serebryakov002@ gmail. com

Актуальность темы обусловлена состоянием кровли в историческом центре Санкт-Петербурга. В Санкт-Петербурге общая площадь крыш составляет более 24 миллионов квадратных метров. Согласно данным Жилищного комитета, больше половины из них находятся в неудовлетворительном состоянии. Особенно это касается исторического центра города, где площадь крыш превышает 8 миллионов квадратных метров.

В спальных районах неудовлетворительное состояние кровли влияет на потребительские качества домов. Что касается центральных районов – к этому добавляется еще и декоративно-эстетический аспект. Снижение несущей способности некоторых элементов неизбежно приводит к необходимости ремонта или даже замены этих элементов.

Стропильная система является основным несущим элементом скатной кровли. В случае потери несущей способности, превышающей предельно допустимые по нормам значения, требуется замена всей стропильной системы целиком, а не ремонт отдельного элемента. Это связано с тем, что стропильная система представляет собой сложную конструкцию, и ее ремонт может быть неэффективным, дорогостоящим и трудозатратным.

Необходимость реконструкции и усиления деревянных кровель становится все более актуальной в связи с необходимостью продления срока службы исторически ценных зданий и сооружений Санкт-Петербурга, а также повышения их энергоэффективности. В связи с этим разработка рекомендаций по совершенствованию технологии усиления деревянной скатной кровли имеет большое практическое значение.

Результаты исследования могут быть полезны для специалистов в области строительства, архитекторов, проектировщиков, а также управляющих компаний и собственников зданий. Они помогут выбрать оптимальные технологии и материалы для реконструкции деревянных кровель, учитывая их состояние и требования к энергоэффективности.

Скатные кровли Санкт-Петербурга. Скатные чердачные крыши обладают рядом положительных качеств, облегчающих решение многих строительных и эксплуатационных задач. Чердачные помещения их используются в качестве технического этажа для размещения санитарно-технического и инженерного оборудования, располагаемого при бесчердачных крышах в специальных технических подвалах или в помещениях верхнего этажа. В летнее время подкровельное пространство уменьшает перегрев помещений верхнего этажа солнечной радиацией.

В доходных домах, сконцентрированных в центре города, используются в основном наклонные стропильные балки, опирающиеся в нижней части на мауэрлат, а в верхней части на прогон (рис. 1). Стропило – это несущая деревянная наклонная балка, к которой крепится обрешетка. Для устройства карниза к нижнему концу каждого стропила крепится брус меньшего сечения, чем сечение стропила, называемый кобылкой. Нижний конец стропила опирается на мауэрлат, представляющий собой деревянный брус, лежащий вдоль наружной кирпичной стены и прикрепленный к ней металлическими анкерами и скрутками. Вдоль средних несущих стен укладываются лежни из деревянного бруса, которые так же, как и мауэрлат, крепятся к кирпичной стене анкерами, закладываемыми в стену при строительстве.

По результатам осмотров и опроса специалистов ремонтно-строительных и эксплуатирующих организаций деревянные элементы крыш в настоящий период эксплуатации часто находятся в работоспособном или ограниченно работоспособном состоянии [2, 20].

Актуальность реконструкции городских районов центра так же обусловлена рядом социальных, градостроительных и экономических факторов. Социальные факторы связаны с низким качеством и потенциальной аварийностью жилья, высокими эксплуатационными затратами на его содержание, накопленным недоремонтом жилищного фонда.

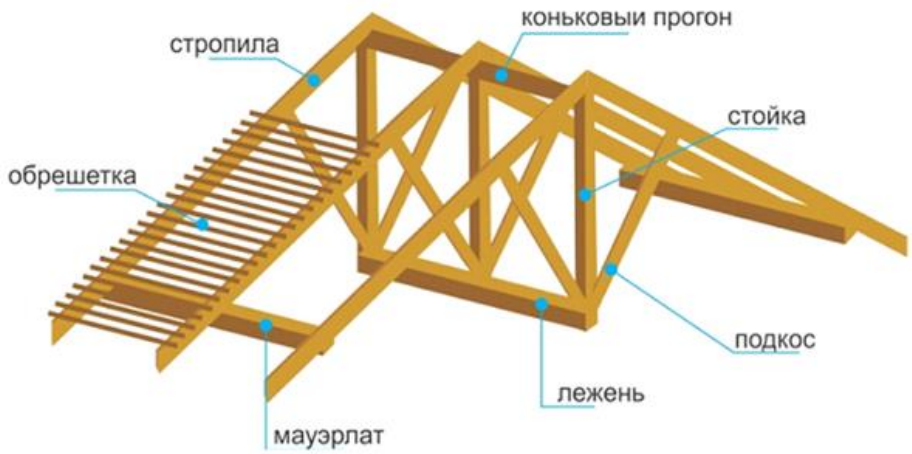


Рис. 1. Конструкция скатной кровли

На сегодняшнее время в Санкт-Петербурге по данным ГОС ЖКХ на 2021 год в аварийном состоянии в городе находится 262 дома, большая часть которых находится в центральных районах, общей площадью более 263 572 м^2, в которых зарегистрировано более 2045 человек, что значительно превышает статистику 2018 года, в котором фиксировалось всего 55 домов, признанных аварийными, в которых проживало 550 человек на жилой площади более 9 тыс. м^2 [12]. Далее, на рис. 2 представлена статистика развития программы расселения непригодного жилья Санкт-Петербурга.

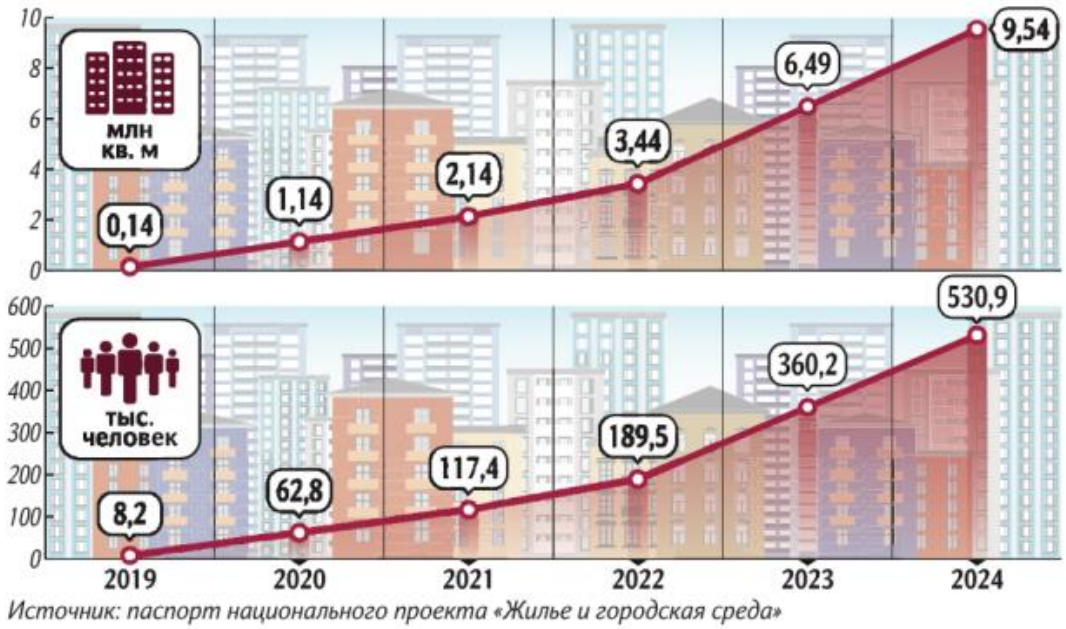


Рис. 2. Программа расселения непригодного жилищного фонда

К этому же фактору можно отнести то, что Петербург является туристическим магнитом и внешность центральных районов играет большую роль. Экономические факторы связаны с высокой инвестиционной привлекательностью территорий центра. К градостроительным факторам можно отнести проблему современного видения будущего образа города, где есть варианты по полному переоборудованию зданий исторической застройки аварийного состояния под новые реалии и перевоплощения города в промышленный центр, либо же сохранение внешнего облика, отдавая предпочтение образу центра экономики впечатлений (туризма и культуры) [8].

Факторы воздействий на скатные кровли. В Российской Федерации разработано множество рекомендации по оценке надежности конструкций зданий и сооружений по внешним признакам, а также стандарт для ремонта, консервации, реставрации и воссоздания деревянных конструкций и деталей, который устанавливает общие требования к охране деревянного культурного наследия.

Перед оценкой состояния деревянных конструктивных элементов кровли следует определить причины, по которым эти дефекты могли возникнуть. Дефекты и аварии в деревянных конструкциях могут происходить по разным причинам. По сравнению с другими конструкциями и элементами зданий кровля в значительно большей степени противостоит негативным явлениям природы: зимой – тяжелому снежному покрову, который способен при совокупности отдельных факторов образовывать на крыше ледяные глыбы; весной – талой воде; летом – нагревающим и раскаляющим кровлю солнечным лучам; осенью – проливным дождям и граду. А также постоянно активному в течение всего года ветровому напору. Воздействия могут изменяться по величине, времени действия, степени повторяемости.

1. Атмосферные осадки

Функция предохранения здания от атмосферных осадков возлагается на самый верхний элемент крыши – кровлю. Покатость крыши, материал кровли играют весьма важную роль в архитектуре зданий небольшой этажности. Необходимо также принимать во внимание и климатические условия места строительства. Делать кровлю непроницаемой для воды, когда она представляет горизонтальную плоскость, весьма затруднительно и дорого, поэтому для зданий небольшой высоты лучше проектировать крышу покатой, чтобы обеспечить свободный и быстрый сток воды. Это повышает надежность крыши. При проектировании мансардных крыш особенно важно избегать возникновения снеговых мешков, так как это увеличивает нагрузку на стропильную систему, ухудшает освещенность.

2. Давление ветра

Потоки ветра, встречая на пути препятствие в виде здания, обходят его. В результате вокруг постройки образуются области положительного и отрицательного давления. Величина возникающего отрицательного давления, оказывающего на крышу отрывающее действие, зависит от многих факторов. Наиболее неблагоприятен в этом плане ветер, дующий на здание под углом 45°. Отрывающая сила ветра может оказаться достаточной для повреждения кровли: отрыва части покрытий, вздутий. При крутой крыше приходится делать стропила более надежными, способными воспринимать ветровой напор, что, в свою очередь, ведет к большему расходу материала, а следовательно, и к удорожанию всей конструкции крыши. Прослеживается закономерность: чем более пологая крыша, тем меньшее влияние выступающие кровельные элементы оказывают на ее сопротивление ветровому воздействию.

3. Температурные влияния наружного и внутреннего воздуха

Чердачные скатные крыши, как правило, не утеплены. Как известно, теплый воздух, будучи легче холодного, всегда поднимается вверх, поэтому температура воздуха под потолком в среднем на 2 °С выше, чем посредине высоты помещения. При одинаковой теплоизоляционной способности стен и чердачного перекрытия потери тепла через перекрытие всегда будут больше. В связи с этим к теплозащите чердачного перекрытия предъявляются более жесткие требования, чем к наружным стенам. Недостаточная или неправильная теплоизоляция такого перекрытия приводит к быстрому и постоянному образованию сосулек на свесах крыши.

4. Воздействие жизнедеятельности насекомых и микроорганизмов

Существенный ущерб деревянным элементам скатной крыши способны нанести различные насекомые и микроорганизмы. Среда с повышенной влажностью для них особенно благоприятна. Нарушение осушающего режима в процессе эксплуатации приводит к загниванию древесины и резкому сокращению сроков службы деревянных конструкций. Под гниением древесины понимают процесс жизнедеятельности так называемых «домовых грибов», разрушающих целлюлозу древесины. В тех случаях, когда одними конструктивными мерами невозможно обеспечить защиту деревянных конструкций, их обрабатывают специальными химическими препаратами-антисептиками. Подробно данный материал представлен в работе [9].

Теоретические основы обследования и реконструкции деревянной кровли

Контроль за техническим состоянием деревянных конструкций и инженерного оборудования зданий осуществляется проведением плановых, общих и частичных осмотров, а при необходимости – внеочередных осмотров. В процессе осмотров выявляют неисправности и причины их появления, а также объемы работ по ремонту [5].

На основании результатов обследования определяется физический износ зданий, который проявляется в потере конструктивными элементами первоначальных технических и эксплуатационных свойств. Степень физического износа является важнейшим фактором, определяющим объем затрат на капитальный ремонт. Правильное определение физического износа отдельных конструктивных элементов здания имеет немаловажное значение при оценке эффективности затрат на капитальный ремонт.

При составлении технической документации на капитальный ремонт величину износа зданий устанавливают по физическому износу их отдельных элементов. После определения степени их износа вычисляют средневзвешенный процент износа здания в целом по формуле

$$И_ф = \sum_{i=1}^{n} A_i \frac{G_i}{100}, \quad (1)$$

где $И_ф$ – физический износ здания, %; A_i – износ конструктивного элемента здания, %; G_i – удельный вес стоимости отдельного конструктивного элемента в восстановительной стоимости здания, %.

Физический износ отдельных конструктивных элементов здания или сооружения по срокам службы (в процентах) можно определить, сопоставляя фактический срок службы с нормативным, по формуле

$$A_{ic} = \frac{t}{T} 100, \quad (2)$$

где t – фактический срок службы конструктивного элемента, г. (в случае полной замены элемента при ремонте здания исчисляется с момента замены); T – нормативный срок службы конструктивного элемента, г.

Износ здания в целом по срокам службы определяется по выражению, %

$$И_{фс} = \sum_{i=1}^{n} A_{ic} \frac{G_i}{100}. \quad (3)$$

Если износ оценивается по срокам службы, то необходимо проверить правильность оценки сравнением ее с результатами натурного обследования технического состояния деревянных конструкций или здания. Если проверкой будет установлено существенное различие в оценках, то за основу принимают оценку по результатам натурного обследования.

Приближенный способ оценки физического износа деревянных зданий основывается на теории надежности. Предполагается, что интенсивность износа является величиной постоянной, а для аналитического определения износа деревянных конструкций во времени может быть применена формула

$$И = (1 - e^{-\pi * t}) 100, \quad (4)$$

где e – константа, основание натуральных логарифмов; π = 0,00965 – интенсивность износа деревянного элемента или здания; t – фактический срок службы, г.

Исходя из данных, полученных в результате оценки технического состояния объекта и остаточного ресурса, необходимо разработать обоснованное решение относительно дальнейшей эксплуатации объекта. Это решение может предусматривать использование объекта в соответствии с его остаточным ресурсом или проведение необходимых ремонтных работ, уменьшение рабочих параметров или даже демонтаж объекта. Важно, чтобы данное решение было принято компетентной организацией, проводившей техническое обследование и оценку остаточного ресурса [23]. На данном этапе заканчивается определение ремонтопригодности и целесообразности восстановления деревянных конструкций.

Деревянные конструкции могут усиливаться после разработки проекта по усилению, в основу которого входят следующие основные принципы [11]:

- усиленные деревянные конструкции должны выполнять полностью либо частично свои прежние функции. При частичном выполнении усиленной конструкцией своих первоначальных функций в проекте должен быть решен вопрос передачи части прежних функций на другие существующие или новые конструкции;
- усиленные деревянные конструкции должны удовлетворять по несущей способности требованиям действующих строительных норм и правил: СП 20.13330 «Нагрузки и воздействия» и СП 64.13330 «Деревянные конструкции». Целесообразность усиления деревянных конструкций и выбор вариантов усиления должны быть экономически обоснованы.

Для разработки проекта по усилению при большом числе одинаковых конструкций рекомендуется применять вероятностно-статистический подход. Однотипные деревянные конструкции с характерными для них дефектами целесообразно усиливать единообразными методами.

Проект усиления должен учитывать все особенности эксплуатации конструкций, содержать рабочие чертежи деталей усиления и указания по производству работ. В проекте должны быть указания по антисептированию древесины конструкции и рекомендации по их эксплуатации с указанием метода антипирирования, а также предусмотрены мероприятия по технике безопасности при производстве работ по усилению конструкций.

Существующие технологии усиления деревянных конструкций стропильной системы. Деревянные конструкции можно усиливать как в целом, так и их отдельные элементы. Выбор конструктивного метода усиления зависит от ряда факторов: задачи усиления; состояния здания в целом и деревянной конструкции в частности; условий эксплуатации; наличия достаточного пространства и площади для размещения элементов усиления и т.п.

Методы усиления деревянных конструкций классифицируется по различным признакам.

По назначению методы усиления деревянной конструкции подразделяется на две группы: первая группа – временное усиление; вторая группа – стационарное усиление. Временное усиление несущих конструкций или их отдельных элементов либо здания в целом выполняется, как правило, в предаварийной или аварийной ситуации с последующий заменой его на стационарное, используемое в дальнейшем на протяжении всего срока эксплуатации здания или сооружения.

По влиянию элементов усиления на схему работы усиляемой конструкции методы усиления также подразделяются на две группы:

- без изменения прежней схемы работы деревянных конструкций;
- с изменением прежней схемы работы деревянных конструкций.

Первым этапом производства работ по усилению конструкций в обязательном порядке является разгрузка этой конструкции. При этом исключается опасность обрушения, обеспечивается необходимая безопасность работ по усилению и включение в работу элементов усиления наравне с основными элементами конструкций после их обратного нагружения. Разгрузку в большинстве случаев производят путем подпирания или вывешивания конструкций временными стойками из бревен или брусьев при помощи клиньев (рис. 3) или домкратов, на которые передается вся нагрузка, действующая на конструкцию, включая собственную массу. При подпирании конструкции вывешиваются до такого положения, когда их прогиб исчезает [4].

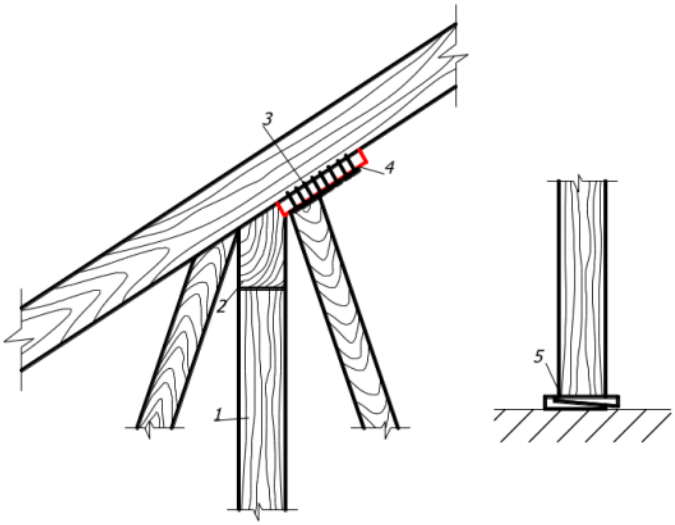


Рис. 3. Вывешивание конструкции:
1 – временные стойки; *2* – поперечный прогон; *3* – гвозди; *4* – подкладка; *5* – клинья из твердой древесины

Усиление поврежденных концов стропильных ног. В процессе ремонта деревянных конструкций вырезаются сгнившие участки, как правило, нижние концы стропил, а затем стропило наращивается.

Основное способ наращивания стропил – боковые деревянные накладки (рис. 4).

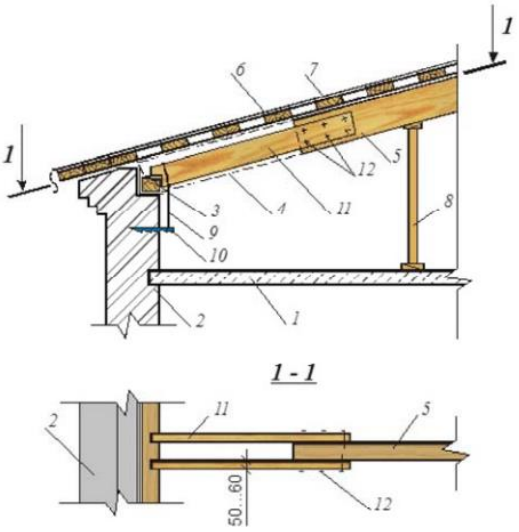


Рис. 4. Усиление концов стропильных ног деревянными накладками:
1 – чердачное перекрытие; *2* – стена; *3* – мауэрлат; *4* – поврежденный участок; *5* – «здоровый» участок; *6* – кровельное покрытие; *7* – обрешетка; *8* – временная стойка; *9* – скрутка; *10* – костыль; *11* – накладка; *12* – гвозди [24]

Боковые накладки, устанавливаемые на подбалку (рис. 5), применяются в случае одновременного повреждения стропильной ноги и мауэрлата при больших эксплуатационных нагрузках.

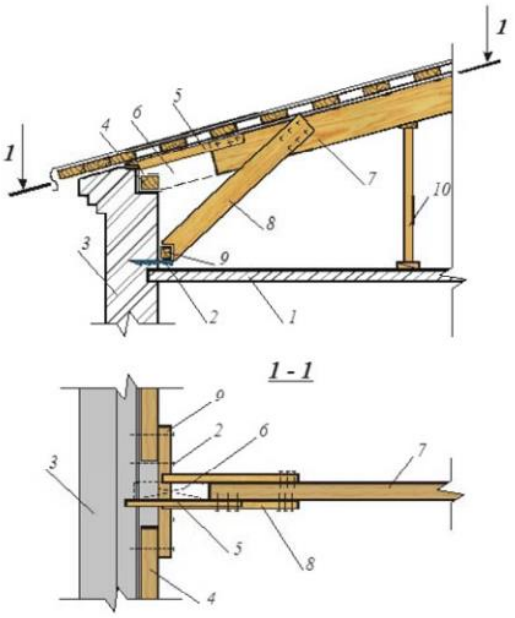


Рис. 5. Усиление концов стропильных ног подбалкой:
1 – чердачное перекрытие; *2* – костыль; *3* – стена; *4* – мауэрлат; *5* – кобылка; *6* – поврежденный участок; *7* – «здоровый» участок стропильной ноги; *8* – накладка; *9* – подбалка; *10* – временные стойки [24]

При наращивании стропила вначале выполняют разгрузку стропила, разбор кровельного покрытия и обрешетки; затем отпиливают поврежденный участок стропила.

Впоследствии выполняется установка в кирпичную кладку стены стальных анкеров; укладка на костыли деревянной балки длиной 1 м; установка двух боковых накладок, опирающихся на подбалку, и установка новой удлиненной кобылки для дощатого настила карнизного свеса.

На завершающем этапе ремонта восстанавливается обрешетка, дощатый настил и кровельное покрытие.

При отсутствии на стропильном рынке качественной древесины для наращивания стропил применяют стальные прутковые протезы (рис. 6).

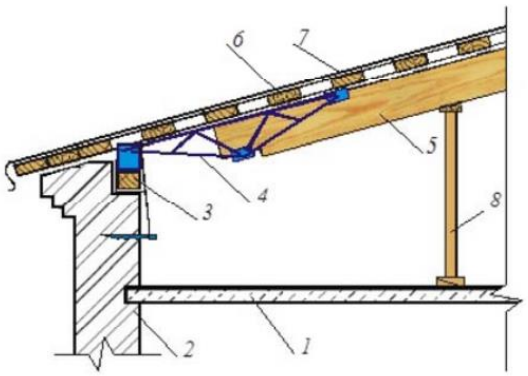


Рис. 6. Усиление концов стропильных ног подбалкой:
1 – чердачное перекрытие; *2* – стена; *3* – мауэрлат; *4* – металлический протез; *5* – стропильная нога; *6* – кровельное покрытие; *7* – обрешетка; *8* – временная стойка [24]

Прутковый протез в нижней части имеет опорную площадку, в которую упирают спиленный торец стропильной ноги, что не позволяет ей в последующем смещаться.

Технологическая последовательность выполнения работ, следующая: разгрузка поврежденной стропильной ноги путем установки временных опор; разборка кровельного покрытия, выпиливание обрешетки и дощатого настила в зоне повреждения стропильной ноги; отпиливание поврежденного участка стропильной ноги; установка пруткового протеза; восстановление обрешетки, дощатого настила и кровельного покрытия; удаление временных опор.

Усиление стропильных ног в пролете. Усиление стропила в пролете выполняется путем установки двух накладок из досок толщиной 40 – 50 мм. Накладки крепятся к прочным участкам стропила с помощью стальных шпилек с установкой шайб под гайки. Количество и расположение шпилек определяется расчетом.

Нередко приходится полностью заменять стропило. Главное при устройстве накладок и замене стропил – следить за качеством выбранной древесины, чтобы применяемые доски, балки и брус были сухими, без трещин, больших сучков, однородного естественного цвета, не поражены гнилью и древесным жучком.

Усиление стропильных ног так же может выполняться путем уменьшения их свободного пролета с помощью установки деревянных (рис. 7, *а*) или металлических шпренгельных ферм с шагом 3,5 – 4,0 м (рис. 7, *в*).

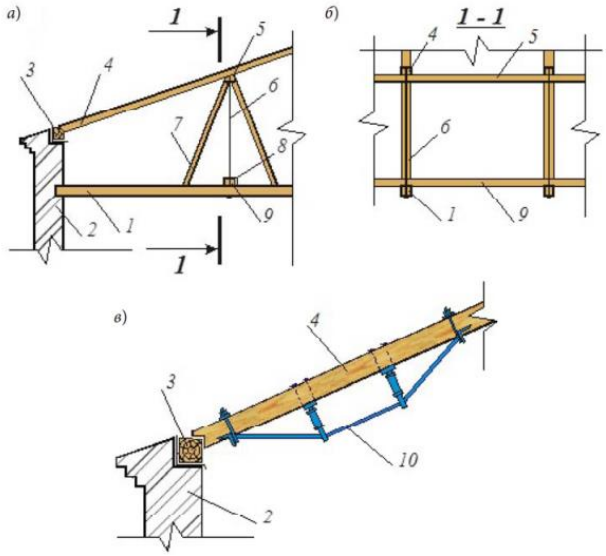


Рис. 7. Усиление стропильных ног в пролете:
а – деревянными; *в* – металлическими; 1 – балка чердачного перекрытия; *2* – стена; *3* – мауэрлат; *4* – стропильная нога; *5* – распределительный прогон; *6* – стальной тяж 24 мм; *7* – подкосы; *8* – башмак-упор; *9* – прогон; *10* – шпренгельная ферма [24]

В отдельных случаях просевшие стропильные ноги укрепляют путем установки дополнительных стоек, которые опирают на балки чердачного перекрытия при условии обеспечения их прочности.

Усиление узлов сопряжения стропильной системы. Усиление узлов выполняется путем подтягивания существующих креплений (болтов, накладок и т.д.) и установки новых.

Усиление висячих стропил. Усиление висячих стропил осуществляется, как правило, путем установки новой или дополнительной затяжки с натяжной муфтой в середине пролета.

Изменение уклона ската кровли. При реконструкции кровли под более крутой скат устанавливаются новые стропила, сращивая их со старыми дощато-гвоздевой стенкой. Образующаяся при этом форма обеспечивает не только новый уклон, но и повышенную жесткость стропильной конструкции (рис. 8). Данный метод позволяет не разбирать кровлю и ускоряет работы.

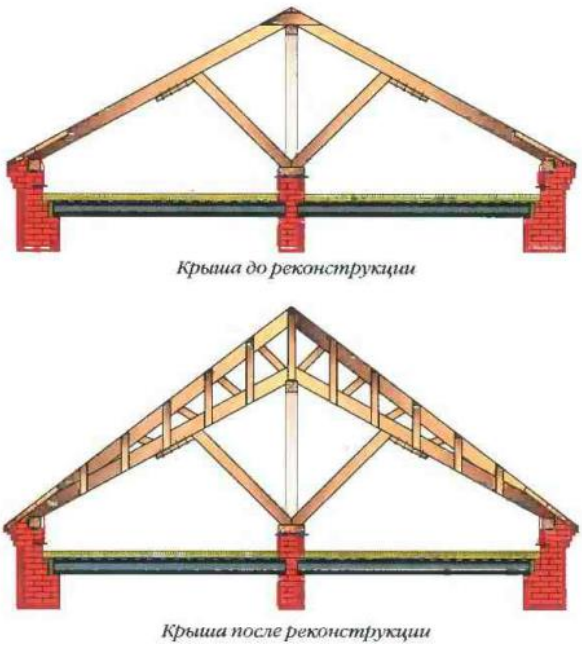


Рис. 8. Дощато-гвоздевая ферма

Вывод. Ремонт деревянных стропил требует комплексного подхода, начиная от оценки износа и заканчивая выбором способа наращивания, усиления стропил, выбора пиломатериалов, оценки и повышения их качества. Особое внимание заслуживает набирающий популярность метод замены металлических затяжек при усилении стропил композитными затяжками из углепластика или стеклопластика.

Список использованных источников

1. Белевич, В. Б. Прогрессивные технологии устройства кровель : дис. … д-ра техн. наук. Спец.: 05.23.08./ В. Б. Белевич. – М, 2007.
2. Бирюков, А. Н. Роль негативного влияния снеговой и ветровой нагрузок на кровельные покрытия в сибирских регионах / А. Н. Бирюков, В. Н. Денисов, М. С. Шварц // Строительные и дорожные машины. – 2016. – № 10. – С. 42 – 45.
3. Бирюков, Д. В. Защита конструкций от увлажнения как приоритетное направление сохранности зданий и сооружений / А. Н. Бирюков, В. Н. Денисов, М. С. Шварц // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 1(60). – С. 127 – 134.
4. ВСН 58-88(р). Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения.
5. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М. : Стандартинформ, 2014. – 55 с.
6. Дроздов В. Т. Деревянные наслонные стропильные системы / В. Т. Дроздов. – СПб. : Издательский дом KN+, 2003. – 73 с.
7. Жолобов А. Л. Современные методы ремонта и реконструкции кровель зданий. Ростов н/Д : Донской гос. техн. ун-т. ДГТУ, 2018. – 140 с.
8. ИТМО, Университет. «ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ СИТУАЦИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ И ЗАПРОС», Платформа, 2020.
9. Калугин, А. В. Деревянные конструкции / А. В. Калугин ; Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2001.
10. Техническая эксплуатация и усиление деревянных конструкций / М. В. Лукин, М. С. Лисятников, М. В. Попова и др. ; Владимирский государственный университет, 2024. – 177 с.
11. Лукинский, О. А. Проблемы скатных кровель / О. А. Лукинский // Жилищное строительство. – 2008. – № 2. – С. 25 – 27.
12. Обух-Швец, Д. И. Проблемы реконструкции исторического центра Санкт-Петербурга и современные методы и технологии / Д. И. Обух-Швец // Молодой ученый. – 2023. – № 26(473). – С. 29 – 37.
13. Оценка остаточного ресурса деревянных конструкций по величине физического износа / А. Г. Черных, Д. И. Корольков, Е. В. Данилов и др. // Жилищное строительство. – 2022. – № 4. – С. 66 – 72.
14. Реконструкция крыш Санкт Петербурга на основе легких стальных тонкостенных конструкций и антиобледенительной системы / К. В. Петров, Е. А. Золотарева, В. В. Володин // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 2. – С. 59 – 64.
15. Применение современных строительных материалов и технологий при устройстве кровель / К. С. Петров, К. Г. Крищенко, К. Г. Погосов, А. С. Жукова // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 7. – С. 3 – 8.
16. Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда : постановление Госстроя РФ от 27.09.2003 № 170 (с изм. от 22.06.2022) (Зарегистрировано в Минюсте РФ 15.10.2003 № 5176).
17. Савельев, А. А. Конструкции крыш. Стропильные системы / А. А. Савельев. – М. : Аделант, 2009. – 121 с.
18. Семенихина, В. П. Совершенствование способов устройства и ремонта скатных крыш эксплуатируемых чердаков : дис. … канд. техн. наук. Спец.: 05.23.08 / В. П. Семенихина. – М, 2010.
19. СП 17.13330.2017. Кровли. Актуализированная редакция СНиП II-26-76. – М. : АО «ЦНИИПромзданий», 2011. – 53 с.
20. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. – М. : АО «ЦНИИПромзданий», 2017. – 92 с.
21. Типовые конструкции и детали зданий и сооружений для капитального ремонта в Санкт-Петербурге, эксплуатация и ремонт металлических кровель, ОАО «ЛЕНЖИЛНИИПРОЕКТ».
22. Швалев, М. Д. Эксплуатируемые кровли как фактор устойчивого развития городов / М. Д. Швалев, И. Н. Мальцева ; Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. – 2020. – № 3. – С. 89 – 94.
23. Шмелев, Г. Д Физический износ, текущий и капитальный ремонты жилых зданий / Г. Д. Шмелев, Т. А. Безсуднова, Н. А. Алашников // Управление социально-экономическими системами: теория, методология : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : Наука и просвещение, 2017. – С. 28 – 31.
24. Юдина, А. Ф. Технологические процессы в строительстве / А. Ф. Юдина, Г. М. Бадьин, В. В. Верстов. – 2-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2014. – 304 с.

УДК 69.059.7
38: Строительство

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЯНОГО ОБОГРЕВА ФУТБОЛЬНОГО ПОЛЯ НА СТАДИОНЕ «СПАРТАК»

Сигачева Софья Анатольевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: Sonya.222507@gmail.com

Корчагина Ольга Алексеевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат химических наук, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: korchagina121@mail.ru

Необходимость строительства систем подогрева продиктована насущной потребностью повышения качества футбольных полей в холодные осенне-весенние периоды года, характерные для большинства регионов нашей страны. Кроме того, появились поля с искусственным покрытием газонов, которые в основном используются в тренировочных целях или для массового футбола. На этих полях системы подогрева особенно нужны, так как только они могут круглый год обеспечивать такое состояние газона, при котором возможно проводить нормальный игровой процесс [1 – 3].

Множество игровых арен оснащено автоматическими поливочными системами и средствами для отвода воды, это позволяет реализовывать интегрированный подход к подготовке площадок для матчей или занятий спортом.

В исследовании представлен метод гидравлического отопления для футбольного поля на стадионе «Спартак» в Тамбове.

Схема футбольного стадиона, оборудованного системами жидкостного подогрева газона и автоматизированного полива приведена на рис. 1.

Размещение труб подогрева под газоном для натурального поля и поля с искусственным покрытием приведено на рис. 2.

Принципиальная схема теплового пункта и системы подогрева приведена на рисунке 3.

На рисунке 1 показана схема футбольного стадиона, оборудованного системами жидкостного подогрева газона и автоматизированного полива. Отопительная система включает в себя центральный теплогенерирующий узел и сеть распределительных труб (коллекторы и полиэтиленовые трубы), проложенных непосредственно под поверхностью игрового поля. В качестве теплоносителя используется водный раствор этиленгликоля, концентрация которого варьируется от 30 до 42% в соответствии с климатическими условиями, в которых расположен стадион.

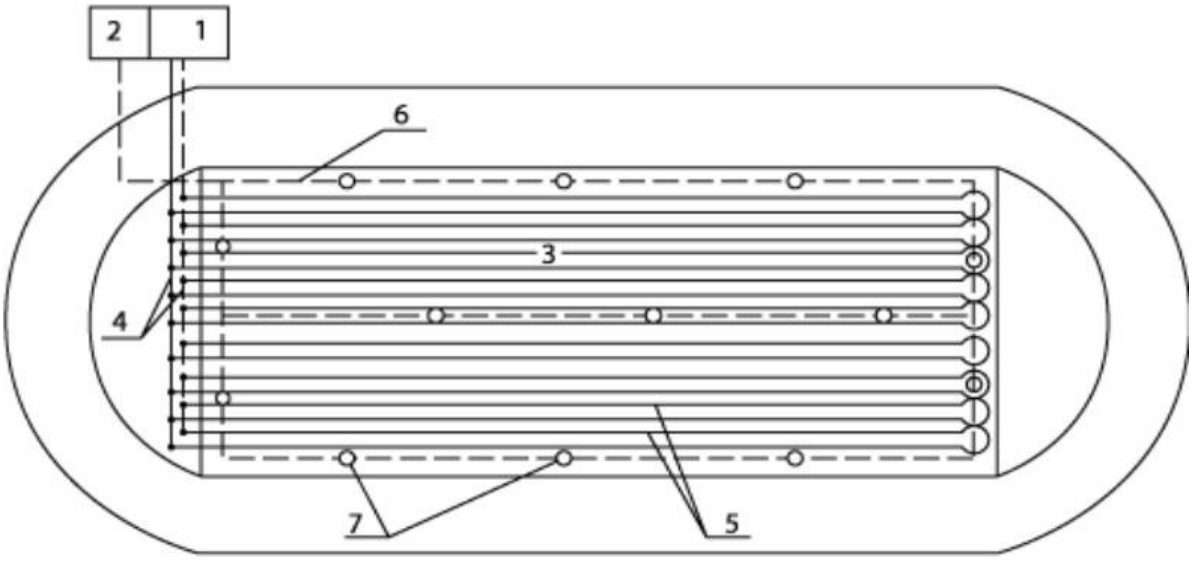


Рис. 1. Схема футбольного стадиона, оборудованного системами жидкостного подогрева газона и автоматизированного полива:
1 – тепловой пункт; *2* – насосная автоматизированного полива; *3* – газон футбольного поля; *4* – коллекторы системы подогрева; *5* – полиэтиленовые трубы подогрева; *6* – трубы полива; *7* – разбрызгиватели воды

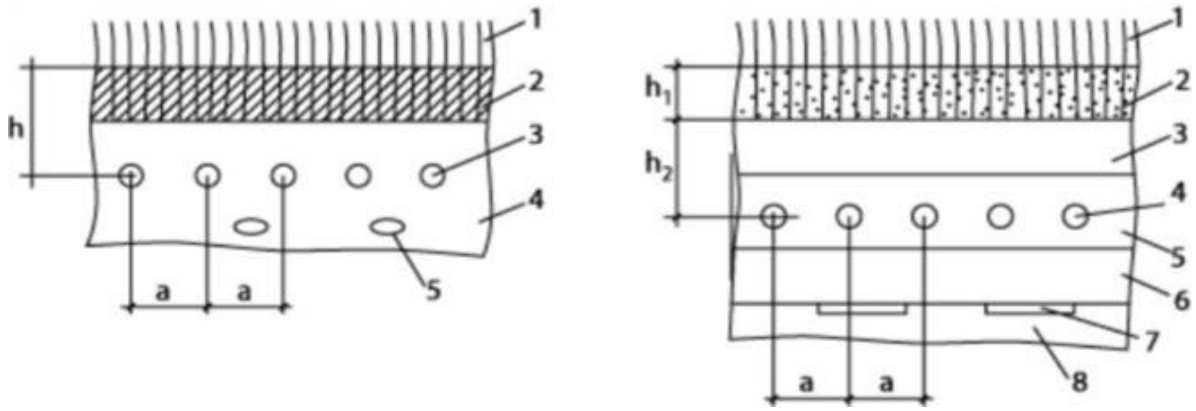


Рис. 2. Размещение труб подогрева под газоном для натурального поля и поля с искусственным покрытием:
а – натуральное поле: *1* – трава; *2* – заменяемый газон; *3* – трубы подогрева; *4* – грунт; *5* – дренаж; *а* = 150…250 мм; *h* = 180…230 мм; *б* – поле с искусственным покрытием: *1* – искусственная трава; *2* – засыпка песком и резиновой крошкой; *3* – щебень с расклинцовкой; *4* – трубы подогрева; *5* – песок; *6* – щебень; *7* – дренаж; *8* – грунт; *h*1 ~ 30 мм; *h*2 ~ 150 мм; *а* = 150…200 мм

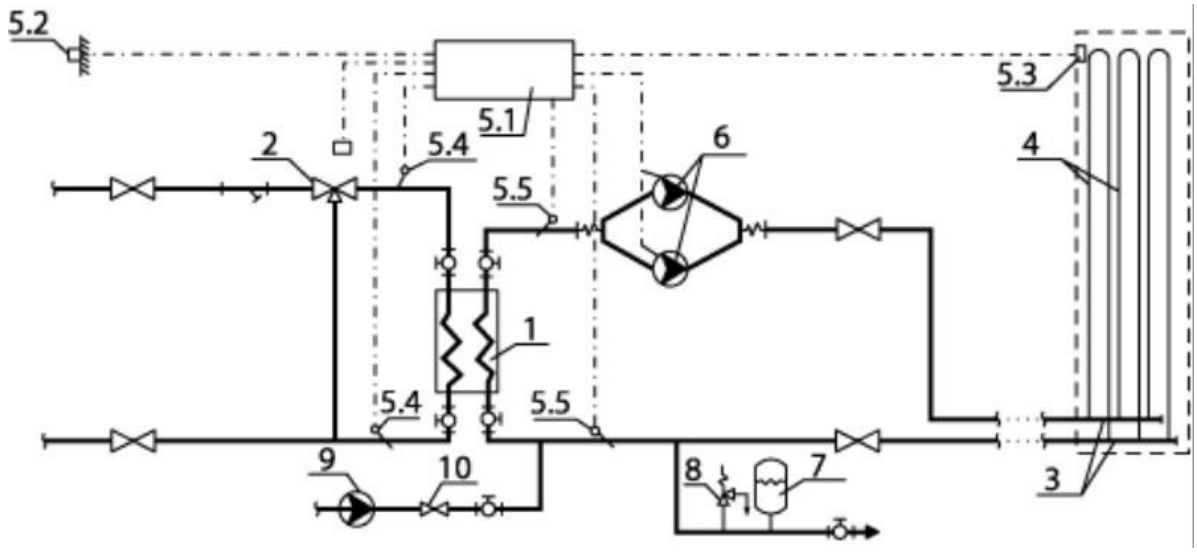


Рис. 3. Принципиальная схема теплового пункта и системы подогрева:
1 – пластинчатый теплообменник; *2* – трехходовой клапан с электроприводом; *3* – коллекторы; *4* – трубопроводы подогрева; *5* – блок автоматического управления: *5.1* – электронный регулятор; *5.2* – датчик температуры наружного воздуха; *5.3* – датчик температуры грунта; *5.4* – датчики температуры воды; *5.5* – датчики температуры раствора этиленгликоля; *6* – сдвоенный насос (рабочий и резервный); *7* – мембранный расширительный бак; *8* – предохранительный клапан; *9* – насос для заполнения системы подогрева раствором этиленгликоля; *10* – обратный клапан

В конструкции системы жидкостного обогрева выбор местоположения труб под зеленой зоной зависит от типа покрытия (живая трава или синтетический материал) и условий укладки. Глубина установки труб под поверхностью и интервалы между ними проектируются на основании конструктивных чертежей и анализа состава почвенных слоев.

На рисунке 2 показано размещение труб подогрева под газоном для натурального поля и поля с искусственным покрытием.

Установка системы обогрева труб на работающем естественном футбольном поле осуществляется методом нарезки канав в травяном покрове и последующей тяги труб посредством автономной машины.

Процесс укладки, занимающий период от 4 до 7 дней, включая монтаж коллекторов в траншею, обеспечивает сохранение неповрежденности газонной поверхности и не влияет на проведение футбольных матчей по расписанию.

На натуральном поле система подогрева лишь продлевает сезон: осенью система подогрева включается при среднесуточной температуре ниже 2 °С и работает до минус 10 °С, а весной включается за 2–3 недели до начала футбольного сезона и обеспечивает оттаивание и сушку газона, и создание благоприятных условий для роста травы. Зимой система подогрева на натуральных полях отключается и газону предоставляется биологический отдых.

Расчет количества теплоты для поддержания заданного температурного режима на поверхности газона (0 – 2 °С) определяется по формуле:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot (t_0 - t_н), \quad (1)$$

где α – коэффициент теплоотдачи от поверхности газона в окружающую среду; F – площадь подогреваемого газона; t_0 – температура на поверхности газона; $t_н$ – расчетная наружная температура.

Кроме того, требуется учитывать потери теплоты вглубь поля, которые составляют 15…20% от расчетной потребности.

Значения температуры на границе слоев определяются по формуле:

$$t = t_0 + Q/F \cdot \delta/\lambda, \quad (2)$$

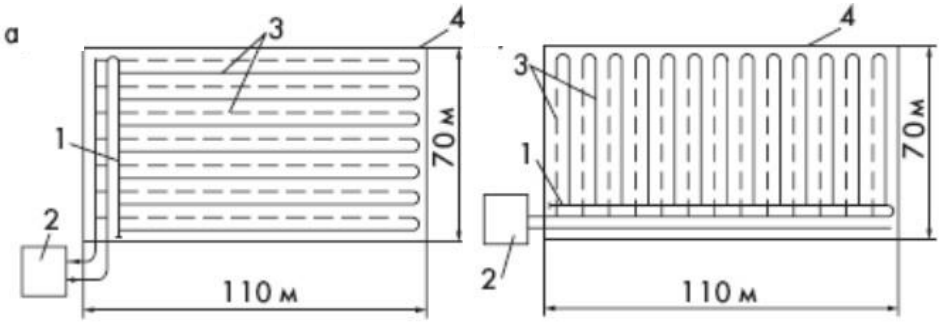
где δ – толщина слоя; λ – эффективная теплопроводность.

Фактические расчеты значительно сложнее, так как коэффициент теплоотдачи зависит от скорости и направления ветра, высоты травы и других факторов, а коэффициент теплопроводности – от влажностного состояния слоев, качества дренажа, толщины слоя снега и льда и т.п.

Приготовление рабочего теплоносителя производится в тепловом пункте, который подключается к тепловым сетям или автономному теплоисточнику (водогрейным газовым котлам или электрокотлам).

Размещение коллекторов системы подогрева на поле имеет важное значение для обеспечения равномерного прогрева всей площади газона при минимальных затратах на устройство такой системы.

Подача рабочего теплоносителя в коллекторы выполняется таким образом, чтобы обеспечивалось его попутное движение (рис. 4). Это достигается тем, что дополнительно прокладывается транзитная труба подающего коллектора, которая одновременно обеспечивает прогрев крайней зоны поля.



а) *б*)

Рис. 4. Подача рабочего теплоносителя в коллекторы:
а – коллекторы расположены с одного из торцов поля; *б* – коллекторы расположены вдоль длинной стороны поля;
1 – коллекторы с попутным движением теплоносителя; *2* – тепловой пункт;
3 – петли труб подогрева; *4* – газон футбольного поля

Коллекторы могут быть расположены с одного из торцов поля или вдоль его длинной стороны (рис. 4, *б*). Принимая в расчет, что размеры типового поля составляют 70 на 110 метров, к коллекторам, размещенным вдоль продольной стороны, возможно подсоединение трубных петель системы подогрева, где каждая имеет максимальную длину до 140 метров. В случае расположения с края, максимальная длина петли увеличивается до 220 метров. Для обеспечения нужного градиента температур рабочей жидкости и необходимой теплоотдающей поверхности труб, более короткие петли потребуют установки труб меньшего диаметра и в большем количестве по сравнению с более длинными петлями.

Для оценки возможного монтажа водяного обогрева футбольного поля проанализируем технические данные системы в табличной форме для города Тамбов (табл. 1).

1. Технические данные по системе подогрева

Показатели	Стадион «Спартак»
Площадь подогреваемого газона, м^2	7700
Расчетная часовая тепловая нагрузка, кВт	1500
Параметры теплоносителя, °С	
– первичного	90/65
– рабочего	35/20
Общее количество труб подогрева, шт.	380
Глубина заложения под газон и расстояние между трубами, мм	200/200
Общая длина труб подогрева, км	20
Потребляемая мощность насосного и прочего оборудования, кВт	10,00

Система жидкостного подогрева футбольных полей имеет существенные преимущества перед другими системами (например, электроподогревом), так как температура рабочего теплоносителя небольшая, что создает наиболее благоприятные температурные условия для корневой системы натуральных полей, а для любого газона она позволяет обеспечить заданную температуру и ее точную регулировку в зависимости от наружных условий.

Исходя из проведенного анализа, предварительных расчетов и оценке видно, что теоретически монтаж водяного прогрева футбольного стадиона «Спартак» возможен, но в случае получения дополнительных нагрузок на водоснабжение и электроэнергию, дополнительному вложению финансовых средств на оборудование и эксплуатацию и правильному монтажу сетей.

В случае редкой или крайне редкой эксплуатации данного оборудования – система может выйти из строя из-за перепадов температур и агрессивных воздействий, так как меры по обслуживанию в период эксплуатации не будут оказаны своевременно.

Список используемых источников

1. СП 285.1325800.2016. Стадионы футбольные. Правила проектирования (с изменениями № 1, 2, 3). Введ.: 17.06.2017. – М. : Минстрой и ЖКХ, 2017. – 64 с.

2. Стандарт РФС (СТО) «Футбольные стадионы» Постановление Исполкома Общероссийской общественной организации спортивной федерацией по футболу «Российский футбольный союз» № 218.2 от 20 декабря 2024 года.

3. Справочник УЕФА по качеству стадионов. Марк Фенвик, RFA Fenwick Iribarren Architects, 160 с.

УДК 005.92
60.844: Делопроизводство. Документооборот

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ РЕЕСТРА ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В ЭЛЕКТРОННОМ ДОКУМЕНТООБОРОТЕ

Сухова Дарья Андреевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: dashasuhova2018@mail.ru

Макаров Александр Михайлович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат химических наук, доцент кафедры «Городское строительство и автомобильные дороги»
e-mail: Sascha_68@rambler.ru

При строительстве объектов после выполненных строительно-монтажных работ оформляется исполнительная документация, которая в последствии проверяется строительным контролем и надзором. По сути, основная часть всей исполнительной документации есть контроль качества и к тому же является очень сложной, потому как охватывает большинство нормативных документов, по которым должны выполняться работы [1, 2]. Для улучшения документооборота и надлежащего исполнения обязанностей застройщика/подрядчика ведения исполнительной документации в электронном формате.

Исполнительная документация – это комплекс материалов, используемых во время проведения строительно-ремонтных работ и после их завершения. Эти бумаги описывают объект и содержат важную информацию об его особенностях. Если сдать такие документы в архив или убрать на хранение на склад в коробках, при возникновении экстренной чрезвычайной ситуации, будет крайне сложно найти нужный чертеж, план или схему.

Для исключения любых проблем, связанных с поиском требуемых бумаг, составляется реестр сдачи исполнительной документации. Он содержит весь список материалов, составляемых по конкретному объекту и участку работ. При этом отдельный реестр ИД может создать любой подрядчик, описывая мероприятия, которые были им сделаны [1, 4].

После формирования, все акты попадают в реестр исполнительной документации (далее – Реестр ИД). В нем можно отслеживать статус актов и просматривать основную информацию о них.

Если нажать на строчку акта (1), то справа появится поле Сведения, Участники, История (2). Здесь можно посмотреть, кто подписал/согласовал акт, подписаны ли приложения, а также историю согласования. При необходимости, окно можно скрыть (3) (рис. 1).

Также в каждом акте присутствует такая величина, как Объем работ. В случае, если вы прикрепили к акту исполнительную схему, в которой был указан объем работ, то его можно добавить из схем, а не вводить вручную, нажав на строку акта (1) и в открывшемся окне Сведения (2) нажать на «Добавить» (3) (рис. 2).

Также объем можно будет откорректировать или добавить еще фактический объем, для этого также кликнуть на строку акта (1) и в открывшемся окне Сведения (2) нажать на «Карандаш» (3) и в режиме редактирования нажать на кнопку «Добавить фактический объем» (4) (рис. 3).

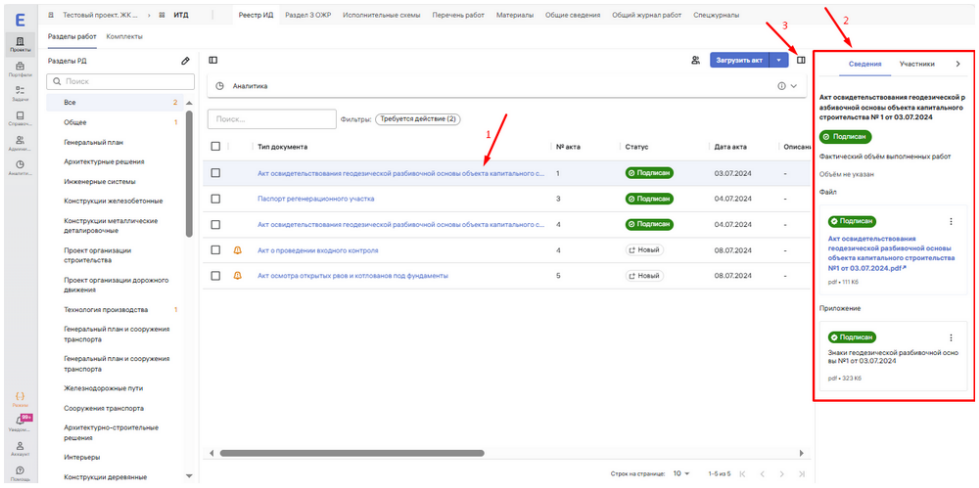


Рис. 1. Дополнительные сведения в Реестре ИД

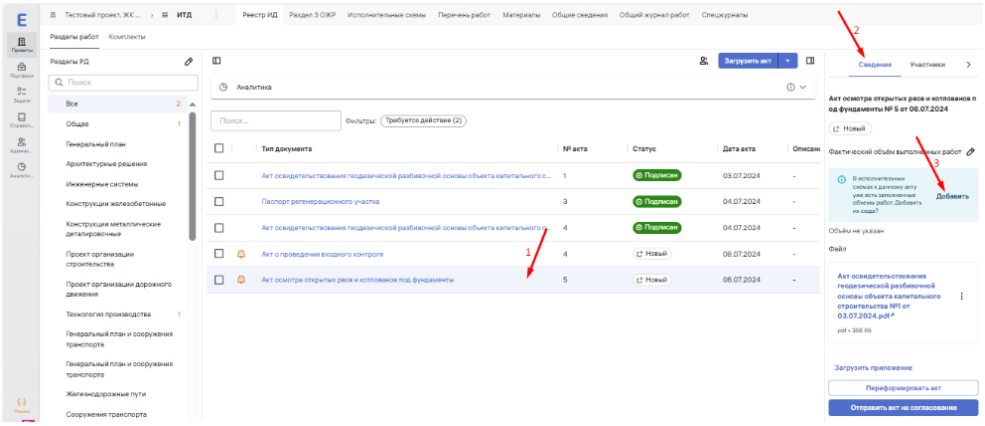


Рис. 2. Добавление фактического объема выполненных работ в акт

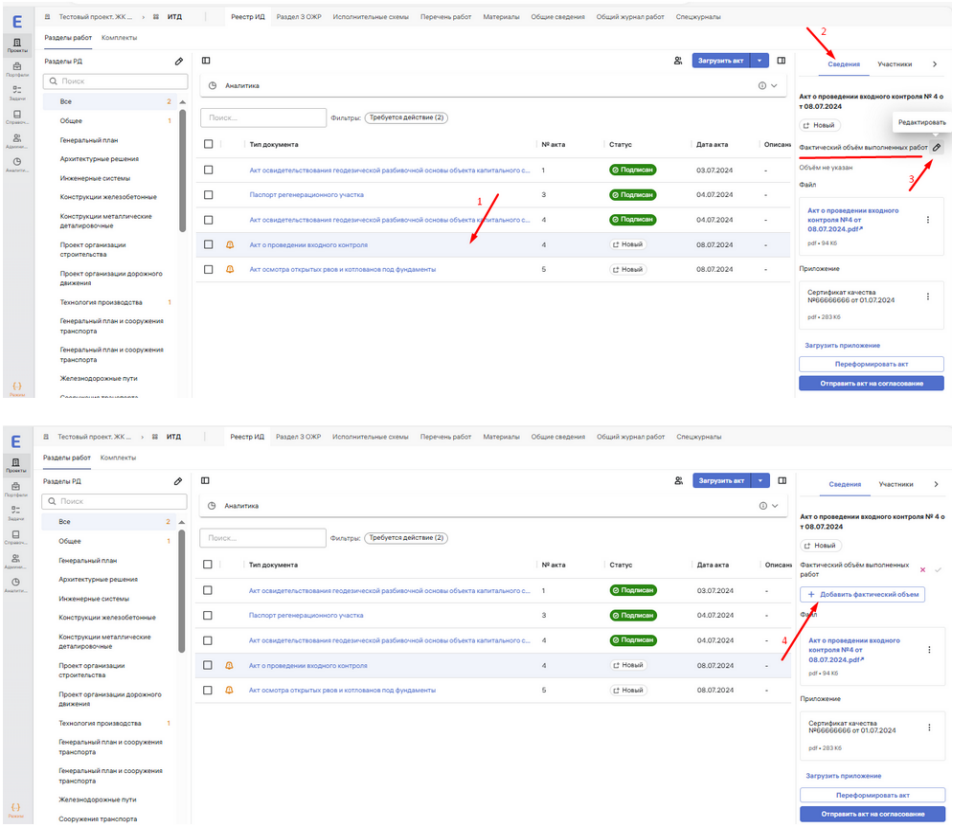


Рис. 3. Редактирование и добавление дополнительных фактических объемов

Редактирование доступно также сотрудникам из одной организации и, если акт в статусах «Новый» или «На доработке» (рис. 4).

В этой же вкладке, помимо корректировки объема, доступно аннулирование акта. Для того необходимо в окне Сведения колесом мыски пролистать страницу вниз и нажать на «Аннулировать». Аннулировать возможно акт в статусе «Подписан» (2) (рис. 5).

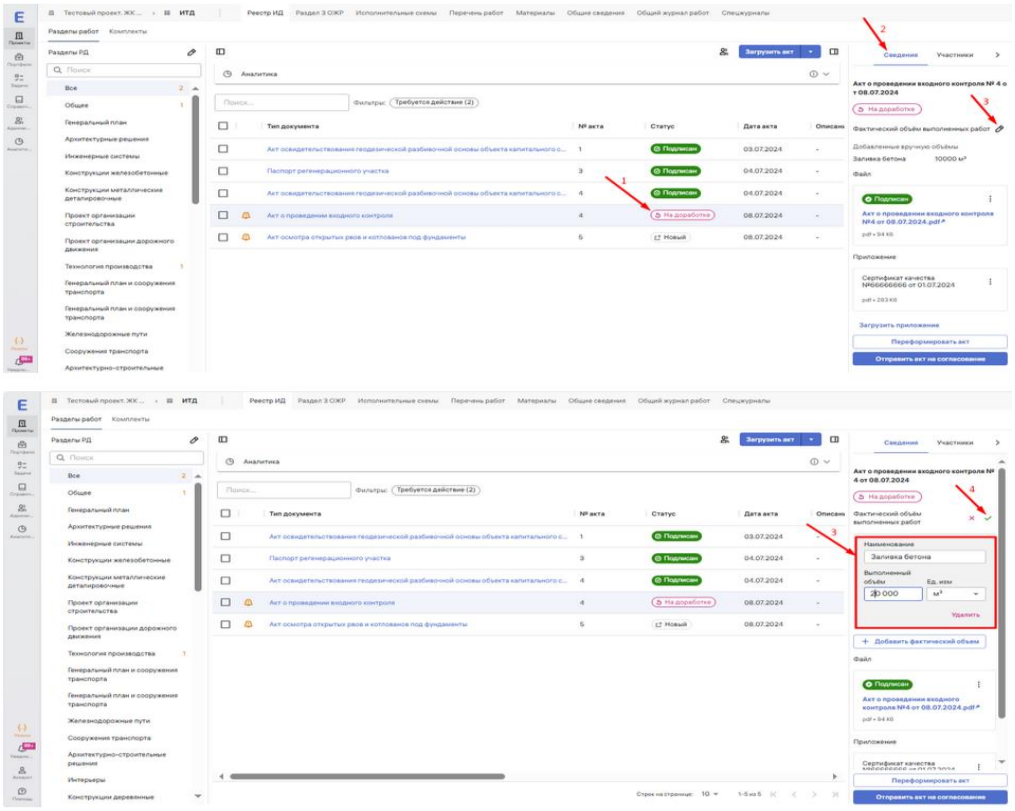


Рис. 4. Корректировка объемов через Реестр ИД

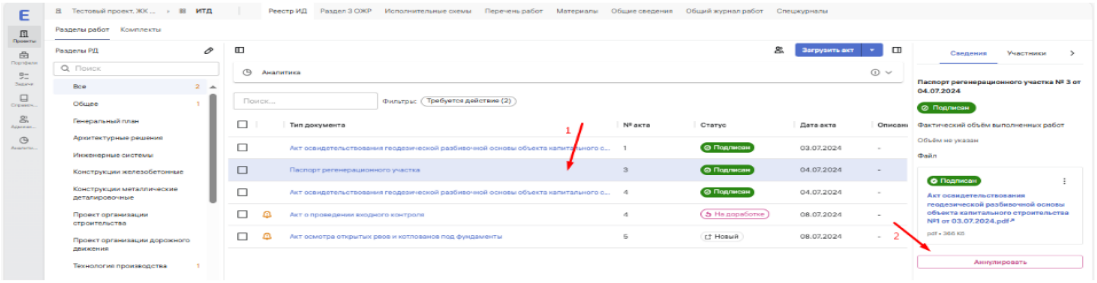


Рис. 5. Аннулирование актов из Реестра ИД

Дополнительно в реестре ИД в правом окне с информацией об акте есть кнопка «Загрузить приложение». Кнопка доступна автору акта и сотрудникам его организации, если акт находится в статусах «Новый» и «На доработке». Данный функционал позволяет без создания новой версии акта добавить к нему документ, который не прописывается в самом акте, но является его приложением.

Таким образом, данная система оптимизирует хранение исполнительной документации, а также создать прозрачность действий застройщика/подрядчика для строительного контроля [2 – 4].

Список используемых источников

1. Об утверждении состава и порядка ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства : приказ от 16 мая 2023 г. № 344/пр.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ (с изменениями на 26 декабря 2024 года) (редакция, действующая с 1 марта 2025 года).
3. СП 48.13330.2019. Организация строительства СНиП 12-01-2004 (с изменением № 1). – М. : Стандартинформ, 2020.
4. СП 543.1325800.2024. Строительный контроль при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства.

УДК 621.1.016
31.3: Теплоэнергетика. Теплотехника

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПО ТОЛЩИНЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СТЕН, ПРОХОДЯЩИХ ЧЕРЕЗ НИХ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ, НА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ ШКОЛЫ «СКОЛКОВО»

Толчеева Виктория Игоревна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *tolcheeva.v22@yandex.ru*

Сайкина Людмила Руслановна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *saykin_777@mail.ru*

Сузюмов Александр Владимирович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: *volunteers_tstu@mail.ru*

Здание является частью образовательного комплекса «Школа Сколково-Тамбов» и предназначено для первой, второй, третьей степеней обучения с первого по одиннадцатые классы.

Расположение по сторонам света, повлияло на ориентацию учебных помещений, на юго-восточную сторону горизонта, что позволило добиться наилучшей инсоляции и естественной освещенности учебных помещений (рис. 1).



Рис. 1. Здание школы «Сколково»

Климатические данные, использованные в расчетах, определялись на основе географического местоположения города Тамбова. Брались с сервера StrusoftClimateServer, доступ к которому использовался посредством программы ArchiCAD (данная функция встроена в программу) [1 – 3].

Исследовалось 5 видов решения ограждающих конструкций:

1 Вариант:

1 слой: силикатный кирпич на цементно-песчаном растворе плотностью 1800 кг/м^3, толщиной 510 мм.

2 Вариант:

1 слой: керамический пустотный кирпич на цементно-песчаном растворе плотностью 1400 кг/м^3, толщиной 510 мм.

3 Вариант:

1 слой: штукатурка из цементно-песчаного раствора плотностью 1800 кг/м3, толщиной 20 мм; 2 слой: глиняный обыкновенный кирпич на цементно-песчаном растворе плотностью 1800 кг/м^3, толщиной 510 мм; 3 слой: плиты минераловатные из каменного волокна плотностью 125 кг/м^3, толщиной 50 мм;

4 слой: штукатурка из сложного раствора плотностью 1700 кг/м^3, толщиной 20 мм.

4 Вариант:

1 слой: штукатурка из цементно-песчаного раствора плотностью 1800 кг/м^3, толщиной 20 мм; 2 слой: глиняный обыкновенный кирпич на цементно-песчаном растворе плотностью 1800 кг/м^3, толщиной 510 мм; 3 слой: плиты минераловатные из каменного волокна; плотностью 125 кг/м^3, толщиной 50 мм;

4 слой: воздушная прослойка толщиной 50 мм; 5 слой: керамогранитная плитка толщиной 12 мм.

5 Вариант:

1 слой: силикатный кирпич на цементно-песчаном растворе плотностью 1800 кг/м^3, толщиной 120 мм; 2 слой: пенобетон плотностью 600 кг/м^3, толщиной 400 мм; 3 слой: глиняный обыкновенный кирпич на цементно-песчаном растворе плотностью 1800 кг/м^3, толщиной 120 мм.

В программе ArchiCAD имеется возможность моделирования распределения температур по толщине ограждающих конструкций стен, и потоков энергии, проходящих через нее в период эксплуатации (рис. 2 – 6).

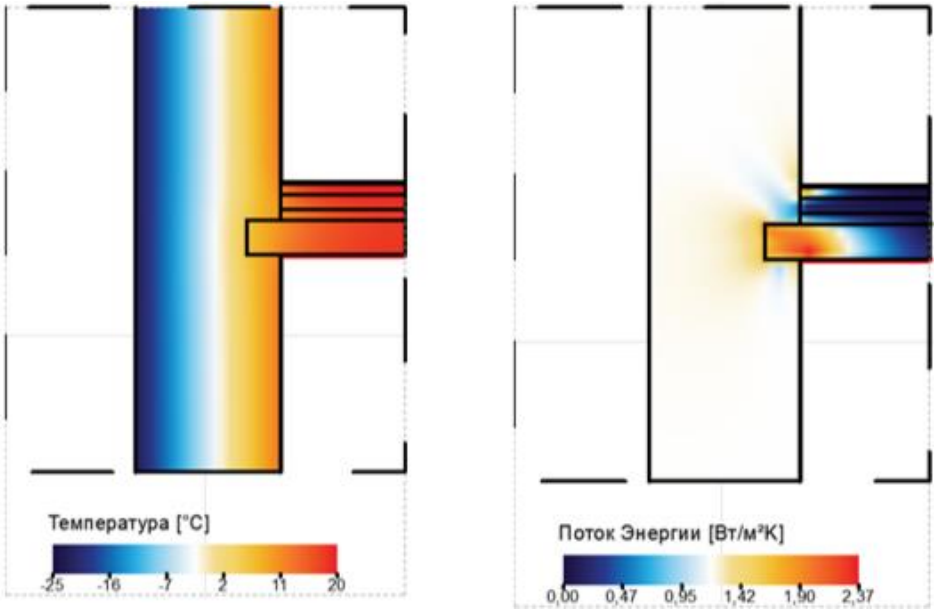


Рис. 2. Результат моделирования температурного поля и потока энергии в месте сопряжения перекрытия и стены по 1-му варианту:
а – температурное поле в °С; *б* – поток энергии в Вт/м^2·К

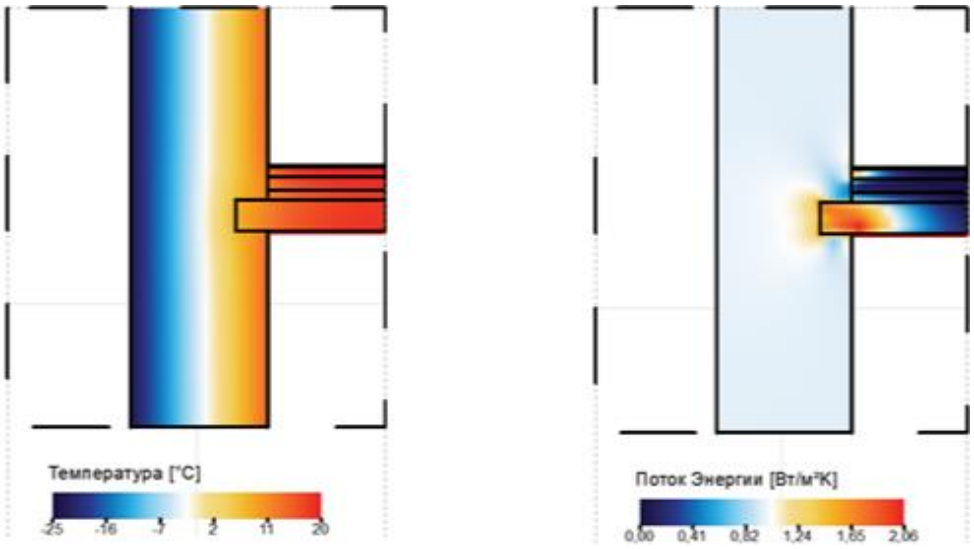


Рис. 3. Результат моделирования температурного поля и потока энергии в месте сопряжения перекрытия и стены по 2-му варианту:
а – температурное поле в °С; *б* – поток энергии в Вт/м^2·К

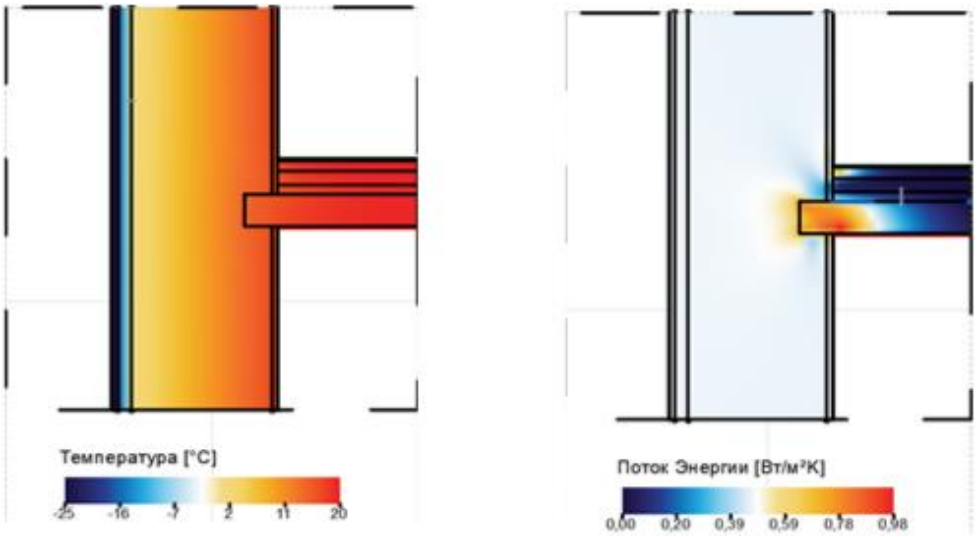


Рис. 4. Результат моделирования температурного поля и потока энергии в месте сопряжения перекрытия и стены по 3-му варианту:
а – температурное поле в °С; *б* – поток энергии в Вт/м^2·К

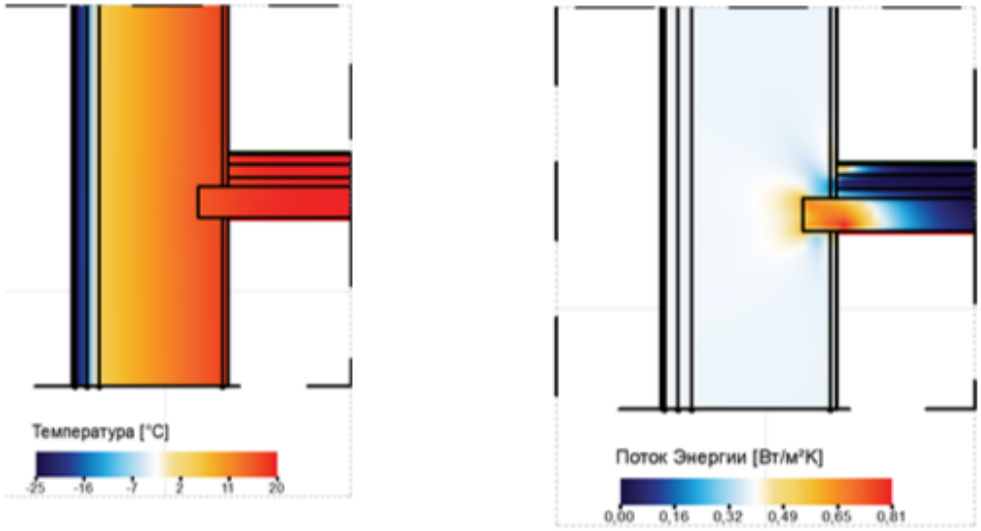


Рис. 5. Результат моделирования температурного поля и потока энергии в месте сопряжения перекрытия и стены по 4-му варианту:
а – температурное поле в °С; *б* – поток энергии в Вт/м^2·К

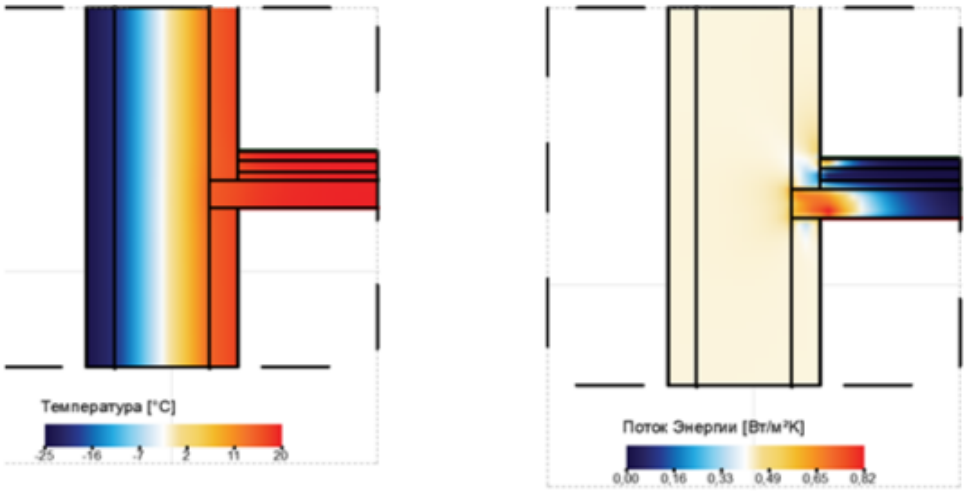


Рис. 6. Результат моделирования температурного поля и потока энергии в месте сопряжения перекрытия и стены по 5-му варианту:
а – температурное поле в °С; *б* – поток энергии в Вт/м^2·К

Применение ограждающих конструкций по вариантам 1 и 2 не только энергозатратнее, но и провоцирует значительные колебания температур в ограждающих конструкциях стен именно в той их части, которая отвечает за несущую способность всей конструкции здания. Данный эффект с течением времени может привести к появлению в материале трещин и его дальнейшему быстрому разрушению из-за постоянно изменяющихся внутренних температурных напряжений [4 – 6]. Практически постоянное присутствие в толще ограждения влаги в период с конца осени до начала весны, которая в зимний период подвержена процессам замораживания-оттаивания, так как и точка росы, и точки с отрицательным значением температур расположены в толще несущих конструкций стен. Это подтверждается распределением температурных полей в толще ограждения (рис. 2, 3). В свою очередь варианты 3, 4 защищены от этих факторов наличием наружного утепления (рис. 4 – 6). Конструкция стен по варианту 5, не смотря на низкую энергозатратность, имеет такие же недостатки в своей конструкции, как и варианты 1 и 2.

Список использованных источников

1. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Введ.-01.01.2013 – М. : 2012. – 124 с.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Введ. 01.07.2013 – М. : 2012. – 95 с.
3. Методические указания к выполнению работы «Техническое обслуживание и эксплуатация зданий». Тамбов : ТГТУ, 2012.
4. Дыховичный, Ю. А. Краткий справочник по проектированию жилых и гражданских зданий / Ю.А. Дыховичный, М.С. Каменкович. – М. : Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 2018. – 508 с.
5. Леденев, В. И. Физико-технические основы эксплуатации наружных кирпичных стен гражданских зданий : учебное пособие / В. И. Леденев, И. В. Матвеева, П. В. Монастырев. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2005 – 160 с.
6. Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов : постановление Правительства РФ от 25 января 2011 года № 18.

УДК 699.88
67.01.77: Методы исследования и моделирования. Математические и кибернетические методы

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СМЕЩЕНИЙ ГРУНТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Тумасов Эрнест Арменович
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», студент
e-mail: erik.tumasov@mail.ru

Аннотация. С увеличением темпов урбанизации и строительного сектора наблюдается рост числа возведения зданий и сооружений, которые возводятся в непосредственной близости к потенциально опасным геологическим зонам. Одним из основных рисков, связанных с такими проектами, являются смещения грунта, которые могут привести к деформациям зданий и угрозе безопасности населения. В данной статье рассматриваются цифровые технологии, применяемые для мониторинга смещений грунта, а также практические примеры их использования в России

Ключевые слова: строительство, градостроительство, жилые комплексы, смещение грунта, мониторинг.

Большой приток населения в некоторых регионах России рождает спрос на строительство большого количества жилых комплексов, способных удовлетворить потребности граждан. Важной проблемой массового возведения массивных зданий является смещение грунта, например остро стоит вопрос глинистых, песчаных и супесчаных грунтов, которые обладают разными свойствами и поведением под большой нагрузкой

Беря во внимание данную специфику строительства, наблюдается рост необходимости использования цифровых технологий по мониторингу движения грунта, которые обладают экономической целесообразностью (сокращение расходов на 20 – 30%) и высокими критериями безопасности. В статье рассматриваются такие цифровые технологии, как Insar, GPS, цифровые модели, многофакторно решающие проблему смещения грунта в строительстве.

Современные программы позволяют рассмотреть следующие критерии строительства:

1. Геология: современное программное обеспечение позволяет изучать геологические особенности земли, на которой планируется строительство ЖК.
2. Нагрузка от зданий: постоянные нагрузки от построенных объектов могут превышать проектные расчеты, что также может способствовать просадке грунта, а богатый функционал мониторит состояние как всего здания/сооружения, так и отдельных элементов режиме реального времени;
3. Дождевые осадки и подземные воды: возможность геодезических измерений, позволяющих проводить маркшейдерские изыскания для более устойчивого строительства;

4. Уплотнение грунта: правильное уплотнение строительного грунта перед заливкой фундамента является критически важным для уменьшения риска просадок.

Подчеркивая важность симбиоза строительства и геодезии в безопасном строительстве, специалисты выделяют важность систем GPS, лазерных и оптических приемов экспертизы состояния земной поверхности под зданиями и сооружениями

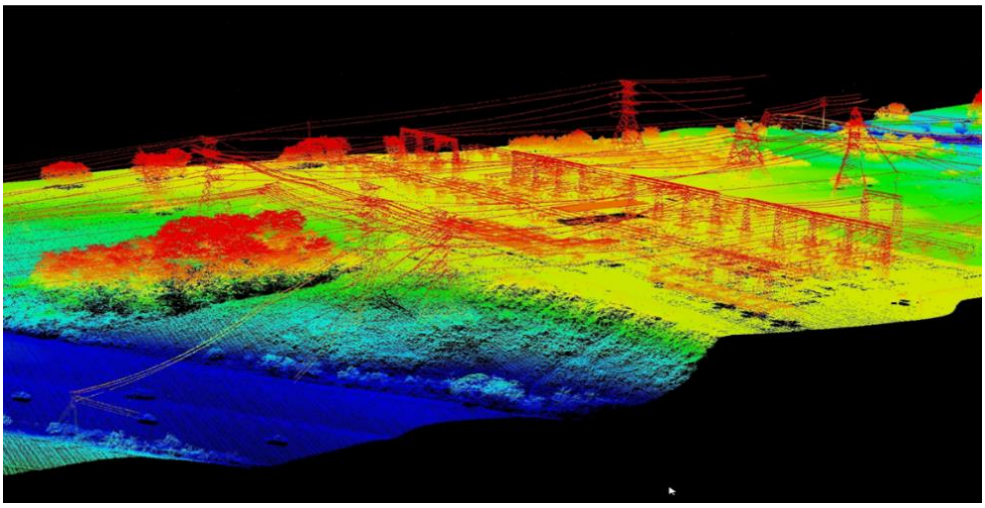


Рис. 1. Цифровая модель состояния грунта [1]

Благодаря таким приемам, можно получать трехмерные модели местности и выявлять изменения в структуре грунта и оснований зданий, а также измерять вертикальные и горизонтальные перемещения грунта с высокой точностью. На основе этих данных можно регулировать деятельность строителей на этапе возведения и проводить мониторинг уже сданного объекта в целях соблюдения безопасной эксплуатации.

Специалисты в области строительства, геодезии, градостроительства и архитекторы выделяют способ интерферометрия на основе радар-технических методов (INSAR). Концепция метода заключается в использовании радиолокационных изображений для определения смещений поверхности Земли с высокой точностью. Он позволяет отслеживать движения больших площадей и выявлять даже минимальные изменения в земной поверхности, позволяя контролировать смещения грунта для его устранения [2].

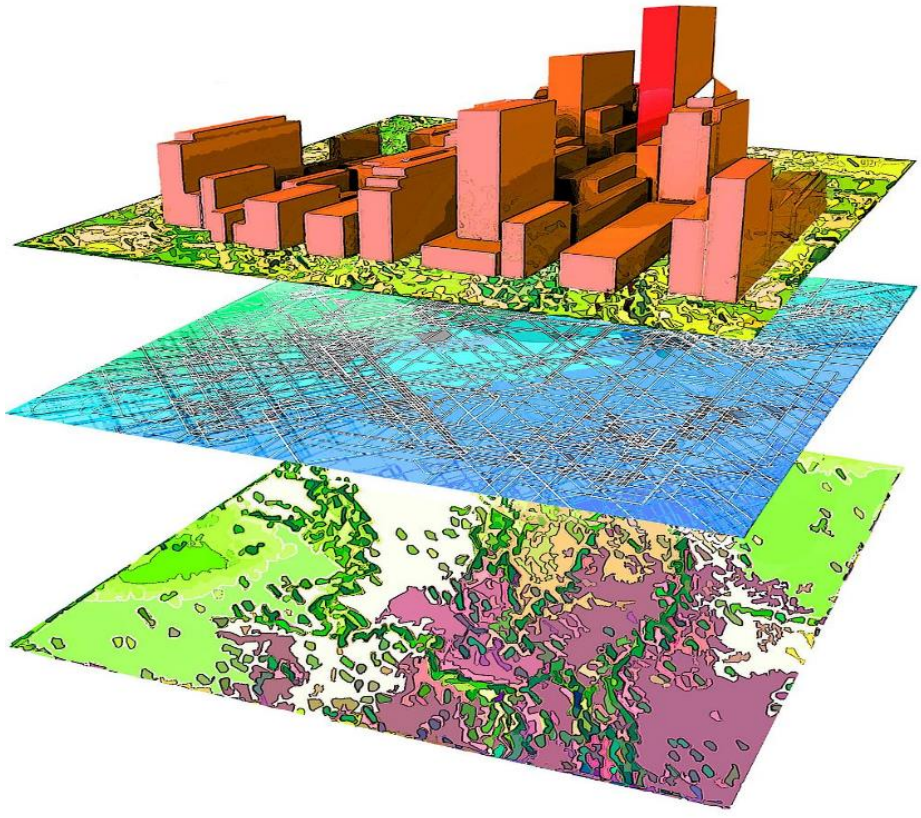


Рис. 2. Цифровая модель местности перед строительством ЖК [3]

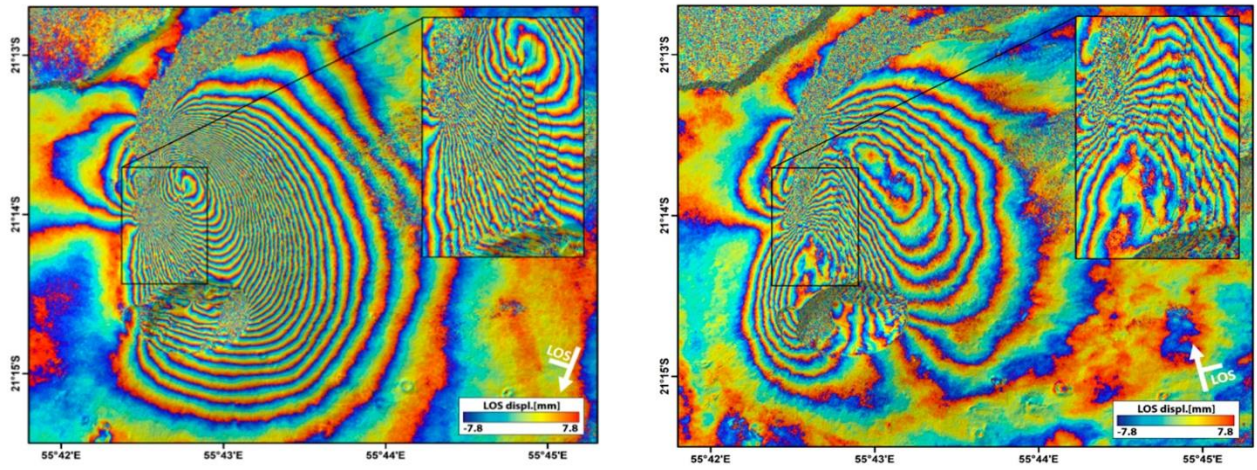


Рис. 3. Спутниковая интерферометрия [4]

Например, в Москве с использованием системы INSAR проводятся исследования на участках, где предполагается строительство новых жилых комплексов. Проект, реализованный Московским государственным университетом, позволяет обеспечивать непрерывный мониторинг изменений в состояниях грунтовых оснований.

Сейсмическая безопасность – основополагающее звено строительства жилых комплексов еще на этапе проектирования, требующая постоянного мониторинга и контроля. Сейсмический мониторинг в строительстве – это непрерывные наблюдения за конструкциями зданий и сооружений при сейсмических нагрузках различной интенсивности, цель которого – обеспечение безопасности и предупреждение возможных критических последствий

Сейсмический мониторинг позволяет:

- получить оценку состояния конструкций здания немедленно после возникновения землетрясения;
- определить, насколько повреждены несущие конструкции и вспомогательные конструкции (трубы, оборудование) в результате сильных движений грунта;
- оценить и улучшить существующие технологии сейсмостойкого строительства.

Установление сети сейсмометров для отслеживания изменений в состоянии почвы в результате сейсмической активности, и, как итог, смещение грунта, может быть важным дополнением к мониторинговым системам.

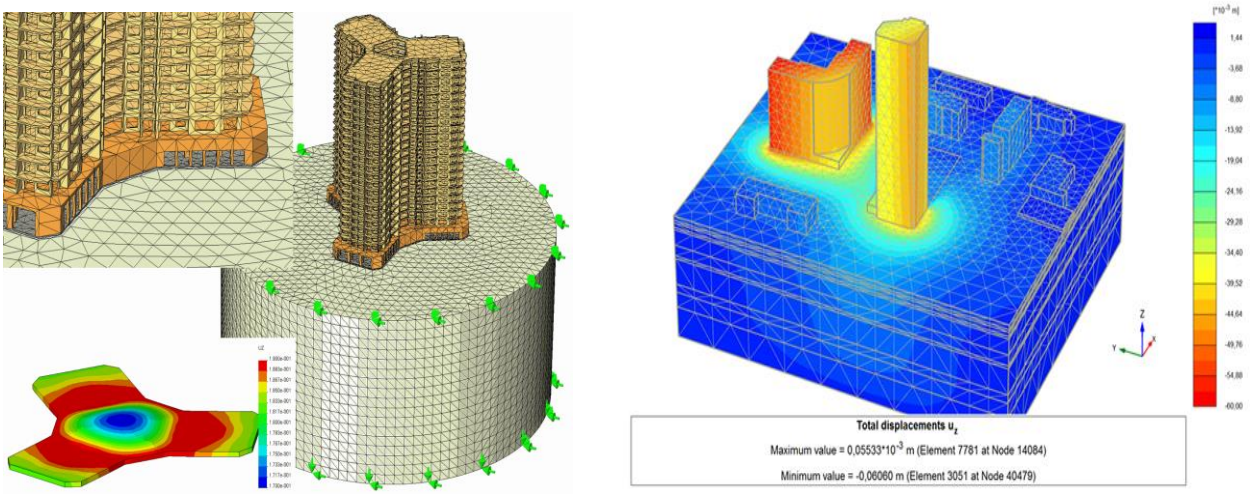


Рис. 4. Анализ модели ЖК для оценки сейсмоустойчивости [5, 6]

Мониторинг смещения грунта в строительстве с использованием информационных технологий (ИТ) стал важной частью обеспечения безопасности и успешного завершения строительных проектов. Использование ИТ позволяет эффективно отслеживать и анализировать изменения в состоянии грунта, что, в свою очередь, снижает риски и улучшает процессы проектирования и строительства [7].

По данным Российской академии наук, более 20% зданий в крупных городах страны подвергаются рискам деформации, вызванным изменениями в состоянии грунта. Это делает необходимость мониторинга особенно актуальной.

В России уже существует ряд успешных примеров применения технологий мониторинга грунта. Например, в Краснодаре активно развиваются программы по мониторингу смещений в связи с высоким уровнем

застройки и близостью к реке Кубань [8]. В 2022 году в рамках комплексного проекта по строительству многофункционального жилого комплекса были установлены геодезические точки, позволяющие вести мониторинг с использованием GPS и лазерной интерферометрии [9]. Данные показывают, что в период с моментом начала строительства уровень смещения грунта не превышал 5 мм в год, что соответствует допустимым нормам.

Список использованных источников

1. https://fomebel.ru/U0/tCblRVamRUYkRsRTNTazYvY0tGaGVTdWlKNW9UcFdEOXNKcmkzQXo0UzBVamYrb0RuTG40aE9xanFGUEVraQ
2. https://geopribory.com/novosti/obzory-produktsii/1079-sovremennye sistemy-monitoringa
3. Российская академия наук. (2021). Исследование геологических процессов в крупных городах России.
4. https://ru.abcdef.wiki/wiki/UNSW_School_of_Surveying_and_Geospatial_Engineering
5. https://www.mdpi.com/2072-4292/12/6/1019
6. Иорданян, А. Н. Конструктивные решения зданий в сейсмических районах Краснодарского края / А. Н. Иорданян // Инновационное развитие строительства и архитектуры: взгляд в будущее : сб. тез. участников Междунар. студенческого строительного форума – 2022, Симферополь, 17 – 19 ноября 2022 года. – Симферополь : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2022. – С. 183 – 186.
7. Сокольская, О. Н. Биоклиматическое проектирование застройки в условиях Черноморского побережья Краснодарского края / О. Н. Сокольская, А. А. Шалая, Б. Э. Гранова // Экология урбанизированных территорий. – 2023. – № 3. – С. 87 – 92.
8. Сокольская, О. Н. Экологический паспорт города как основа проектирования городской застройки / О. Н. Сокольская, В. П. Гончаровская, В. Р. Иванчук // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 115-16. – С. 178 – 181.

УДК 69.033.2
67.01.09: История строительства и архитектуры. Персоналия

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕФАБ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Умнова Ольга Владимировна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: pf166@yandex.ru

Гриднев Артем Владиславович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: artemka363@mail.ru

Префабрикация (от англ. prefabrication – «заводская сборка») – это метод строительства, при котором основные элементы зданий производятся в условиях завода, а не на стройплощадке. Такой подход обеспечивает высокую точность, стабильное качество и возможность воплощать нестандартные архитектурные решения при оптимизации затрат. Особенно актуальна эта технология в условиях быстрой урбанизации и необходимости ускоренного строительства объектов различного назначения.

На современном этапе истории префабрикация входит в топ 5 трендов, способных повысить производительность строительной отрасли: цифровое моделирование, prefab, робототехника. новые строительные материалы, 3D-Печать.

***Зарубежный опыт*.** Зарождение префаб-конструкций в зарубежной строительной практике тесно связано с колониальной экспансией Британской империи [1]. Уже в XVI–XVII веках, осваивая территории в Индии, на Ближнем Востоке, в Африке, Австралии, Новой Зеландии, Канаде и США, англичане столкнулись с необходимостью быстрой постройки временных и постоянных поселений. В связи с отсутствие знаний о местных строительных материалах, они вынуждены были производить элементы зданий в Англии и морем доставлять их в колонии. Первый пример задокументированной постройки из готовых элементов относится к 1624 году – здание, произведенное в Англии, было отправлено за океан в рыбацкую деревню.

К 1790 году в Сиднее (Южный Уэльс) уже использовали сборные конструкции для строительства складов, госпиталей и домов с деревянным каркасом и обшивкой. Предполагается, что в качестве обшивки использовали брезент или деревянные панели, обшитые тканью. Похожая система применялась и во Фритауне (Сьерра-Леоне) при возведении церквей, магазинов и жилых построек.

В 1820 году в Южную Африку были отправлены деревянные сборные коттеджи для поддержки колонистов. Они включали готовые оконные и дверные рамы. Хотя полностью модульными их назвать было нельзя, эти конструкции значительно ускоряли строительство и снижали трудозатраты по сравнению с «нулевым циклом» на месте. Один из первых конструктивных решений префаб-модулей, переносной колониальный коттедж Мэннинга (рис. 1), который распространился по многим поселениям, основанными британцами в XIX веке. Его влияние на будущую строительную индустрию США неясно, однако предполагается, что деревянная архитектура Великобритании стала началом каркасного строительства в Соединенных Штатах.

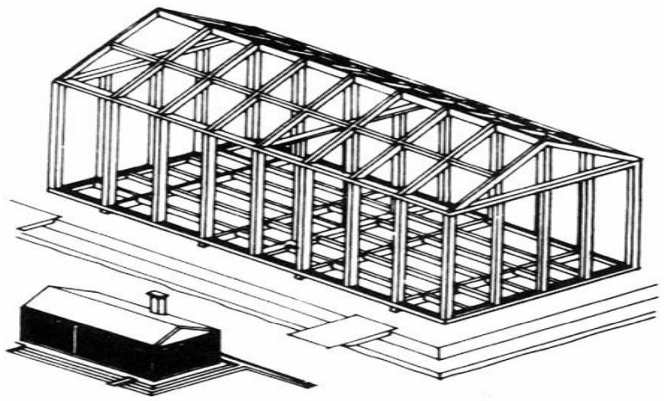


Рис. 1. Переносной колониальный коттедж Мэннинга

Более 200 лет используются и совершенствуются технологии префаб за рубежом. Приведем несколько примеров современного строительства в Великобритании, как преемницы Британской империи, зародившей префаб-конструкции. Одно из самых высоких модульных зданий в мире 24-этажное модульное студенческое общежитие в Вулверхэмптоне, построено по проекту O'Connell East Architects в 2010 году за 27 недель и состоит из 805 встроенных стальных префаб-модулей (рис. 2, *а*). Благодаря использованию модулей срок строительства сократился на один год, что позволило заказчику получать доходы раньше запланированного срока.



а)



в)



б)



Рис. 2. Примеры модульного строительства за рубежом: студенческое общежитие в Вулверхэмптоне, 2010 г. (*а*); студенческий кампус для Университета Манчестера и подъем модуля с использованием люльки на место установки, 2023 г. (*б*); жилой комплекс Raines Court в северной части Лондона, 2002г. (*в*)

В 2023 году построено одно из самых больших в мире зданий модульной конструкции со стальным каркасом 7-этажный студенческий кампус для Университета Манчестера (рис. 2, б). В кампусе размещены студенческое общежитие, жилые помещения для работников высокой квалификации и торговые помещения. В модулях применены стальные конструкции Ayrframe, состоящие из сетки балок С-образного сечения и секций крыши, эта структура обладает высокой жесткостью при малой толщине стен и, как следствие, малый вес и экономия материалов на стилобате, на который монтируются модули. Стилобат состоит из большепролетных двутавровых балок, сопряженных с композитными перекрытиями, уложенными на стальной настил. Каждый модуль представляет собой независимую структурную единицу шириной от 2,4 до 3,6 м. Модули при монтаже компонуются в трех-, четырех- и пятикомнатные блоки, имеющие общий модуль кухни и санитарно-бытовых помещений. Коридоры, интегрированные в модули, позволили сократить объем работ на строительной площадке и обеспечить герметичность при монтаже. Работы по изготовлению модулей и их монтажу на строительной площадке были выполнены за 4 месяца. Бригада из 9 человек монтировала в среднем 28 модулей в день. При монтаже модулей использовали строительные люльки (рис. 2, *б*). Этот способ монтажа на высоте является наиболее безопасным. Новшество этого проекта – интегрированные модульные лестничные пролеты и лифтовая шахта.

Самый крупный в Великобритании (северный Лондон) проектом доступного высококачественного жилья, построенный из готовых модулей жилой комплекс Raines Court (рис. 2, *в*), сданный в эксплуатацию компанией the Peabody Trust в 2002 году. В квартирах жилого комплекса реализованы преимущества гибкости модульной конструкции здания, дающие архитекторам свободу проектирования с учетом назначения здания и позволяющей высвободить максимально большое доступное пространство для нужд застройщика и арендаторов жилья. Каждый модуль оснащен готовыми балконами для трехкомнатных квартир и отдельными входами с вестибюлями. Из модулей шириной 3,8 м смонтированы восемь жилых и рабочих блоков на первом этаже с пространством до проезжей части, служащим буферной зоной. Над первым этажом надстроены пять этажей, на которых расположены трехкомнатные квартиры, а в отдельном крыле с задней стороны здания – четырехкомнатные квартиры. Типовая трехкомнатная квартира состоит из двух модулей, в одном из которых размещены гостиная и помещение кухни-столовой, а в другом – две спальни и просторная ванная комната. Для максимально эффективного использования жилой площади применена свободная планировка.

Российский опыт. Внедрение в строительство префаб-технологии в России началось во времена СССР. Советский опыт эксперты связывают с деятельностью организации «Стандартстрой». В 1923 – 1927 годах компания организовала проектирование и производство зданий каркасно-щитовой конструкции, что позволило за короткий срок возвести большое количество рабочих поселков и отдельных домов в разных частях нашей страны. В конце 1950-х, начался этап развития индустриального и объемно-блочного домостроения, что стало новым этапом для дальнейшего становления префабрикации. В настоящее время в России работает немало компаний развивающих эту технологию, например, лидер направления компания МОДУЛЬБАУ, ООО «ТехноНИКОЛЬ – Строительные Системы» («Домокомплекты»), комбинат инновационных технологий «МонАрх», который первым в мире создал сверхгабаритные железобетонные модули с площадью до 100 м^2 (рис. 3, *а*), АО СЗ «ОБД» (Краснодарский завод ОБД, рис. 3, *б*), который вот уже больше 50 лет развивает одну из эффективных и старейших технологий изготовления объемных блоков – метод «лежащего стакана» [2] и многие другие.

Основные префаб-производства в РФ сосредоточены в Республике Татарстан, Краснодарском крае, Костромской, Калужской и Тульской областях. Медленно идет развитие в Тверской, Смоленской, Орловской, Липецкой, Тамбовской областях, в Республике Карелии, основным сдерживающим фактором является недостаток строительных мощностей. В связи с этим по России объемы строительства с использованием префаб (prefab) пока невысоки. Согласно исследований Ассоциации развития модульного строительства за 2023 и 2024 годы объем жилья с префабрикацией по стране составил всего от 7 до 10%, однако в Центральном федеральном округе – до 22%, так как здесь сосредоточено большинство внедряемых проектов.

Президент России поставил перед строительной отраслью задачу нарастить объем жилищного строительства на территориях, вошедших в состав России в 2022 году, до 2030 года продлить действие национального проекта «Жилье и городская среда» и построить более 1 млрд м^2 жилья в рамках национального проекта «Инфраструктура для жизни», обеспечить граждан жильем общей площадью не менее 33 м^2 на человека к 2030 году и не менее 38 м^2 – к 2036 году [3]. Это требует ежегодного ввода в эксплуатацию 120 млн м^2 доступного высококачественного жилья, что невозможно без применения современных технологий быстровозводимых зданий.



а) *б*)

Рис. 3. Примеры модульного строительства в России: комбинат инновационных технологий «МонАрх», сверхгабаритные железобетонные модули с площадью до 100 м2 (*а*); Краснодарский завод ОБД (*б*)

В связи с этим в настоящее время префаб-технология и модульное строительство играет ключевую роль в отрасли. Как отмечалось выше, префаб-технологии позволяют наращивать качество возведения зданий, при этом сокращать сроки, экономить средства и снижать стоимость жилья. Производители префабов постоянно совершенствуют технологии с помощью разработок новых материалов, подходов в проектировании, методов транспортировки и монтажа.

В свете последних решений Минстрой России обновил план по развитию технологий модульного строительства, утвердило план мероприятий по разработке, актуализации и утверждению документов нормативно-технического регулирования в рамках изначально запланированной актуализации предыдущей версии Дорожной карты, реализуемой с августа 2022 года.

Согласно планов МИНСТРОЙ РФ в России доля строительства с помощью префаб-технологий к 2030 году должна увеличится до 25%. Общий объем строительных работ в 2024 году в России составил 16,8 трлн рублей, при этом, плюсы модульного строительства очевидны [2].

Выводы. Префаб технология прошла достаточно большой путь развития: от небольших колониальных построек до многоэтажных зданий, в которых реализованы самые различные функциональные и технические решения. Перспективы дальнейшего развития более чем актуальны. По оценкам членов Ассоциации развития модульного строительства (АРМС), уже сегодня префабрикация и модульное строительство обеспечивают прирост производительности труда от 15 до 25% в зависимости от использованной технологии. В будущем же цифры могут достичь 30%. Согласно исследованию Международного института модульного строительства, мировой рынок модульного строительства сегодня оценивается в 60,67 млрд долларов, и, по прогнозам, к 2031 году достигнет 99,66 млрд.

Список использованных источников

1. Prefab Architecture – A Guide to Modular Design and Construction – R. Smith (Wiley, 2010) BBS / https://www.researchgate.net/publication/357655501_Prefabricated_Building_Systems-Design _and_ Construction.

2. Методы, проверенные временем: как модульные технологии помогают возводить жилье в России. – URL : https://stroygaz.ru/publication/technologies/metody-proverennye-vremenem-kak-modulnye-tekhnologii-pomogayut-vozvodit-zhile-v-rossii/

3. Отраслевой журнал строительство и СРО «За-Строй.РФ». – URL : https://zsrf.ru/

УДК 69.04
67.11.35: Металлические конструкции

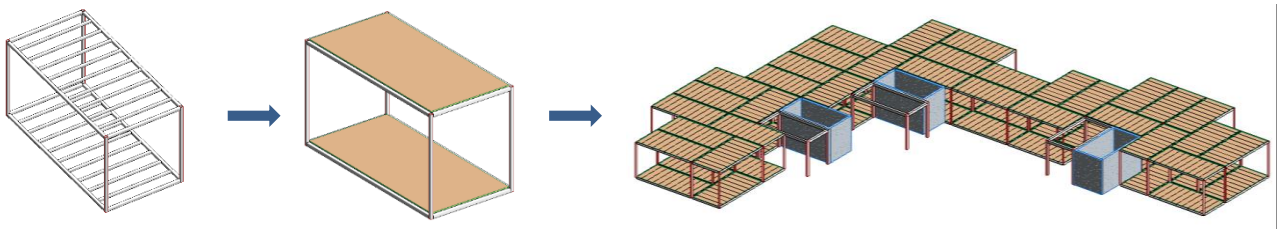
СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ЖИЛОГО ЗДАНИЯ ИЗ ПРЕФАБ-МОДУЛЕЙ В ЛИНЕЙНОЙ И ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Умнова Ольга Владимировна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: pf166@yandex.ru

Гриднев Артем Владиславович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: artemka363@mail.ru

При проектировании многоэтажного жилого здания использовалась технология префаб [1] Авторами были изучены нормативно-правовое регулирование в сфере модульных конструкций в России, технология изготовления префаб модулей в металле, методы защиты металлического остова здания от воздействия огня и коррозии. Здание состоит из отдельных типовых блоков, называемых префаб-модулями (рис. 1, *а*), которые впоследствии соединяются друг с другом в уровне каждого этажа по горизонтали и по вертикали (рис. 1, *б* и 2).

Для выполнения статического расчета необходима расчетная модель несущего остова здания. Для получения ее была разработана информационная модель жилого дома в ПК «Autodesk Revit» (рис. 2) с последующим экспортом и доработкой в ПК «САПФИР» и «ЛИРА-САПР 2022» (рис. 3).



а) *б*)

Рис. 1. Типовой префаб-модуль без пола и покрытия и с их наличием (*а*); один этаж здания, собранный из префаб-модулей (*б*)

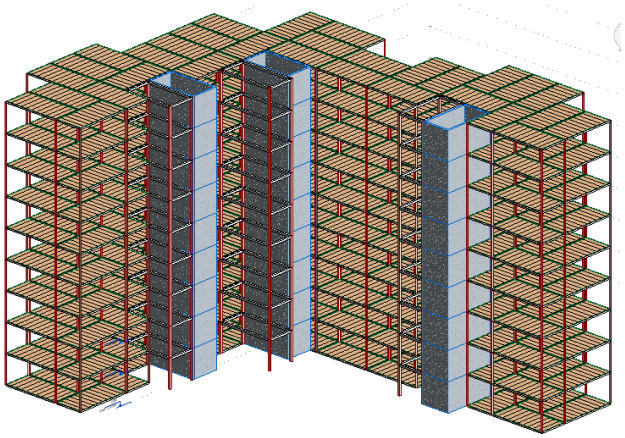


Рис. 2. Информационная модель несущего остова здания в ПК «Autodesk Revit»

В настоящее время основным методом анализа напряженно-деформируемого состояния несущих конструкций зданий является метод конечных элементов [2]. В данном методе элементы стен, колонн, балок и плит представляются в виде стержневых и пластинчатых элементов.

Аналитическая модель здания показана на рис. 3, в которой были заданы граничные условия, приложены нагрузки (собственные, полезные, от пола, крыши, снега, ветра) и выполнены линейный, и физически нелинейный расчеты.

Собственный вес несущих конструкций учтен ПК «САПФИР» автоматически, исходя из геометрических размеров элементов и плотности стали, мозаика распределения приведена на рис. 4.

Состав пола и покрытия каждого модуля приняты одинаковыми, распределенная нагрузка от них представлены в табл. 1, конструктив и мозаика распределения на рис. 5.

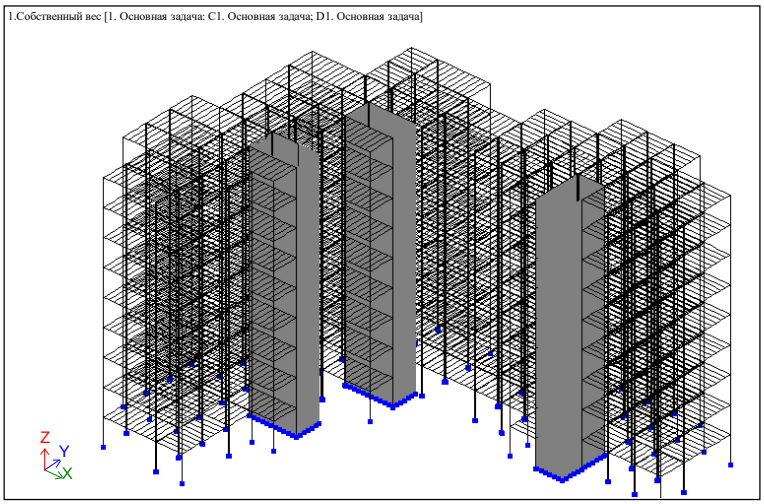


Рис. 3. Аналитическая модель здания в ПК «САПФИР»

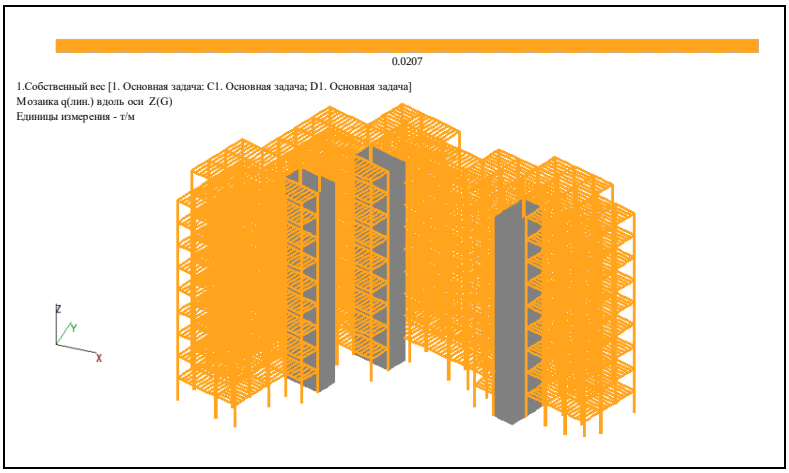
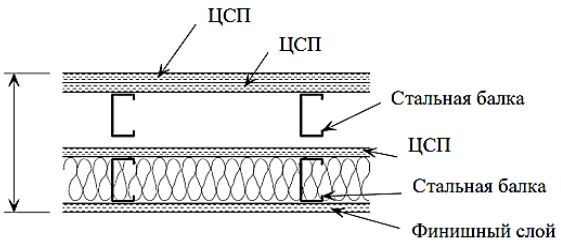


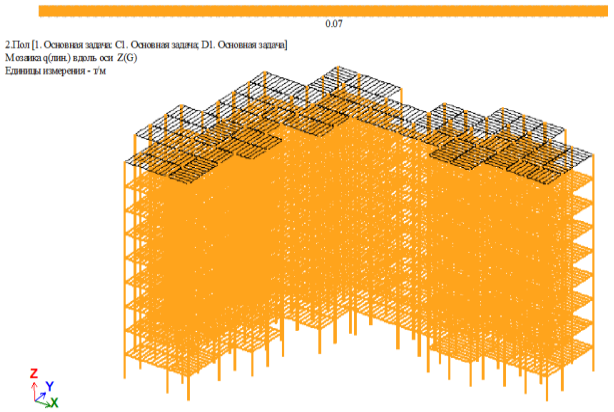
Рис. 4. Мозаика нагрузок от собственного веса металлокаркаса

1. Нагрузка от напольного покрытия на м^2

Наименование	Плотность, т/м^3	Нормативное значение, т/м^2	γ_f	Расчетное значение, т/м^2
1. ЦСП ТАМАК – 24 мм	1,4	0,034	1,3	0,047
2. Пароизоляционная пленка ТЕХНОНИКОЛЬ АЛЬФА БАРЬЕР	–	–	–	–
2. Звукоизоляция минераловатная плита – 50 мм	0,18	0,01	1,3	0,012
3. ЦСП ТАМАК – 24 мм	1,4	0,034	1,3	0,047
Итого		0,078		0,106



Высота пирога принимается от 350…500 мм



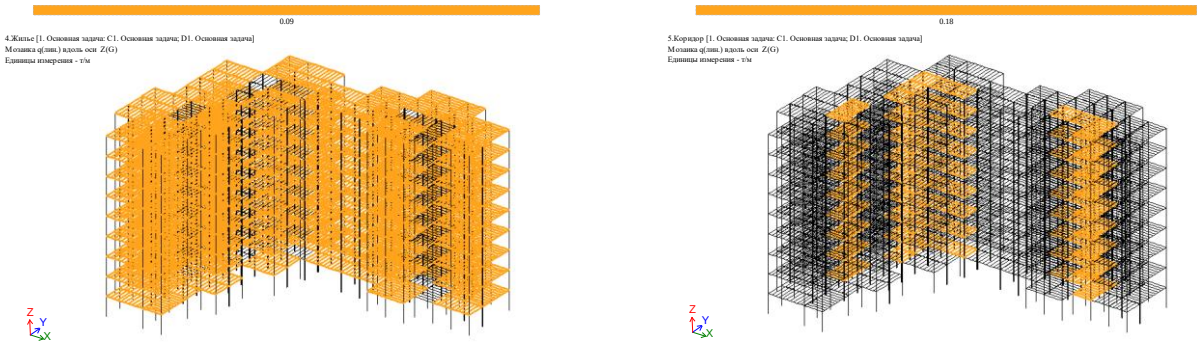
а) *б*)

Рис. 5. Типовая конструкция потолка (пола) префаб-модулей (*а*); мозаика нагрузок конструкции пола и покрытия модулей (*б*)

Полезные нагрузки, действующие на префаб-модуль и мозаика их распределения, представлены в табл. 2 и на рис. 6.

2. Полезные нагрузки на м^2

Название	Нормативное значение, т/м^2	γ_f	Расчетное значение, т/м^2
1. Полезная нагрузка от жилых помещений	0,15	1,3	0,195
2. Полезная нагрузка от коридора	0,3	1,2	0,36

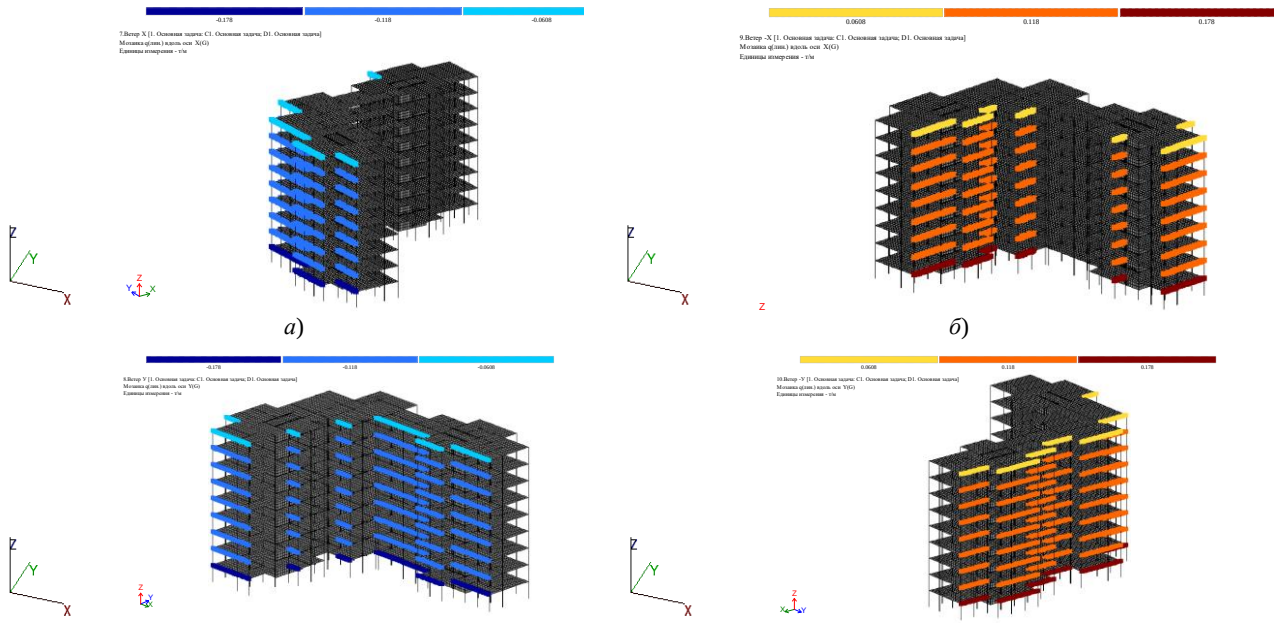


а) *б*)

Рис. 6. Мозаика полезных нагрузок в жилых помещениях (*а*) и в коридоре (*б*)

Снеговая нагрузка задана в соответствии с СП 20.13330. Для города Тамбова принята равномерно распределенная нормативная нагрузка по покрытию 1,5 кПа.

Ветровая нагрузка учитывалась ПК «САПФИР» также автоматически с учетом климатического района строительства по скорости и давлению ветра, типа местности, геометрических размеров проектируемого сооружения. Пульсационная составляющая ветровой нагрузки задана в ПК «САПФИР» вручную рядом параметров: логарифмическим декрементом колебаний, количеством форм колебаний. Для расчета действующие на здание нагрузки были преобразованы в массы путем умножения нагрузок от них на соответствующие коэффициенты сочетаний нагрузок.



а) *б*) *в*) *г*)

Рис. 7. Ветровая нагрузка: по направлению +*X* (*а*); по направлению – *X* (*б*); по направлению +*Y* (в); по направлению – *Y* (*г*)

Представлены расчетные сочетания усилий и нагрузок в табл. 3 и 4 соответственно. Получены перемещения и усилия в элементах.

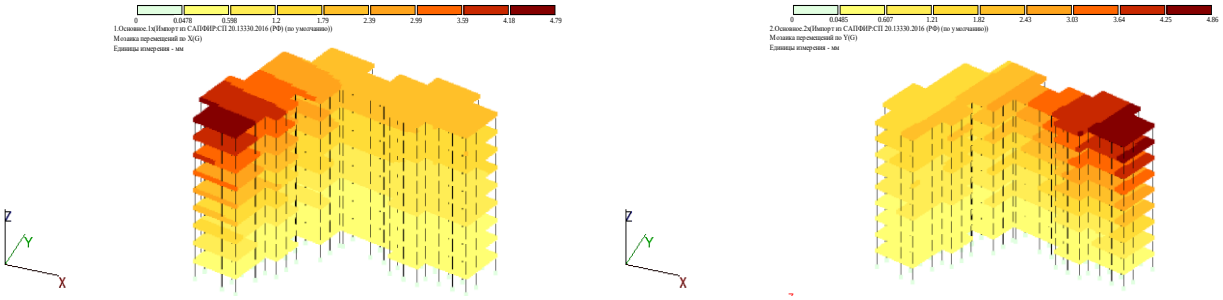
3. Расчетные сочетания усилий

№	Имя загру...	Вид	Параметры РСУ								Коэффициенты РСУ			
1	Собственн...	Постоянное(0)	0	0	0	0	0	0	1.10	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00
2	Пол	Постоянное(0)	0	0	0	0	0	0	1.30	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00
3	Покрытие	Постоянное(0)	0	0	0	0	0	0	1.30	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00
4	Жилье	Кратковременное(2)	2	0	0	0	0	0	1.20	1.00	1.00	0.90	0.50	0.80
5	Коридор	Кратковременное(2)	2	0	0	0	0	0	1.20	1.00	1.00	0.90	0.50	0.80
6	Снег	Кратковременное(2)	2	0	0	0	0	0	1.20	1.00	1.00	0.90	0.50	0.80
7	Ветер X	Неактивное (9)	9	0	0	0	0	0	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	Ветер У	Неактивное (9)	9	0	0	0	0	0	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	Ветер -X	Неактивное (9)	9	0	0	0	0	0	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	Ветер -У	Неактивное (9)	9	0	0	0	0	0	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	Ветер X (п...	Мгновенное(7)	7	0	0	1	0	0	1.40	0.00	1.00	0.90	0.50	0.80
12	Ветер У (п...	Мгновенное(7)	7	0	0	1	0	0	1.40	0.00	1.00	0.90	0.50	0.80
13	Ветер -X (...	Мгновенное(7)	7	0	0	1	0	0	1.40	0.00	1.00	0.90	0.50	0.80
14	Ветер -У (п...	Мгновенное(7)	7	0	0	1	0	0	1.40	0.00	1.00	0.90	0.50	0.80

4. Расчетные сочетания нагрузок

N загруж.	Наименование	Вид	Знакоперем.	Взаимоискл.	Коэф. надежн.	Доля длительн.	1.Основное.1х	2.Основное.2х	3.Основное.3х	4.Основное.4х
1	Собственный вес	Постоянное (Р)	+		1.1	1.0	1.	1.	1.	1.
2	Пол	Постоянное (Р)	+		1.3	1.0	1.	1.	1.	1.
3	Покрытие	Постоянное (Р)	+		1.3	1.0	1.	1.	1.	1.
4	Жилье	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	1.0	1.	1.	1.	1.
5	Коридор	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	1.0	1.	1.	1.	1.
6	Снег	Кратк. доминир.1 (Pt1)	+		1.2	1.0	1.	1.	1.	1.
7	Ветер X	Неактивное (Н/а)	+		1.4	0.0	0.	0.	0.	0.
8	Ветер У	Неактивное (Н/а)	+		1.4	0.0	0.	0.	0.	0.
9	Ветер -X	Неактивное (Н/а)	+		1.4	0.0	0.	0.	0.	0.
10	Ветер -У	Неактивное (Н/а)	+		1.4	0.0	0.	0.	0.	0.
+11	Ветер X (пульсационное)	Мгновенное(М)	+	1	1.4	0.0	1.	0.	0.	0.
+12	Ветер У (пульсационное)	Мгновенное(М)	+	1	1.4	0.0	0.	1.	0.	0.
+13	Ветер -X (пульсационное)	Мгновенное(М)	+	1	1.4	0.0	0.	0.	1.	0.
+14	Ветер -У (пульсационное)	Мгновенное(М)	+	1	1.4	0.0	0.	0.	0.	1.

Мозаика перемещений в линейной постановке показана на рис. 8. Наибольшие перемещения здания составили: по оси X – 4,79 мм; – по оси Y – 4,86 мм.



а) *б*)

Рис. 8. Мозаика перемещений в линейной постановке по оси *X* (*а*) и по оси *Y* (*б*)

Заданы параметры для расчета в постановке физически нелинейного деформирования несущего остова из стали С345 (рис. 9).

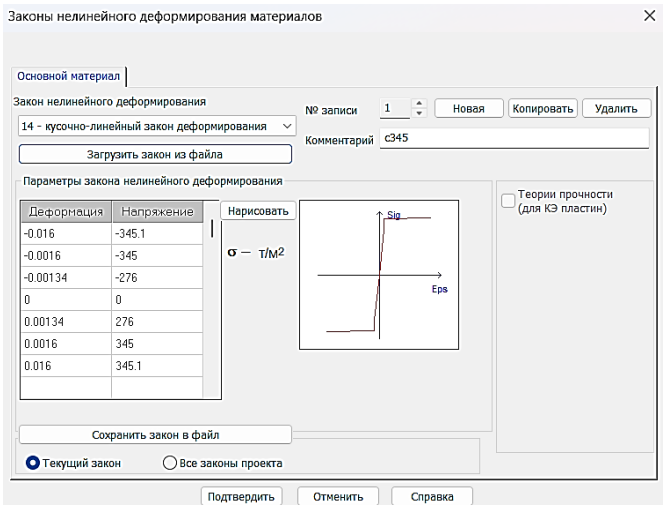
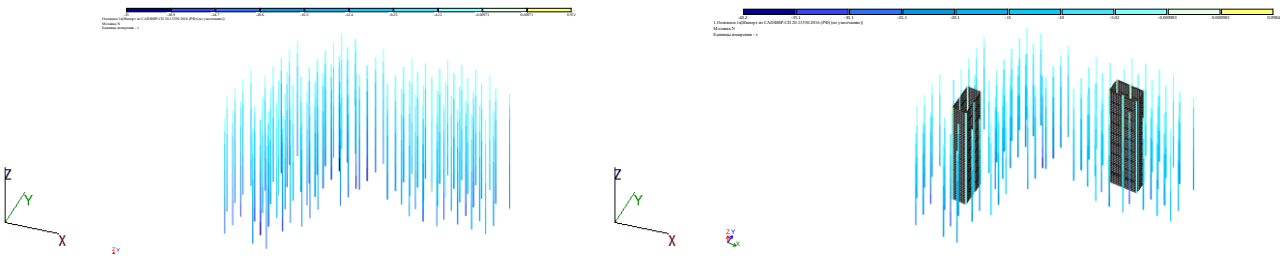


Рис. 9. Параметры для расчета в постановке физически нелинейного деформирования

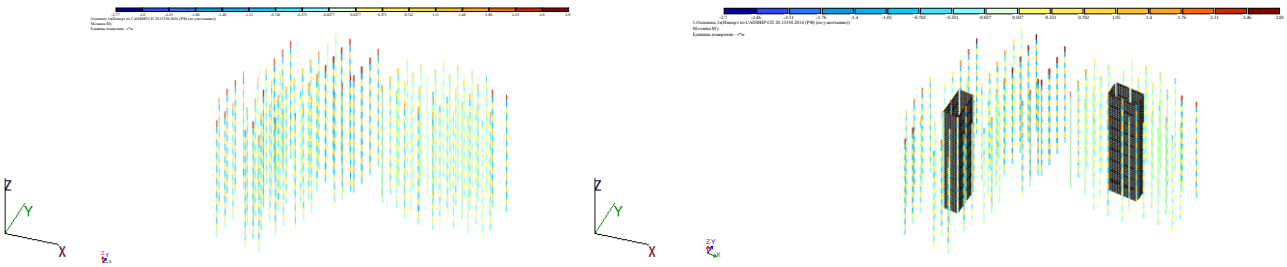
Далее приведено сравнение результатов расчетов в физически линейной и нелинейной постановках, из которого видно, что нелинейность оказывает существенное влияние на работу несущих конструкций многоэтажного здания, особенно на продольные силы и изгибающие моменты.

Результаты статического расчета остова здания представлены на рис. 10 – 12.



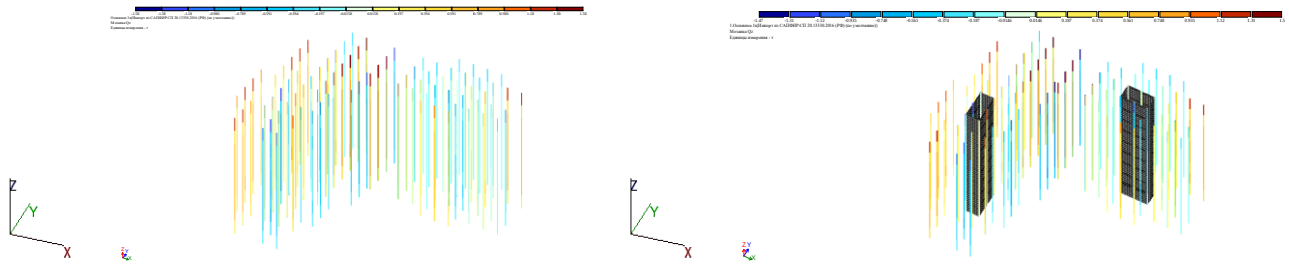
а) *б*)

Рис. 10. Мозаика усилий *N* (стойки) в линейной постановке (*а*) и нелинейной (*б*)



а) *б*)

Рис. 11. Мозаика усилий M_y (стойки) в линейной постановке (*а*) и нелинейной (*б*)



а) *б*)

Рис. 12. Мозаика усилий Q_z (стойки) в линейной постановке (*а*) и нелинейной (*б*)

Результаты линейного расчета для максимально нагруженной стойки представлены в табл. 5.

5. Таблица усилий (стойки) в линейной постановке

№ элем	№ сечен	Усилия								Тип элем	№ РСН	Составл
		N	Mk	My	Qz	Mz	Qy	Ry	Rz			
365	1	-30.163	-0.000	0.841	-0.423	-0.054	-0.027	0.000	0.000	10	1	-
365	2	-30.459	-0.000	-0.429	-0.423	0.028	-0.027	0.000	0.000	10	1	-
365	1	-30.216	-0.000	0.832	-0.416	-0.073	-0.042	0.000	0.000	10	2	-
365	2	-30.512	-0.000	-0.415	-0.416	0.052	-0.042	0.000	0.000	10	2	-
365	1	-30.070	0.000	0.830	-0.413	-0.051	-0.025	0.000	0.000	10	3	-
365	2	-30.366	0.000	-0.410	-0.413	0.023	-0.025	0.000	0.000	10	3	-
365	1	-30.017	0.000	0.834	-0.417	-0.035	-0.012	0.000	0.000	10	4	-
365	2	-30.313	0.000	-0.417	-0.417	0.002	-0.012	0.000	0.000	10	4	-

Результаты физически нелинейного расчета для максимально нагруженной стойки представлены в табл. 6.

6. Таблица усилий (стойки) в физически нелинейной постановке

№ элем	№ сечен	Усилия								Тип элем	№ РСН	Составл
		N	Mk	My	Qz	Mz	Qy	Ry	Rz			
365	1	-39.830	0.000	1.004	-0.502	-0.009	-0.004	0.000	0.000	210	1	-
365	2	-40.126	0.000	-0.502	-0.502	0.004	-0.004	0.000	0.000	210	1	-
365	1	-39.830	-0.000	1.004	-0.502	-0.009	-0.005	0.000	0.000	210	2	-
365	2	-40.127	-0.000	-0.502	-0.502	0.005	-0.005	0.000	0.000	210	2	-
365	1	-39.830	0.000	1.004	-0.502	-0.009	-0.005	0.000	0.000	210	3	-
365	2	-40.127	0.000	-0.502	-0.502	0.005	-0.005	0.000	0.000	210	3	-
365	1	-39.830	0.000	1.004	-0.502	-0.009	-0.004	0.000	0.000	210	4	-
365	2	-40.126	0.000	-0.502	-0.502	0.004	-0.004	0.000	0.000	210	4	-

Вывод. Анализируя результаты статического расчета несущего остова 9-ти этажного жилого здания, можно сделать вывод: разница между расчетом в линейной и нелинейной постановке существенна и имеет четкую тенденцию к увеличению усилий N, M_y и Q_z (стойки) в физически нелинейной постановке:

– по продольной силе N – 33%;
– по изгибающему моменту относительно оси Y – 20%;
– по изгибающему моменту относительно оси Z – 20%;
– по поперечной силе Q_z – 18%.

Список использованных источников

1. Buildings, Prefabricated. I. Title. II. Title: Guide for architects and construction professionals. NA8480.S66 2011.721’.04497–dc22.

2. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможности их анализа / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – М. : ДМК, 2009. – 596 с., ил. (Серия «Проектирование»).

УДК 69.07
25.25.13: Информационные технологии в строительстве

BIM-МОДЕЛЬ КАК СРЕДСТВО РАЗРАБОТКИ И ОБОСНОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДВУХ ВАРИАНТОВ КОЛИВИНГА ПОВЫШЕННОЙ КОМФОРТНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КАМПУСА ТГТУ

Умнова Ольга Владимировна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: *pf166@yandex.ru*

Гриднева Яна Игоревна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *yazhukovaa@yandex.ru*

Сорокина Маргарита Сергеевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *ritakhulina2@gmail.com*

Тюкова Ангелина Александровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *linatyukova05@mail.ru*

В настоящее время модернизация проектной деятельности в строительстве требует внедрения подходов, обеспечивающих слаженность, точность и скорость разработки проектных решений. Коливинговые пространства, как разновидность современного жилого формата, требуют особой гибкости конструктивных и архитектурных решений [1]. В этой связи на первый план выходит необходимость внедрения цифровых инструментов проектирования [2].

Целью данной статьи является анализ эффективности использования технологий информационного моделирования в процессе обоснования и выбора конструктивных решений при проектировании двух различных вариантов коливинга повышенной комфортности на территории кампуса ТГТУ.

В качестве исследовательского материала выбраны две архитектурные концепции проектов здания коливинга, для них авторами подобраны различные конструктивные решения. Оба варианта предложены выпускниками-архитекторами в формате 3D-моделей: первый вариант разработан в ПК Revit, второй – в ПК ArchiCAD. Для более комфортной совместной работы и первичного анализа обе модели были перенесены в ПК Revit: первый вариант импортирован через формат IFC с последующей доработкой, для второго варианта в ПК Revit разработана авторами новая модель на основе чертежей, выведенных из ПК ArchiCAD, в связи с невозможностью качественного переноса модели из ПК ArchiCAD в ПК Revit [1].

После импорта модели в ПК Revit возникли коллизии, которые потребовали их оценки и устранения. Проведено детальное обследование второй модели коливинга на наличие конфликтов (рис. 1), в результате большинство проблем было устранено, таких как:

– несоответствие размеров элементов;
– нелогичны соединения между конструктивными частями;
– ошибки в выборе материалов и их свойств, что могло бы повлечь за собой ошибки в расчетах по подбору сечений несущих элементов здания.

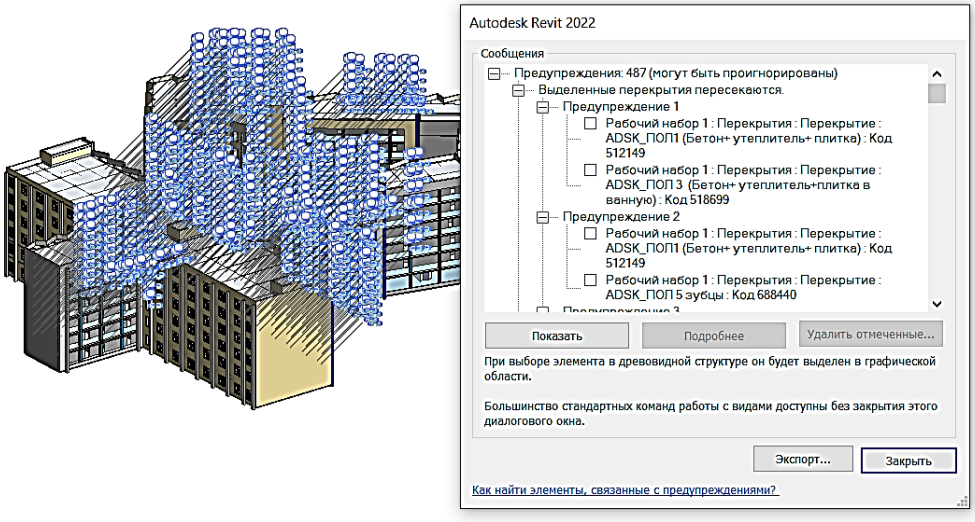
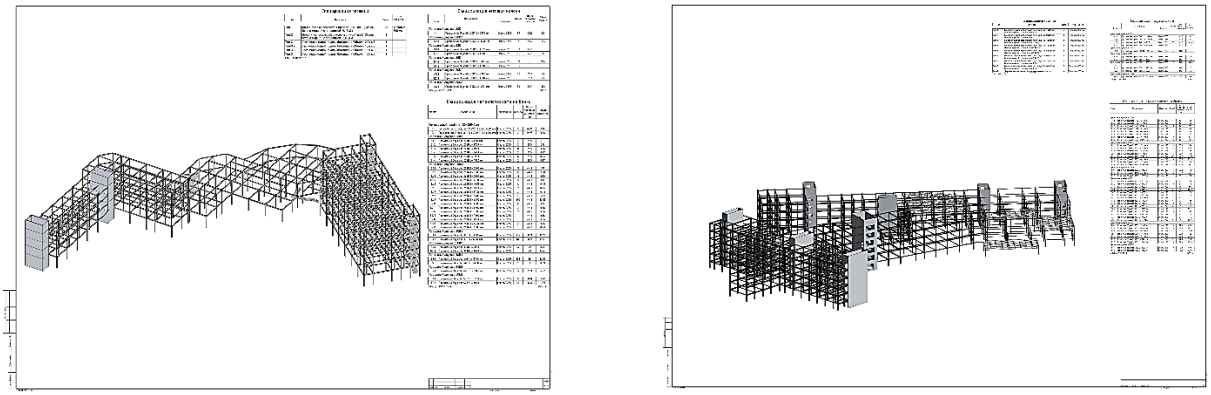


Рис. 1. Коллизии в 3D-модели 2-го варианта коливинга в программе Revit

Моделирование зданий в ПК Revit позволило реализовать совместную работу в едином пространстве. Разработка конструктивных решений проектов зданий велась в программно-вычислительных комплексах SCAD Office и ЛИРА–СОФТ. Благодаря возможности совместной работы авторов над единой моделью в ПК Revit, достигнуто значительное сокращение времени, необходимое для координации между архитектурным и конструктивным разделами проекта.

Инструменты моделирования позволили автоматизтрованно формировать необходимые спецификации (рис. 2), что повысило точность последующих сметных расчетов.

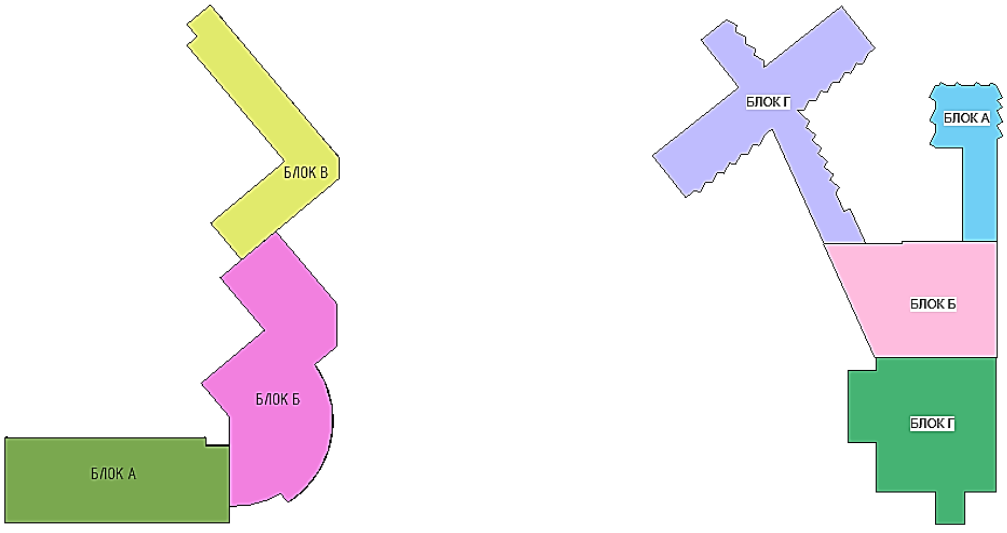


а) *б*)

Рис. 2. Модели каркасов зданий со спецификациями в ПК Revit:
3D-модель каркаса 1-го варианта (*а*), 3D-модель каркаса 2-го варианта (*б*)

Конструктивная система в проектах архитекторов изначально предложена стеновая, но было принято решение заменить ее на более гибкую каркасную с использованием металлических конструкций и придать зданиям легкость, что актуально для места привязки зданий на территории кампуса ТГТУ.

Конструктивная схема не ограничена единым выбором, в данном проекте предлагается чередование нескольких схем в различных блоках, что позволяет продемонстрировать вариативность решений и гибкость подхода в проектировании: рамно-связевой каркас во 2-м варианте коливинга, БЛОКИ А и В в 1-м варианте коливинга, рамный каркас БЛОК Б 1-го варианта коливинга. Визуальное представление блоков показано на рис. 3.



а) *б*)

Рис. 3. Визуальное представление блоков в двух вариантах коливингов:
блоки А, Б, В 1-го варианта (*а*); блоки А, Б, В, Г 2-го варианта (*б*)

В зданиях применяется 2 вида перекрытий: сталежелезобетонное перекрытие (2-й вариант коливинга и БЛОК Б 1-го варианта коливинга) состоит из профилированного стального настила и бетонной плиты, армированной стержневой арматурой и сборное перекрытие с многопустотными плитами (БЛОКИ А и В 1-го варианта коливинга).

В процессе разработки конструктивных решений в рамках данного проекта применен металлопрокат из стали марок С245, С255 и С345. Выбор материала по различным конструктивным блокам определен расчетом при подборе сечений несущих элементов с учетом специфики эксплуатационных условий и необходимых показателей прочности, жесткости, устойчивости и надежности.

Такой подход позволил реализовать гибкость проектных решений, а также провести рациональное распределение ресурсов. Для формирования основной несущей конструктивной системы была использована сталь С255, сочетающая в себе достаточный запас прочности и устойчивости с умеренными затратами на материал. Это обеспечило оптимальный баланс между эксплуатационными характеристиками и экономической эффективностью конструкции в целом.

Также перед нами стояла задача миминизировать два недостатка стали при огромном количестве преимуществ: коррозию и низкую огнестойкость. Выбор метода защиты металлических конструкций от коррозии зависит от конкретных условий эксплуатации. В проектах коливингов принят метод покрытия краской и эмалями [3]. Защита металлических конструкций от пожара является немаловажным моментом, поскольку их повреждение в случае пожара приведет к обрушению здания. Для защиты колонн и балок выбрано комбинированное использование двух методов защиты – огнезащитное покрытие и облицовка огнеупорными материалами [4].

В рамках расчетной части проекта был проведен сопоставительный анализ возможностей программных комплексов SCAD Office и ЛИРА-СОФТ. Одной из целей исследования стало выявление степени интеграции указанных расчетных систем со средой информационного моделирования. Оценка проводилась по ряду параметров, включая: возможность импорта расчетной схемы из BIM или CAD-платформ, поддержку формата IFC, степень автоматизации построения расчетной модели, а также точность переноса геометрии и параметров сечений.

По результатам анализа программа SCAD Office продемонстрировала приемлемую совместимость с файлами, созданными в ПК AutoCAD (рис. 4).

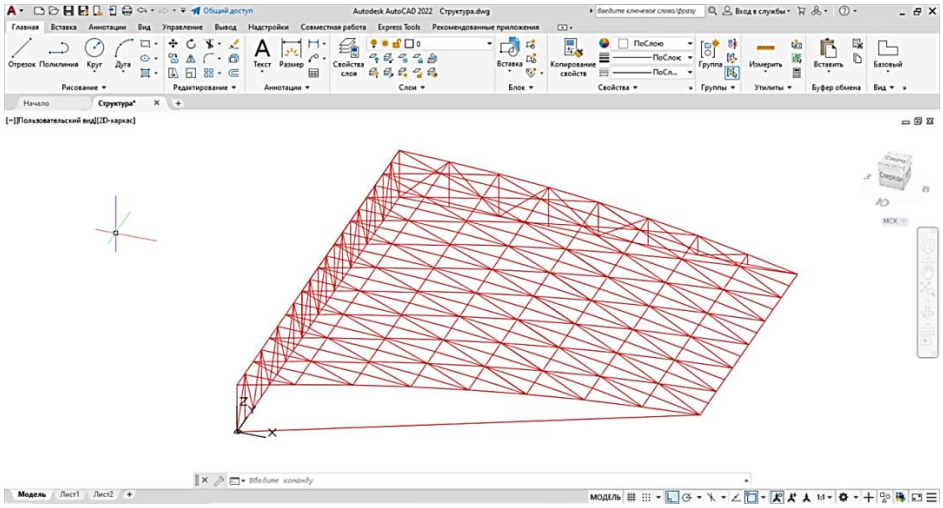


Рис. 4. Модель светопрозрачного покрытия на основе однопоясной сетчатой оболочки в модели БЛОКА Б 1-го варианта коливинга в ПК AutoCAD

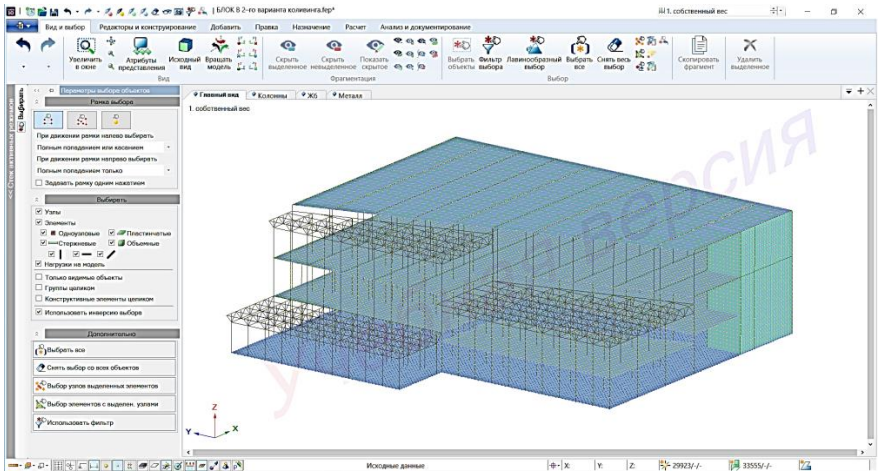


Рис. 5. Модель БЛОКА В 2-го варианта коливинга в программе ЛИРА-СОФТ

Передача геометрической информации осуществлялась с необходимостью последующей ручной корректировки. Программный комплекс ЛИРА-СОФТ, обладающий более широкой палитрой инструментов для анализа и расчета конструкций, в данном проекте использовался без интеграции с внешними цифровыми моделями. Расчетная модель создавалась вручную, что увеличило продолжительность работы. Вместе с тем ЛИРА-СОФТ поддерживает актуальные форматы обмена данными (в том числе IFC) и включает модули, предназначенные для взаимодействия с BIM-платформами, что дает возможности для автоматизации процессов на следующих этапах. Дополнительным достоинством ЛИРА-СОФТ является ее удобный графический интерфейс

(рис. 5), который способствует ускоренному освоению системы и упрощает работу. Также программа позволяет автоматически формировать формульные отчеты по расчету стальных конструкций, что представляет собой важное преимущество в рамках данной работы.

В результате выполненных расчетов были получены размеры и сечения различных конструктивных схем несущих каркасов для двух зданий, запроектированы узловые решения. Это дало возможность продемонстрировать адаптивность проектного подхода к изменяющимся условиям эксплуатации и планировочным параметрам. Оба варианта конструктивной системы соответствуют требованиям нормативных документов по прочности и пространственной жесткости.

Выбранные конструктивные схемы станут основой для дальнейшего технико-экономического анализа принятых проектных решений. Это позволит провести комплексную оценку проекта с учетом не только инженерной, но и экономической составляющей, а также проследить ключевые этапы жизненного цикла объекта с позиций применения технологий информационного моделирования зданий.

Использование информационного моделирования в процессе проектирования коливингов позволило добиться высокой степени технологичности и согласованности проектных решений. Автоматизация анализа данных, упрощение взаимодействия участников, а также точное определение количественных и качественных параметров конструкций подтверждают эффективность данного подхода.

В условиях растущей популярности гибких жилых форматов технологии информационного моделирования становятся важнейшим инструментом в обеспечении качества, экономичности и технологичности строительных проектов.

Список использованных источников

1. Вариантное проектирование многофункционального студенческого коливинга повышенной комфортности на территории кампуса ТГТУ / Я. И. Жукова, М. С. Хулина, А. А. Тюкова и др. // Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов, 2025. – С. 1 – 20.

2. Корова, М. В. Применение BIM-технологий в России / М. В. Корова. – 2016. – 169 с. – URL : https://www.academia.edu/118374428/The_applicability_of_the_BIM_technology_in_Russia

3. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии / Минстрой России. – М. : Минстрой России, 2017. – 86 с.

4. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты // МЧС России. – М. : МЧС России, 2020. – 32 с.

УДК 69.003.12: Примерная оценка строительства. Предварительные сметы
25.25.13: Информационные технологии в строительстве

BIM-МОДЕЛЬ КАК СРЕДСТВО РАЗРАБОТКИ СМЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДВУХ ВАРИАНТОВ ЗДАНИЯ КОЛИВИНГА ПОВЫШЕННОЙ КОМФОРТНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КАМПУСА ТГТУ

Умнова Ольга Владимировна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: *pf166@yandex.ru*

Сорокина Маргарита Сергеевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: ritakhulina2@yandex.ru

Гриднева Яна Игоревна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: yazhukovaa@yandex.ru

Тюкова Ангелина Александровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: linatyukova05@mail.ru

Развитие технологий информационного моделирования зданий (BIM) способствует интеграции различных аспектов проектирования, строительства и эксплуатации объектов. В частности, наличие физических характеристик элементов проекта играет ключевую роль в составлении ведомостей объемов работ и разработке сметной документации. Для работы сметчика важными параметрами является вся информация об элементах, входящих в состав модели, их размеры, объемы, материал, марки – все это можно извлечь из BIM-модели. При разумном подходе к составлению смет эта информация помогает эффективно работать над проектом [1].

Данные, полученные из BIM-модели, позволяют точнее оценить затраты на строительство, материалы и трудозатраты, что делает процесс планирования более эффективным.

Универсальные инструменты, предусмотренные в специализированных программах для BIM-моделирования, позволяют интегрировать эти данные и создавать более точную сметную документацию.

Инженерно-технические решения обладают множеством нюансов и особенностей, связанных с различными параметрами и характеристиками строительных объектов. Это создает значительные сложности при попытке перевести эти решения в рамки сметно-нормативной базы, необходимой для оценки стоимости строительства.

Хочется отметить, что BIM-модели динамичны и предусматривают внесение изменений параметров элемента не только для одного экземпляра, а сразу для всех типов элементов, эта функция помогает моментально вносить в проект новые данные. Такой подход более чем в два раза сокращает время на сбор информации для ведомости объемов работ. Специалисты компании ООО НПП «АВС-Н» провели анализ трудозатрат на разработку сметной документации, сравнивая классический подход с автоматизированными методами на основе BIM (рис. 1).

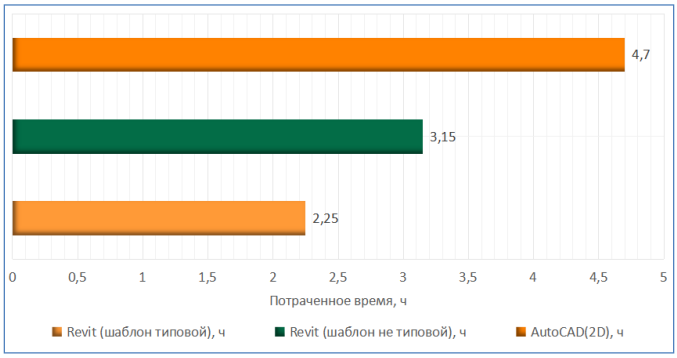


Рис. 1. Диаграмма затрат времени на разработку сметной документации

Для автоматизации работы с проектом авторами созданы BIM-модели двух вариантов коливингов в ПК «Autodesk Revit», модели будут показаны ниже (рис. 7, *а*; 11, *а*) при определении сметной стоимости монтажа наиболее дорогих конструктивных элементов.

Создание сметной документации основывается на ведомостях объемов работ, которые необходимо предварительно вывести из программного комплекса. Для автоматизации работы создан шаблон, который базируется на основе создания ведомостей материалов и спецификаций типоразмеров семейств, входящих в модель, разработанной в программе Autodesk Revit. Данный шаблон позволяет быстро применять его к проектам и как следствие ускорять процесс сбора информации о модели (рис. 2).



Рис. 2. Алгоритм сбора ведомостей объемов работ с применением BIM-технологий

I этап. Формирование списка работ. На начальном этапе определен состав работ, входящих в ВОР. Рассматриваются такие разделы как «Архитектурные решения» и «Конструктивные решения». Пример определения состава работ показан на рис. 3.

№	Вид семейства	Работа	Ресурс
Раздел АР			
1.	Наружные стены	Монтаж	Слои стен
2.	Внутренние стены	Монтаж	Слои стен
3.	Полы	Монтаж	Слои пирога пола
4.	Витражная конструкция	Монтаж	Состав витража
5.	Окна	Монтаж	Окна
6.	Двери	Монтаж	Двери
7.	Мебель	-	Мебель
8.	Светопрозрачные покрытия	Монтаж	Элементы каркаса
9.	Кровля	Монтаж	Слои пирога
10	Сантехнические приборы	Установка	Приборы
Раздел КР			
11.	Колонны	Монтаж	Колонны
12.	Балки	Монтаж	Балки
13.	Монолитное перекрытие	Монтаж	Бетон, арматура
14.	Монолитная лестница	Монтаж	Бетон, арматура
15.	Стены - диафрагмы	Монтаж	Бетон

Рис. 3. Пример определения состава работ

Благодаря определению стоимости работ входящих в разделы АР и КР, можно провести предварительную экономическую оценку, и выявить дальнейшие действия для снижения сметной стоимости объекта строительства.

II этап. Создание количественных спецификаций. Этап необходим для подсчета объемов материалов для строительства и изделий, а также описания их свойств, марки и параметрических характеристик. Частичный пример количественной спецификации показан на рис. 4.

Спецификация окон

Марка	Наименование	Высота	Ширина	Уровень	Число	Комментарии
Этаж 1						
ОК-4	Окно одностворчатое с двухкамерным стеклопакетом (32 мм) площадью 1,69м2	1300 мм	1300 мм	Этаж 1	12	
ОК-2	Окно одностворчатое с двухкамерным стеклопакетом (32 мм) площадью 2,73м2	2100 мм	1300 мм	Этаж 1	4	
ОК-1	Окно одностворчатое с двухкамерным стеклопакетом (32 мм) площадью 4,32 м2	2400 мм	1800 мм	Этаж 1	17	
ОК-3	Окно одностворчатое с двухкамерным стеклопакетом (32 мм) площадью 2,55м2	1700 мм	1500 мм	Этаж 1	4	
Этаж 2						
ОК-2	Окно одностворчатое с двухкамерным стеклопакетом (32 мм) площадью 2,73м2	2100 мм	1300 мм	Этаж 2	17	
ОК-3	Окно одностворчатое с двухкамерным стеклопакетом (32 мм) площадью 2,55м2	1700 мм	1500 мм	Этаж 2	22	
Этаж 3						
ОК-2	Окно одностворчатое с двухкамерным стеклопакетом (32 мм) площадью 2,73м2	2100 мм	1300 мм	Этаж 3	17	
ОК-3	Окно одностворчатое с двухкамерным стеклопакетом (32 мм) площадью 2,55м2	1700 мм	1500 мм	Этаж 3	22	
Этаж 4						
ОК-2	Окно одностворчатое с двухкамерным стеклопакетом (32 мм) площадью 2,73м2	2100 мм	1300 мм	Этаж 4	17	

Рис. 4. Частичный пример количественной спецификации для оконных систем

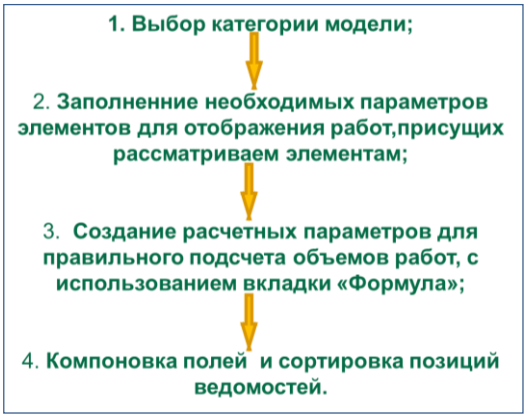
Работа проводилась в 4 этапа:
- выбор категорий;
- выбор полей (столбцов);
- настройка данных;
- оформление.

III этап. Разработка ведомостей монтажных работ. Этот этап является основным и подразумевает вывод ведомостей по монтажу элементов модели. Работа основывается на завязке параметрических свойств элементов с выводом их в табличной форме, алгоритм создания ведомостей показан на рис. 5, *а*. На основании сформированного списка работ (I этап) были созданы 32 таблицы ВОР для разных категорий. Применение алгоритма ко второму варианту коливинга по созданию ведомости работ по монтажу кровельного пирога на базе созданного шаблона ведомостей, можно проследить по QR-код для просмотра видео-примера зависимости изменений модели и параметров ведомости (рис. 5, *б*), частичный пример ее заполнения показан на рис. 5, *в*. Применение данного решения (шаблон) по подсчету объемов работ, позволяет автоматически учитывать любые изменения вносимые в проект и саму модель по мере их создания. На рисунке 3 представлен QR-код, перейдя по которому можно наблюдать зависимость изменений модели и параметров, отраженных в ведомости на примере кровли.

Применение шаблона также позволяет ускорить процесс сбора информации в 2 раза. Данный шаблон применен авторами к 1-му и ко 2-му вариантам коливинга. Это сделано для дальнейшего экономического анализа.

Параметрические свойства, которые хранят всю информация об элементе в модели еще одно из преимуществ применения BIM-технологий, здесь можно посмотреть какие параметры можно использовать для вывода информации в табличной форме (ведомости). Благодаря алгоритмам программы можно получить количественную и качественную информацию об элементе, о составе материалов конструкций, ее физических и параметрических свойствах.

На основании приведенного алгоритма созданы 24 ведомости, которые формируют единый шаблон ведомостей объемов работ, который включат в себя работы по монтажу наружных и внутренних стен, кровельные работы, монтаж оконных и дверных заполнений, работы по монтажу каркаса здания и т.д., включая работы по созданию зимнего сада для 2-го варианта коливинга, а также количественные спецификации металлических колонн и балок, типоразмеры оконных и дверных заполнений и.т.д.



а)

QR-код для просмотра видео-примера зависимости изменений модели и параметров ведомости

б)

ВОР_ кровля

№	Наименование работ	Ед.изм.	Итого	Ссылки на чертежи	Дополнительная информация
БЛОК А					
К-1 Кровля основной жилой части					
1	Устройство гидроизоляции плоских кровель из наплавляемых материалов (верхний слой)	$м^2$	800.2	Раздел АР, л.5	Материал "Технониколь" или аналог
2	Устройство гидроизоляции плоских кровель из наплавляемых материалов (нижний слой)	$м^2$	800.2	Раздел АР, л.5	Материал "Технониколь" или аналог
3	Огрунтовка оснований из бетона или раствора под водоизоляционный кровельный ковер	$м^2$	800.2	Раздел АР, л.5	Материал "Технониколь" или аналог
4	Устройство выравнивающих стяжек: цементно-песчаных толщиной 40 мм	$м^3$	32.0	Раздел АР, л.5	Материал "Технониколь" или аналог
5	Устройство уклонообразующего слоя из керамзитового гравия фракцией 10-20мм	$м^3$	103.8	Раздел АР, л.5	Материал "Технониколь" или аналог
6	Устройство диффузионной мембраны в один слой	$м^2$	800.1	Раздел АР, л.5	Материал "Технониколь" или аналог
7	Теплоизоляция утеплителем из пенополистирола насухо холодных поверхностей покрытий и перекрытий (верхний слой)	$м^3$	56.0	Раздел АР, л.5	Материал "Технониколь" или аналог
8	Теплоизоляция утеплителем из пенополистирола насухо холодных поверхностей покрытий и перекрытий (нижний слой)	$м^3$	56.0	Раздел АР, л.5	Материал "Технониколь" или аналог
9	Устройство пароизоляции оклеечной в один слой	$м^2$	800.1	Раздел АР, л.5	Материал "Технониколь" или аналог
10	Огрунтовка оснований из бетона или раствора для пароизоляции	$м^2$	800.1	Раздел АР, л.5	Материал "Технониколь" или аналог

в)

Рис. 5. Алгоритм сбора ведомостей объемов работ (*а*), QR-код для просмотра видео-примера (*б*), частичный пример заполнения ВР по монтажу кровельного пирога 2-го варианта коливинга (*в*)

Вариантное проектирование при оценке сметной стоимости монтажа наиболее дорогих конструктивных элементов двух вариантов проектных решений коливингов.

Авторами рассмотрены различные варианты монтажа отдельных конструкций, предполагающих большую стоимость и большие трудозатраты для выявления оптимальных решений с точки зрения экономической и эстетической составляющих: плита перекрытия конференц-зала блока Б и витражные системы для всех блоков 1-го варианта коливинга (рис. 7, *а*); светопрозрачное покрытие зимнего сада блока Б и козырьки входных групп блоков А, Б и В для 2-го варианта коливинга (рис. 11, *а*).

Выбор программного обеспечения. Для экономической оценки авторами проведен обзор программного обеспечения, используемого для сметного расчета в строительстве: Гранд-Смета, Smeta.ru, Турбо-сметчик, Госстройсмета и РИК. Сравнение программ проводили по 9 позициям, отчет можно посмотреть по QR-коду (рис. 6). Для расчета смет был выбран программный комплекс «ГРАНД-Смета» как наиболее доступный, наиболее применимый в РФ с хорошим интерфейсом и возможностями.

а)

б)

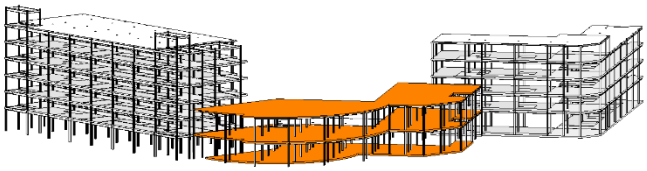
ГРАНД-Смета

Рис. 6. QR-код для просмотра отчета по сравнению программного обеспечения, используемого для сметного расчета в строительстве (*а*), логотип выбранного программного обеспечения (*б*)

Вариантное проектирование перекрытия конференц-зала блока Б 1-го варианта коливинга (рис. 7, *а*, *б*). Рассмотрен монтаж перекрытий сложной конфигурации – полукруг на первом, втором и третьем этажах блока Б. Рассматривались 3 вида сборно-монолитного перекрытия: 1 – монолитное перекрытие по профлисту (несъемная опалубка); 2 – каркасно-балочное сборно-монолитное перекрытие; 3 – перекрытия с применением ЛСТК (рис. 7, *в*).



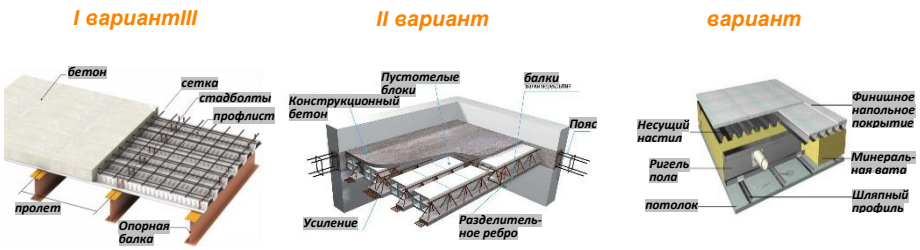
а)



ВОР_Устройство перекрытия в блоке Б

№	Наименование работ	Ед.изм.	Итог	Ссылки на чертежи	Дополнительная информация
1	Монтаж перекрытия	м2	2555	Раздел КР,л.1-6	

б)



в)

Рис. 7. BIM-модель 1-го варианта коливинга с указанием наиболее дорогих конструктивных элементов для блоков Б и В (*а*), BIM-модель при вариантном проектировании перекрытия конференц-зала, блок Б и ВОР (*б*); варианты перекрытия конференц-зала (*в*)

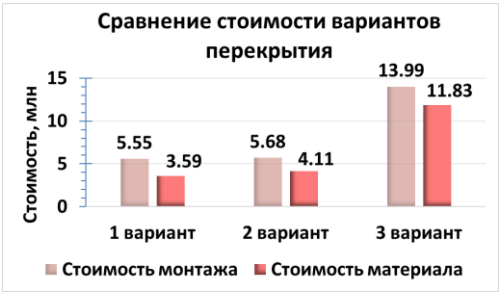
Результаты сметного расчета по монтажу трех вариантов перекрытия конференц-зала блока Б и их технико-экономическое сравнение показано на рис. 8. Для сводного сметного и статического расчета несущего остова принят 1 вариант: монолитное перекрытие по профлисту (рис. 8, *в*).

Вариантное проектирование витражных систем для всех блоков 1-го варианта коливинга (рис. 7, *а*, 9, *а*). Площадь витражных систем составила 2411 м^2 – 35% от общей площади всех наружных стеновых ограждений. Авторы рассмотрели 3 варианта витражных систем для 1 варианта коливинга с различными способами монтажа витражных систем: 1 – остекление с помощью кронштейнов (спайдеров); 2 – структурное остекление; 3 – стоечно-ригельная система (рис. 9, *б*).

Результаты сметного расчета по монтажу трех вариантов витражного остекления и их технико-экономическое обоснование показано на рис. 10. Для сводного сметного и статического расчета несущего остова принят 3 вариант: стоечно-ригельная система (рис. 9, *б*, 10).

Вариантное проектирование светопрозрачного покрытия зимнего сада блока Б и козырьков входных групп блоков А, Б, В для 2-го варианта коливинга. Рассматриваемые конструктивные элементы здания показаны на рис. 9, *а*.

Козырьки входных групп. Для создания покрытия террас, а также организации входной группы предусмотрены перекрестно-стержневые системы. Рассмотрены 2 варианта монтажа конструкций козырьков блока В и 3 варианта остекления блоков А, Б, В (рис. 12). Общая площадь покрытия – 601 м^2, общая масса – 42,22 т. Масса одного блока – 1,7 т (2,5×9,5 м); масса наибольшего покрытия – 18,5 т (16,8×19,8 м).



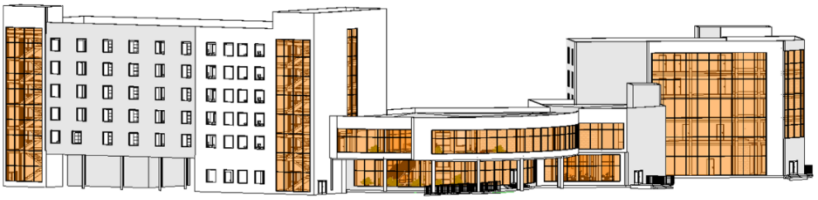


а) *б*)

Факторы	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Цена за 1 м², тыс.руб./ м²	2,174	2,223	5,476
Трудозатраты, чел-ч.	2511	1867	2989
Масса 1 м², кг/м²	250	280	70

в)

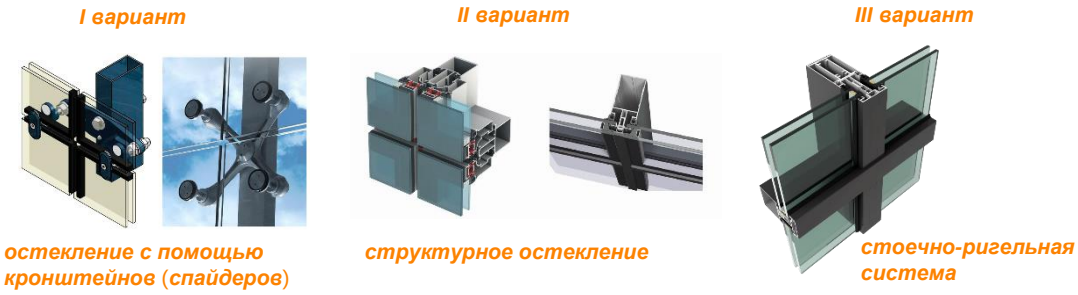
Рис. 8. Сравнение вариантов: по стоимости материалов и монтажа (*а*); по трудозатратам (*б*); технико-экономическое сравнение на единицу фактора (*в*)



ВОР_Витражная система

№	Наименование работ	Ед.изм.	Кол-во	Ссылки на чертежи	Дополнительная информация
	Устройство витражной системы с двойным остеклением	m	109.9	Раздел АР,л.1-5	

а)



б)

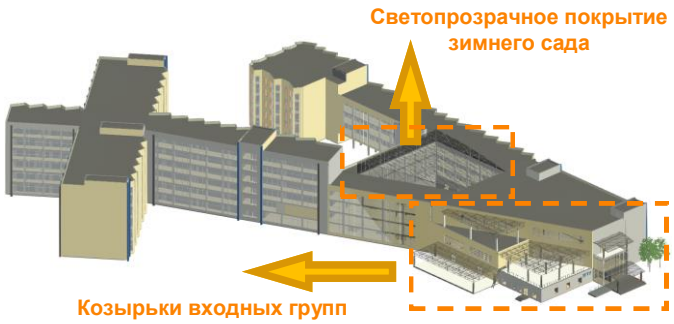
Рис. 9. BIM-модель при вариантном проектировании витражных систем 1-го варианта коливинга и ВОР (*а*); варианты витражных систем (*б*)





а) *б*)

Рис. 10. Сравнение вариантов: по стоимости материалов и монтажа (*а*); по трудозатратам (*б*)



а)

ВОР_Каркас светопрозрачных козырьков

№	Наименование работ	Ед.изм.	Итог	Ссылки на чертежи	Дополнительная информация
1	Монтаж металлических конструкций (балок, ригелей, траверс) на установленные опорные металлоконструкции, при ведении работ: с подмостей	m	4.08		Гнутосварной профиль 50х25х5
2	Монтаж металлических конструкций (балок, ригелей, траверс) на установленные опорные металлоконструкции, при ведении работ: с подмостей	m	9.24		Гнутосварной профиль 50х40х5
3	Монтаж металлических конструкций (балок, ригелей, траверс) на установленные опорные металлоконструкции, при ведении работ: с подмостей	m	22.55		Гнутосварной профиль 120х120х5
4	Монтаж металлических конструкций (балок, ригелей, траверс) на установленные опорные металлоконструкции, при ведении работ: с подмостей	m	6.35		Гнутосварной профиль 160х80х5
Общий итог: 873			42.22		

ВОР_ Светопрозрачные козырьки

№	Наименование работ	Ед.изм.	Итого	Ссылки на чертежи	Дополнительная информация
Остекление атриума					
	Остекление металлических оконных переплетов профильным стеклом: коробчатого сечения в один слой	м²	601.2		Двухкамерный (32мм) 4ЧД-10ТР-4М1-10Ar-4К ,с ударопрочным стеклом и заполнением аргоном
Общий итог: 142			601.2		

б)

Рис. 11. BIM-модель 2-го варианта коливинга с указанием наиболее дорогих конструктивных элементов для блоков Б и В (*а*), ВОР по материалу, монтажу светопрозрачных козырьков и остекления (*б*)

Два варианта монтажа каркаса покрытия (козырьков): 1 – сборка отдельных блоков на строительной площадке, перемещение их в проектное положение и соединение блоков в единую систему; 2 – сборка целого покрытия на строительной площадке, перемещение и крепление покрытия в проектное положение.

Три варианта остекления: двухкамерный стеклопакет, двухслойный стеклопакет, поликарбонат.

Таблица сметной стоимости козырьков входных групп без учета НДС, сравнение стоимости монтажа, материалов и трудозатрат приведены на рис. 12.

Для сводного сметного и статического расчета принят 2-й вариант монтажа и остекления (монтаж целого покрытия с двухслойным стеклопакетом) (рис. 12).

Светопрозрачное покрытие атриума (*зимний сад*). Для покрытия зимнего сада в атриуме авторы рассмотрели два варианта конструктивного решения светопрозрачного покрытия и два варианта монтажа покрытия атриума.

Два варианта конструктивного решения светопрозрачного покрытия: 1 – однопоясная сетчатая оболочка, ограниченная с трех сторон фермой с параллельными поясами и двумя полигональными полуфермам; 2 – стропильные полигональные полуфермы (рис. 13, *а*).

Два варианта монтажа: 1 – монтаж отдельными отправочными блоками на строительной площадке на высоте, перемещение их в проектное положение и соединение блоков в единую систему. Технология работ подразумевает изготовление отправочных блоков на заводе с дальнейшей транспортировкой конструкций к месту строительства. Однако установлено, что конструкции атриума не могут быть произведены в Тамбовской области. В качестве изготовителя выбрана организация ЗМК «ТЕХНО» г. Липецк, которая предоставила коммерческое предложение на изготовление. Дополнительными затратами является транспортировка отправочных блоков к месту строительства (161 км); 2 – поэлементный монтаж стропильных унифицированных полуферм и светопрозрачных панелей покрытия. На основании BIM-модели составлены ВОР по монтажу атриума и светопрозрачного покрытия (рис. 13, *б*) и выполнено технико-экономическое сравнение вариантов конструктива и монтажа покрытия (рис. 13, *в*).

Сметная стоимость работ без учета НДС составила:

Первый вариант: 31 480 516 руб. (48 581 руб./м^2).

Второй вариант: 28 024 778 руб. (43 248 руб./м^2).

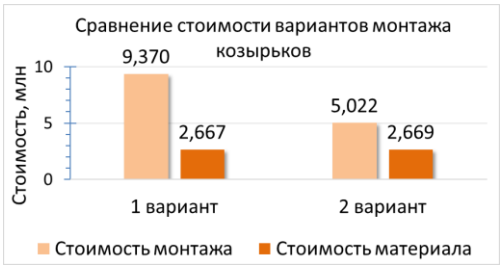
Для сводного сметного и статического расчета принят 1 вариант (однопоясная сетчатая оболочка) (рис. 13, *а*).

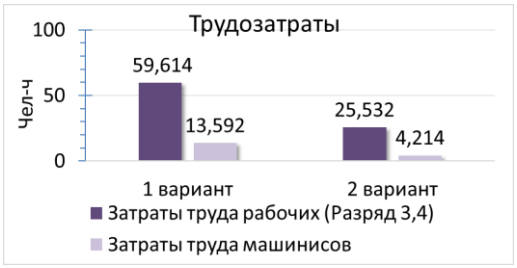
После окончательного принятия проектных решений с учетом технико-экономического обоснования была определена сметная стоимость проекта каждого варианта коливинга.

Таблица общей сметной стоимости работ без учета НДС и на м^2

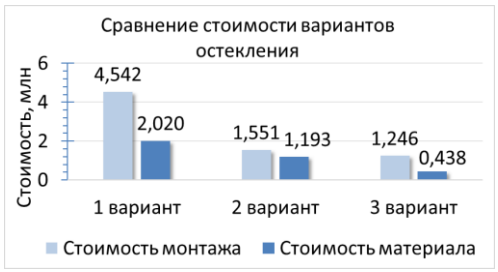
Монтажа каркаса		Остекление		
1 вариант	2 вариант	1 вариант	2 вариант	3 вариант
9 370 004,7 руб.	5 022 517,5 руб.	4 542 519,12 руб.	1 551 681,86 руб.	1 246 046,92 руб.
15,59 тыс/м^2	8,35 тыс/м2	7,56 тыс/м2	2,58 тыс/м^2	2,07 тыс/м^2

а)





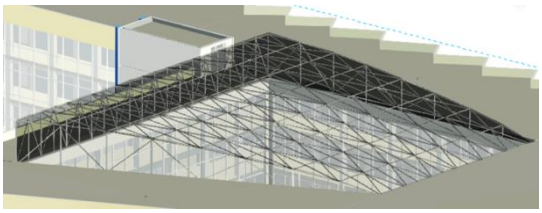
б)

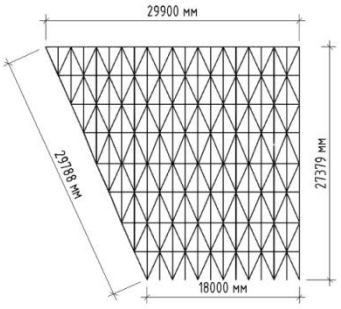


Общая стоимость работ второго варианта монтажа каркаса и остекления без учета НДС составила:
6 574 199,36 руб.
10 939 руб./м^2

в)

Рис. 12. Таблица общей сметной стоимости работ по устройству козырьков без учета НДС и на м^2 (*а*); сравнение стоимости 2-х вариантов монтажа, материала и трудозатрат (*б*); сравнение стоимости трех вариантов остекления (*в*)





Площадь покрытия – 655,7 м^2
Максимальная высота конструкции – 3,5 м

а)

ВОР_Стойки для атриума

№	Наименование работ	Ед.изм.	Итог	Ссылки на чертежи	Дополнительная информация
СТ-1					
	Монтаж опорных стоек	m	95.5		СТ-1 Гнутосварной профиль 63х63х3
Общий итог: 35			95.5		

ВОР_Ригели для атриума

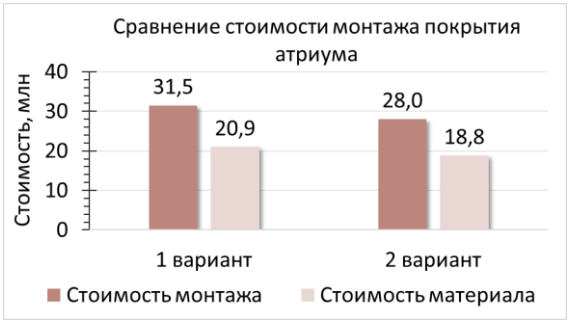
№	Наименование работ	Ед.изм.	Итог	Ссылки на чертежи	Дополнительная информация
	Монтаж металлических конструкций (балок, ригелей, траверс) на установленные опорные металлоконструкции, при ведении работ с подмостей	m	31.36		Гнутосварной профиль 63х63х3
Общий итог: 431			31.36		

ВОР_ Светопрозрачное покрытие

№	Наименование работ	Ед.изм.	Итого	Ссылки на чертежи	Дополнительная информация
Остекление атриума					
	Остекление металлических оконных переплетов профильным стеклом: коробчатого сечения в один слой	м^2	664.7		Двухкамерный (32мм) 4Ч4-10ТР-4М1-10Ar-4К ,с ударопрочным стеклом и заполнением аргоном
Общий итог: 256			664.7		

б)

Рис. 13. BIM-модель конструктивного решения (однопоясная оболочка) светопрозрачного покрытия зимнего сада блока Б (*а*); ВОР по атриуму (*б*); технико-экономическое сравнение вариантов по стоимости 2-х вариантов монтажа, материала и трудозатрат (*в*)





в)

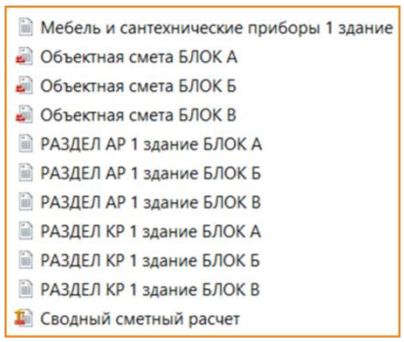
Рис. 13. Окончание

Определение сметной стоимости 1-го варианта коливингана основе собранных автоматизированным способом ведомостей с учетом вариантного проектирования. Для 1-го варианта на основе разработанных информационных моделей, разделов АР и КР выполнено: 7-х локальных расчетов, 3 объектные сметы, 1 сводный сметный расчет.

Для расчета применен ресурсно-индексный метод с применением сметных цен на 1 квартал 2025 года. Используемая нормативная база – ФСНБ-2022 (с изм. 1-13).

Локальные расчеты: «Архитектурный раздел», «Конструктивный раздел», наполнение комнат и общественных пространств, включая мебель, оборудование, технику и инвентарь.

Объектные расчеты разделены по блокам (рис. 14, *а*). Проведен анализ локальных и объектных расчетов (рис. 14, *б*), сделаны основные выводы (рис. 14, *а*).

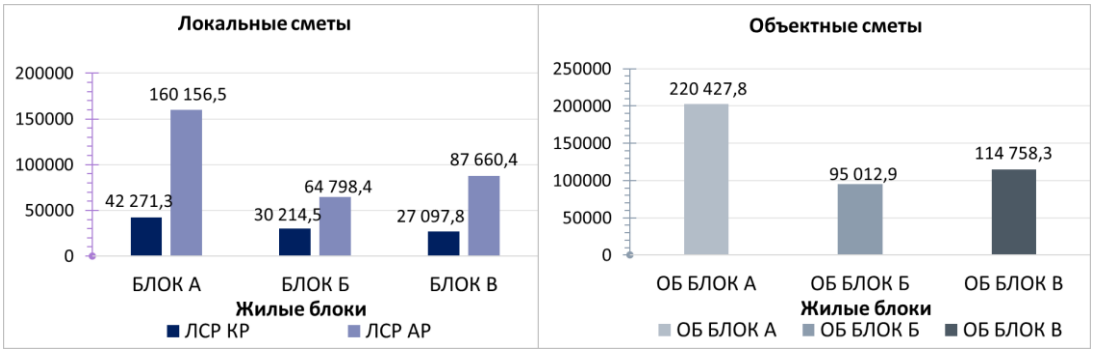


Основные выводы:

1. Самым дорогостоящим является жилой блок «**А**», его площадь составляет 40% от общей площади здания.
2. Стоимость блока «**В**» составляет 27% от общей стоимость всего объекта.

Блок «**Б**» не является жилым и предназначен для досугообразовательных мероприятий, стоимость блока составляет 22% от общей суммы здания.

а)



б)

Жилой блок	Общая сумма Объектного расчета, тыс. руб	Суммарная поэтажная площадь блоков, м2	Площадь блока, м2	Высота блока, м	Объем блока, м3	Приведенная стоимость к объему, тыс.руб/м3	Приведенная стоимость к суммарной площади , тыс.руб/м2
А	220 427,8	5103	823	19,9	16 377,7	13,46	43,19
Б	95 012,9	2623	1043	9,45	9 856,35	9,64	36,22
В	114 758,3	3412	601	15,4	9 255,4	12,39	33,63

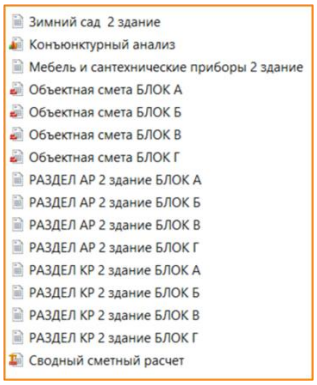
в)

Рис. 14. Определение сметной стоимости 1-го варианта коливингана: разделение объектных расчетов по блокам и основные выводы (*а*); результаты расчета локальных и объектной смет по блокам и разделам проекта АР и КР (*б*); общая сметная стоимости работ без учета НДС и нулевого цикла 1-го варианта коливинга (*в*)

На основании общей сметной стоимости работ без учета НДС, нулевого цикла строительства и устройства инженерных сетей определена сметная стоимость 1-го варианта коливинга общая сумма сводного расчета 1-го варианта составила – 505 800 тыс. руб.

Определение сметной стоимости 2-го варианта коливинга на основе собранных автоматизированным способом ведомостей, с учетом вариантного проектирования. Для 2-го варианта на основе разработанных информационных моделей, разделов АР и КР выполнено: 10-х локальных расчетов, объектные сметы, 1 сводный сметный расчет. Аналогично 1-му варианту коливинга объектные расчеты разделены по блокам (рис. 15, *а, б, в*). Дополнительно определена общая сумма создания зимнего сада (газон, грунт, материалы дорожек, скамейки, малые архитектурные формы, деревья, кустарники, клумбы и т.п., плюс стоимость работ по устройству) в атриуме (с НДС) – 2007, 7 тыс. руб.

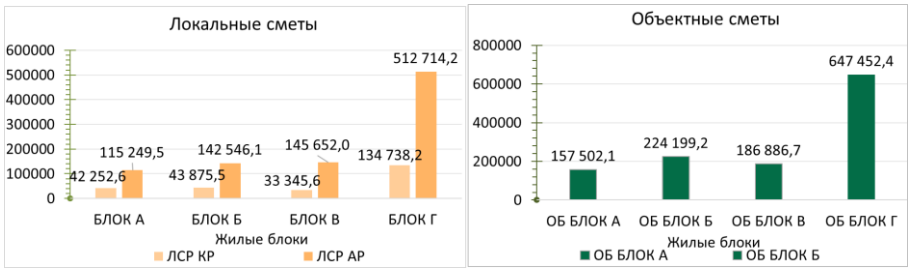
На основании общей сметной стоимости работ без учета НДС, нулевого цикла строительства и устройства инженерных сетей определена сметная стоимость 2-го варианта коливинга общая сумма сводного расчета составила – 1 455 723 тыс. руб.



Основные выводы:

1. Самым дорогостоящим является жилой блок «Г», (площадь блока составляет 50 % от общей площади)
2. Блок «Б» располагает в себе атриум, что сказывается на общей сумме.
3. Стоимость блока «В» составляет 15% от общей стоимость всего объекта, при этом площадь блока составляет 27% от общего значения.
4. Блок «А» в свою очередь является жилым и предназначен для размещения студентов-аспирантов с семьей, при этом стоимость данного блока составляет 13% от общей суммы.

а)



б)

Жилой блок	Общая сумма Объектного расчета, тыс. руб	Суммарная поэтажная площадь блоков, м2	Площадь блока, м2	Высота блока, м	Объем блока, м3	Приведенная стоимость к объему, тыс.руб/м3	Приведенная стоимость к суммарной площади , тыс.руб/м2
А	157 502,14	4066	484	18	8 712	18,07	38,74
Б	224 199,19	4977	708	14,4	10 195,2	21,99	45,04
В	186 866,67	7024	2024	14,4	29 145,6	6,41	26,60
Г	647 452,4	16061	2317	21,4	49 583,8	13,06	40,31

в)

Рис. 15. Разделение объектных расчетов по блокам и основные выводы (*а*); результаты расчета локальных и объектной смет по блокам и разделам проекта АР и КР (*б*); общей сметной стоимости работ без учета НДС и нулевого цикла 2-го варианта коливинга (*в*)

Расчет производился для раздела «Архитектурные» и «Конструктивные» решения, содержащие в себе монтаж всех замоделированных элементов. Процесс формирования локальных смет динамичный, требующий увязки с конструктивным и архитектурным отделом. Применение BIM-технологий позволило производить совместную работу в реальном времени. Все изменения, вынесенные в модель, отражались в ведомостях – данный процесс ускорял внесение изменений в саму сметную документацию, при этом отпала необходимость пересчета вручную объемов работ. Также универсальные инструменты, встроенные в специализированные BIM-программы, дают возможность эффективно объединять данные и создавать сметные документы с высокой точностью.

Список использованных источников

1. Совершенствование процесса строительства с использованием BIM-технологий / Л. Б. Зеленцов, К. А. Цапко, Т. Ф. Беликова, Д. В. Пирко // Инженерный вестник Дона. – 2020.

УДК: 728.1.05: Части зданий, пространства и помещения определенного назначения.
25.25.13: Информационные технологии в строительстве

BIM-МОДЕЛЬ КАК СРЕДСТВО РАЗРАБОТКИ И ПОИСКА КОЛЛИЗИЙ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ДВУХ ВАРИАНТОВ ЗДАНИЙ КОЛИВИНГА ПОВЫШЕННОЙ КОМФОРТНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КАМПУСА ТГТУ

Умнова Ольга Владимировна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: *pf166@yandex.ru*

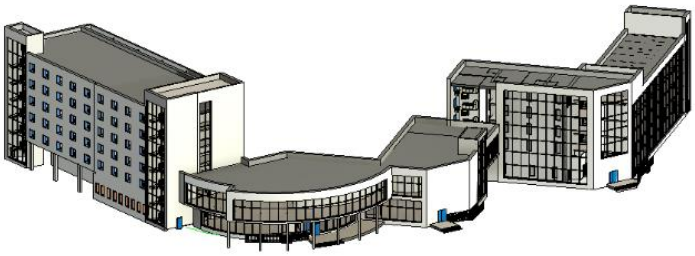
Тюкова Ангелина Александровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *linatyukova05@mail.ru*

Сорокина Маргарита Сергеевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *ritakhulina2@gmail.com*

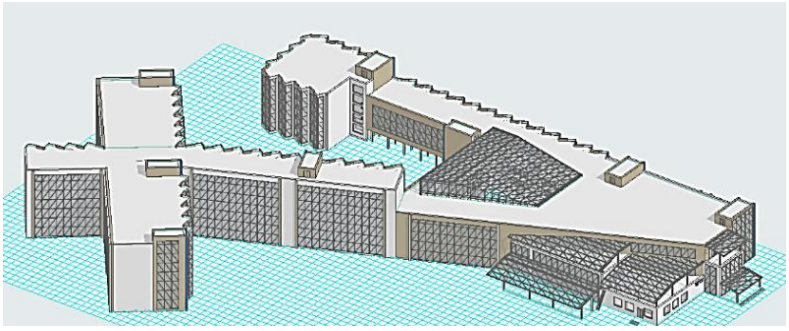
Гриднева Яна Игоревна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *yazhukovaa@yandex.ru*

Большинство современных университетов России были построены в советский период и унаследовали типичные архитектурные и планировочные решения того времени. Вопросы комфорта, общественных пространств и зон для отдыха не были приоритетными. Основной задачей было обеспечение жильем. Планировки таких общежитий являются стандартными и считаются наиболее экономичным вариантом размещения. Это общежития коридорного типа с минимальным набором мебели и оборудования.

В настоящий момент времени большое внимание уделяется общественным зонам, как к пространствам, повышающим культурный и личностный уровень развития человека. Первое место занимают общение, обмен мнениями, идеями. Так стало популярным проживание в коливинге-пространстве, объединяющем людей с общими интересами и целями.



а)



б)

Рис. 1.3. D-модели коливингов: первый вариант (*а*) и второй вариант (*б*)

Существующие общежития на территории кампуса ТГТУ не имеют комфортных условий для проживания, планировки устарели и не соответствуют современным запросам молодежи и нормам проектирования. В общежитиях отсутствуют объекты социальной инфраструктуры и не предусмотрена доступность проживания для инвалидов, что сейчас является важным требованиям при проектировании общественных и жилых зданий. Из-за отсутствия необходимых удобств студенты и молодые преподаватели вынуждены снимать индивидуальное жилье, которое недешево в современных реалиях и доступно далеко не всем. В связи с этим возникла идея

создания многофункционального коливинга повышенной комфортности на территории кампуса ТГТУ. Авторами были выбраны для рассмотрения и проектирования два варианта проектных решений с интересными архитектурными концепциями.

Концепции вариантов предложены выпускниками-архитекторами в ПК Autodesk Revit для проекта первого здания (рис. 1, *а*) и ПК Archicad26 для проекта второго (рис. 1, *б*) [1].

Проектирование коливингов повышенной комфортности авторами осуществлялось в ПК Revit.

Для более комфортной работы и первичного анализа обе модели были перенесены в ПК Revit: первый вариант импортирован через формат IFC с последующей доработкой, модель второго варианта была разработана заново на основе чертежей, полученных из ПК ArchiCAD.

Разработчики Autodesk еще не решили проблему импорта файлов между различными программами. Перевод в формат IFC не позволяет редактировать импортированные модели и их элементы, так как они представляют собой форму, в которой отсутствуют необходимые параметры.

Модели обоих вариантов предложены с недостаточно проработанной конструктивной частью, поэтому дальнейшая работа была связана с корректировкой архитектурного и конструктивного раздела, и как следствие стало причиной частичного изменения объемно-планировочных решений. Была проделана работа по устранению коллизий- пересечений конструктивных элементов друг с другом.

Первый вариант коливинга. В результате анализа модели 1 варианта было выявлено более 2000 конфликтов (рис. 2).

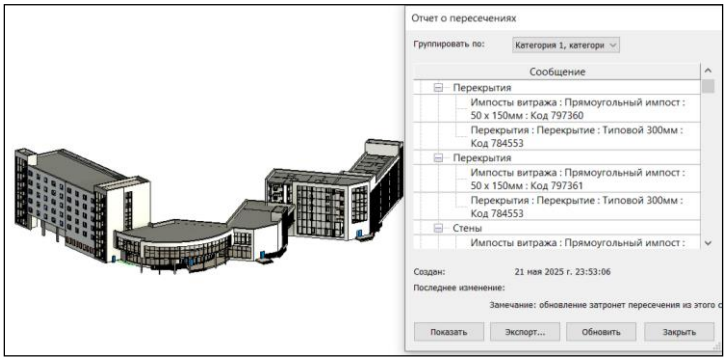
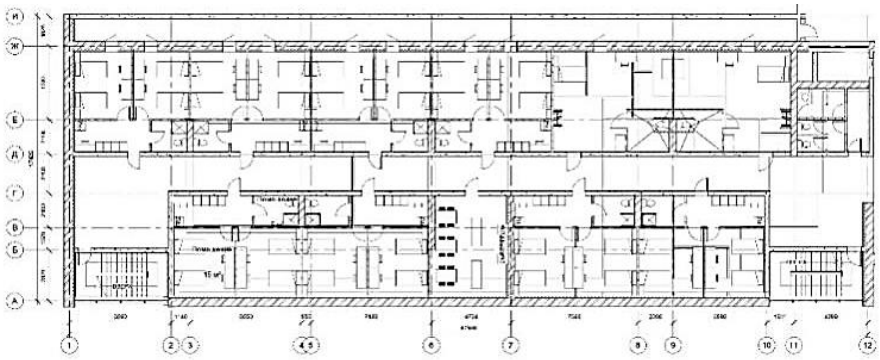
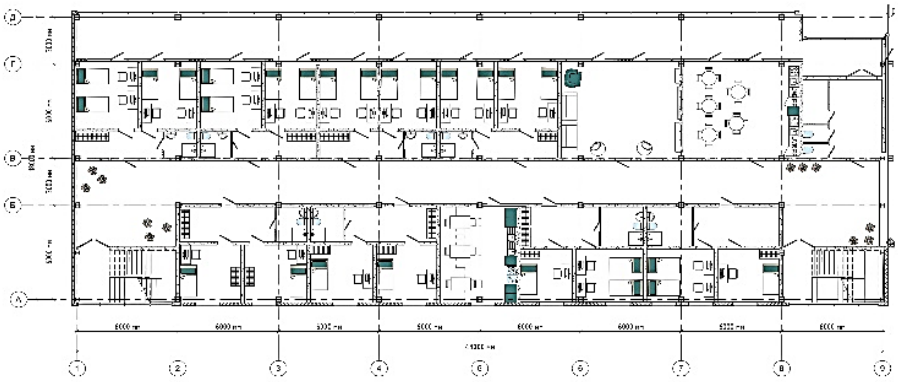


Рис. 2. Коллизии в 3D-модели 1-го варианта коливинга в программе Revit

В связи с изменением проектной стеновой конструктивной системы на более гибкую каркасную дорабатывались архитектурные решения (рис. 3).



а)

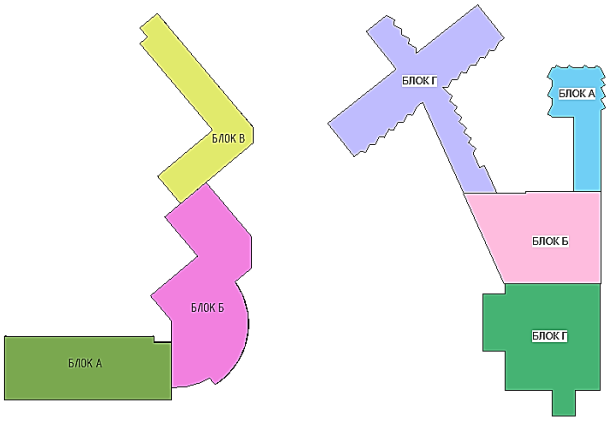


б)

Рис. 3. План этажа: первоначальный вариант (*а*) и доработанный вариант (*б*)

Для обеспечения функциональной организации пространства требовалось обеспечить координацию расположения несущих колонн с архитектурными планировками, исключая их размещение в центральных зонах помещений, что могло нарушить эргономику и комфорт использования внутренних пространств. Комфортное проживание подразумевает наличие общественных пространств, поэтому на этажах предусмотрены зоны отдыха и общения, отсутствующие в первоначальном варианте.

Первый вариант коливинга в плане имеет сложную конфигурацию и разную этажность (рис. 1). Проектируемое здание можно условно поделить на три части в зависимости от предполагаемых функциональных процессов (рис. 4, *а*). Размеры блоков показаны на рис. 4, *в*.



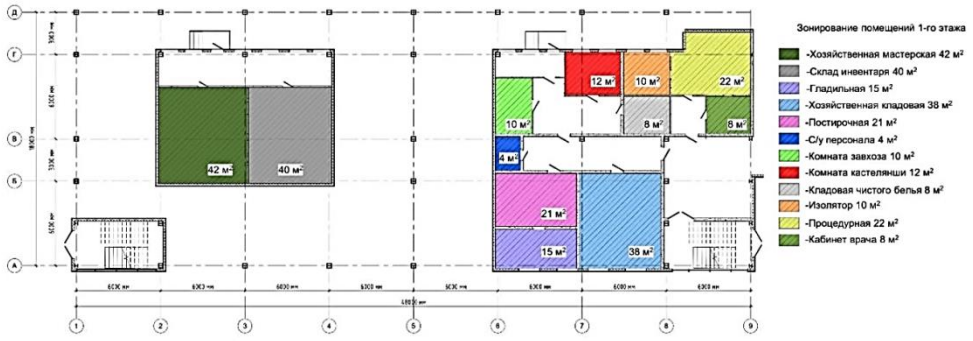
а) *б*)

№	Размеры в плане, м	Кол-во этажей	Высота 1-го этажа, м	Высота типового этажа, м
Здание №1				
Блок А	18х48	5	4,5	3
Блок Б	24х39	2	4,5	4,5
Блок В	30х47	4	4,5	3
Вместимость общежития - 200 человек				
Здание №2				
Блок А	19,8х59,5	4 и 5	3,9	3,5
Блок Б	39,6х36,9	4	3,9	3,5
Блок В	39,6х50,3	4	3,9	3,5
Блок Г	71,5х83,4	6	3,9	3,5
Вместимость общежития - 420 человек				

в)

Рис. 4. Зонирование и ведомость размеров блоков, проектируемых коливингов: первый вариант здания (*а*), второй вариант здания (*б*); ведомость размеров (*в*)

Блок А (6 этажей) и В (5 этажей) являются жилыми зонами, предназначенными для проживания студентов. В блоке А на первом этаже (рис. 5, *а*) расположены помещения бытового назначения: постирочная, хозяйственная кладовая, мастерская, гладильня и медицинский блок, включающий в себя кабинет врача, процедурную, изолятор для размещения больных. На типовых этажах (рис. 5, *б*) располагаются жилые ячейки блочного типа для 2-х человек (рис. 6), 3-х человек, 4-х человек. Каждый блок имеет свой санитарный узел и душевую. Комната оснащена необходимой мебелью и оборудованием для комфортного проживания. На этаже имеется 2 кухни и зоны рекреации.



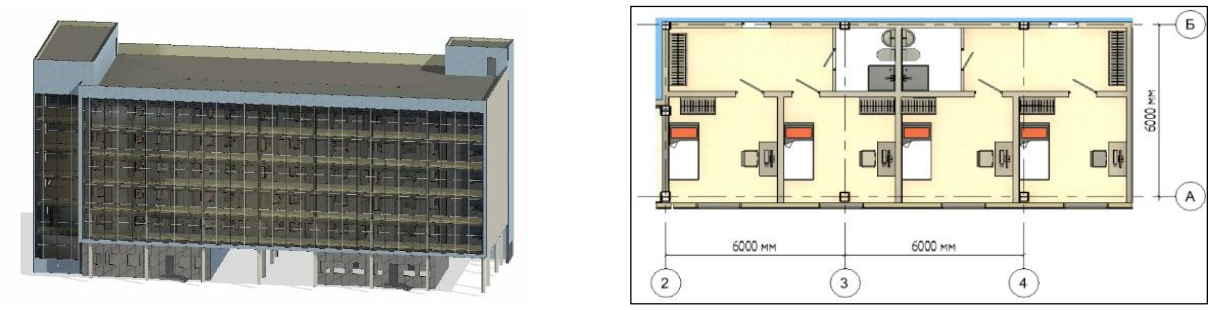
а)



б)

Рис. 5. Блок А: ОПР 1-го этажа блока (*а*); типовой этаж блока (*б*)

При разработке ОПР жилых и общественных пространств авторы в отдельных случаях предлагали их минимальный дизайн.



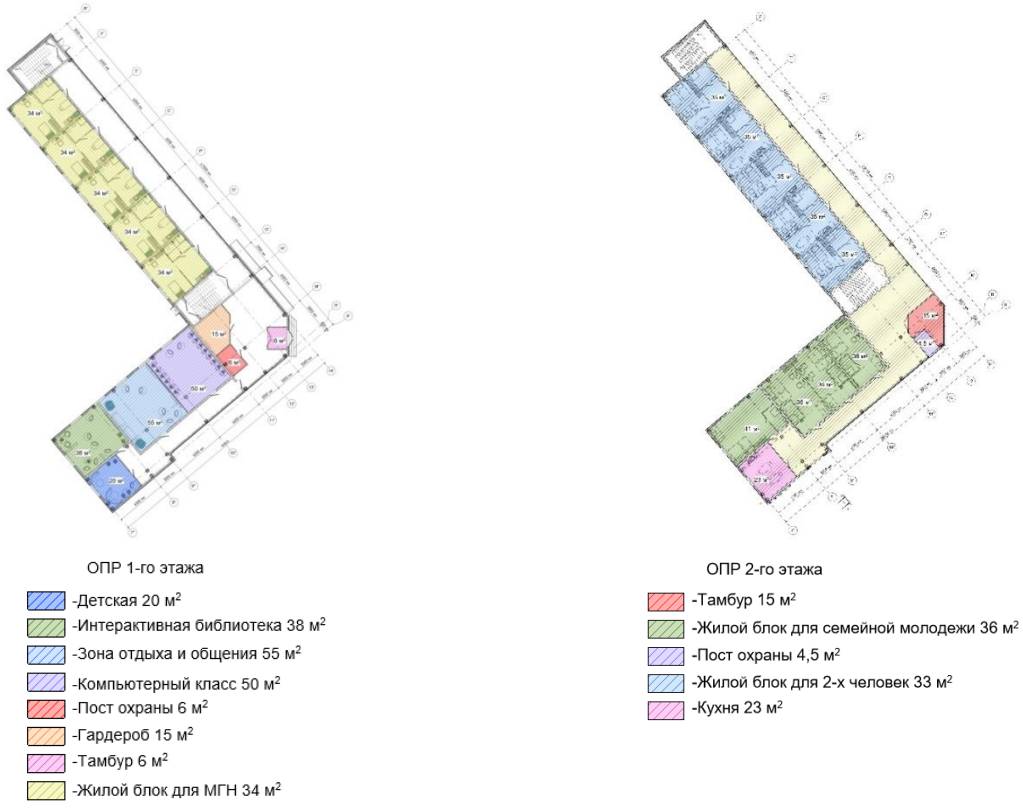
а) *б*)

Рис. 6. Блок А 1-го варианта коливинга: общий вид блока (*а*);
вариант жилой ячейки для проживания 2-х человек для типового этажа блока А (*б*)

В блоке В на первом этаже располагаются комнаты для маломобильных групп населения, детская, зона отдыха и общения, компьютерный класс (рис. 7).



а)

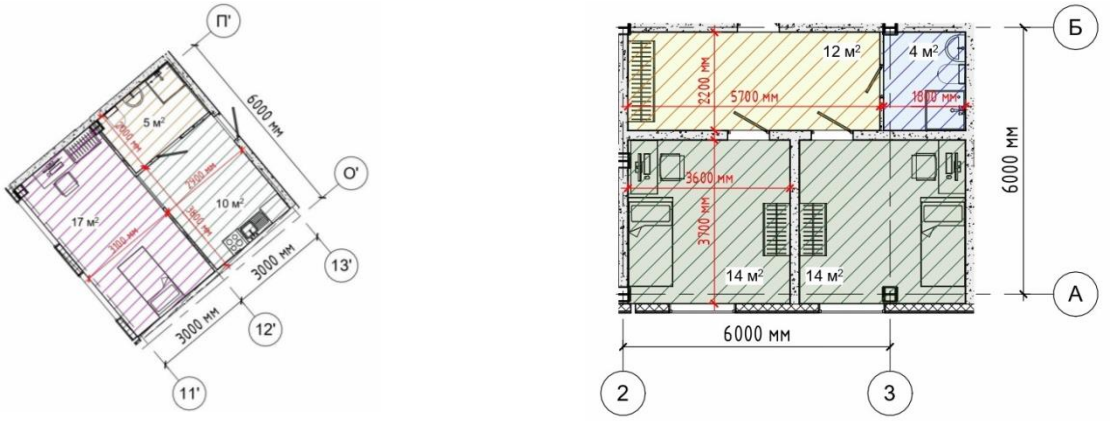


б) *в*)

Рис. 7. Блок В 1-го варианта коливинга: общий вид блока (*а*);
план 1-го этажа блока (*б*) и типового этажа (*в*) с экспликацией помещений

Жилая ячейка для МГН (рис. 7, 8, *а*) запроектирована в соответствии с требованиями «СП 137.13330.2012. Свод правил. Жилая среда с планировочными элементами, доступными инвалидам. Правила проектирования». Ширина жилой комнаты для инвалидов не колясочников принята не менее 3 м, для колясочников 3, 4 м, ширина спального помещения не менее 2 м, глубина помещений не менее 2,5 м. Ширина всех проходов и проездов во всех помещениях включая кухню принята не менее 0,9 м. Общая площадь номера с удобствами на одного инвалида не менее (16…20) м. План комнаты с расстановкой утяжеленной мебели, которая обязательно крепиться к стене и у нее закруглены все углы показан на рис. 8, *а*.

Жилая ячейка для 2-х человек, запроектированная в соответствии с «СП 118.13330.2022 «Общественные здания и сооружения», СП 379.1325800.2020 «Общежития. Правила проектирования». Минимальная жилая площадь на 1 человека для студентов и аспирантов составляет не менее 7,5 м^2, для учащихся профессиональных образовательных организаций не менее 6 м^2. Оптимальной считается площадь не менее 9 м^2 (рис. 8, *б*).



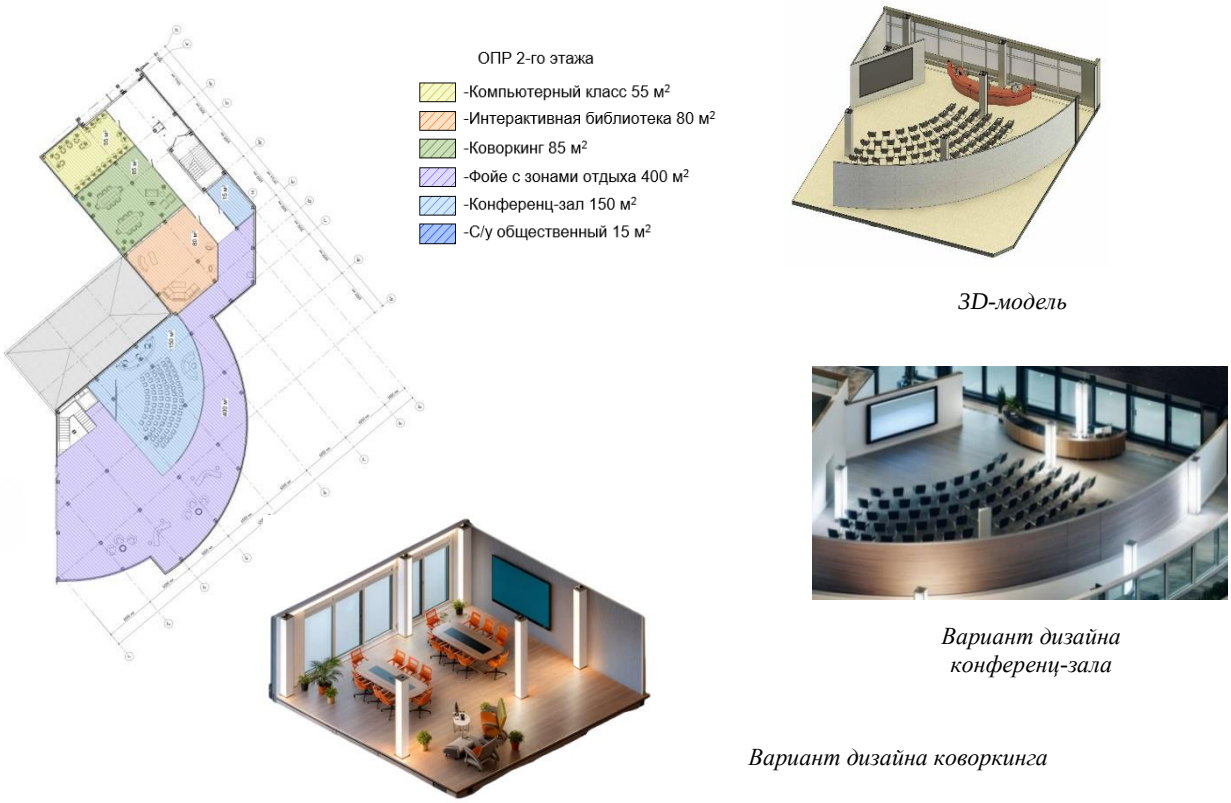
а) *б*)

Рис. 8. План жилой ячейки для МГН (*а*) и 2-х для студентов или аспирантов (*б*)

Блок Б -2-х этажный (рис. 9), подразумевает общественные пространства и является объединяющим звеном этих двух частей. Включает в себя столовую, пространства для общения на первом этаже, на втором этаже располагается конференц-зал (рис. 10) вместимостью более 100 человек и фойе с зонами отдыха, здесь же показана 3D-модель зала и его минимальный дизайн. Данная организация пространства позволяет проводить лекции, семинары и культурных мероприятий в едином месте, что исключает необходимость дополнительного перемещения участников.



Рис. 9. Блок Б 1-го варианта коливинга: общий вид блока и план 1-го этажа блока с экспликацией помещений



3D-модель

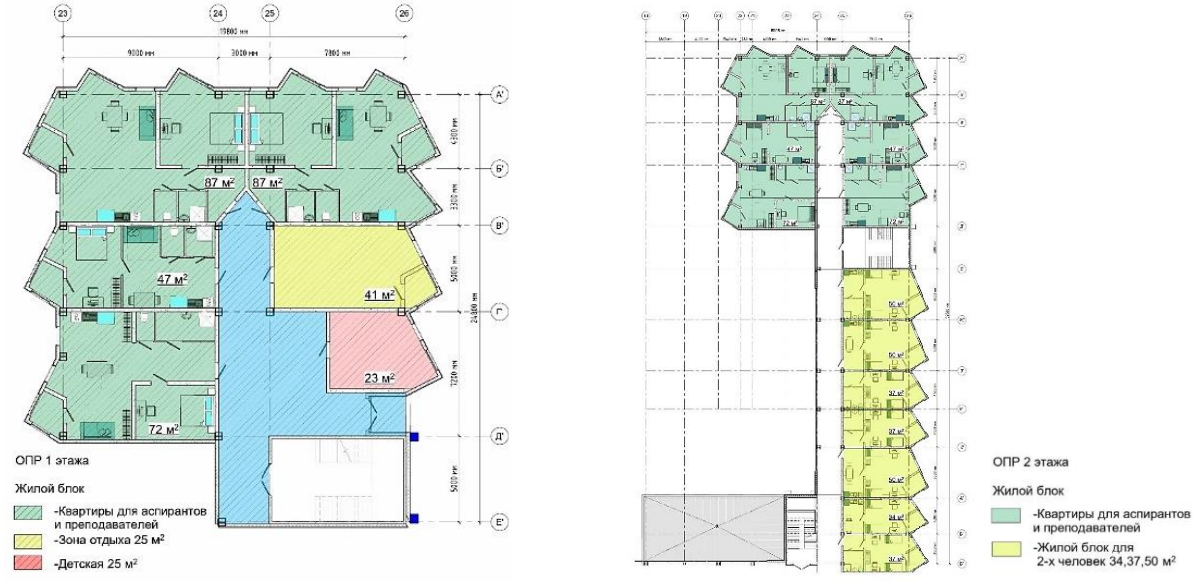
Вариант дизайна конференц-зала

Вариант дизайна коворкинга

Рис. 10. Блок Б 1-го варианта коливинга: общий вид блока;
план 2-го этажа блока с экспликацией помещений, 3D-модель и вариант дизайна

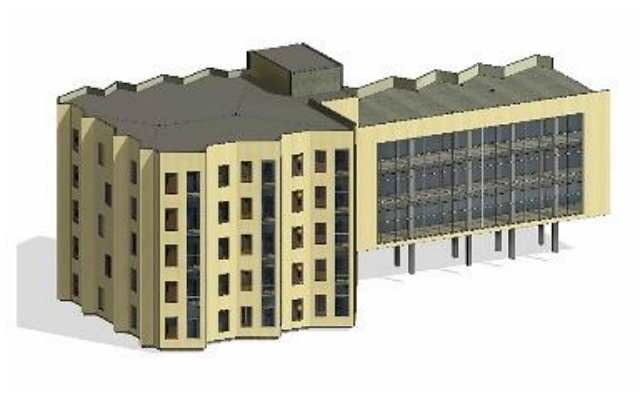
Второй вариант здания коливинга. Работа по разработке ОПР жилых и общественных пространств с предложением минимального дизайна проводилась аналогично первому варианту. Здание в плане похоже на букву «А», при этом блоки здания имеют разную высотность (рис. 1, *б*, в и 4, *б*).

В блоке А (5 этажей) и Г (6 этажей) располагаются жилые пространства, блок Б (4 этажа) и В (4 этажа) являются общественными. В блоках представлены жилые ячейки для разных категорий проживающих: студенты, аспиранты, преподаватели, гости, приехавшие из других городов на конференции, дни открытых дверей. Они оснащены всем необходимым оборудованием и помещениями для комфортной проживания. Каждый жилой блок имеет совмещенный санитарный узел и зону приготовления пищи. ОПР блока А, общий вид и вариант планировки жилой ячейки для преподавателей показаны на рис. 11.



а) *б*)

Рис. 11. Блок А 2-го варианта коливинга: план 1-го этажа блока (*а*) и типового (*б*)
с экспликацией помещений, общий вид блока А (*в*),
вариант планировки жилой ячейки для преподавателей (*г*)



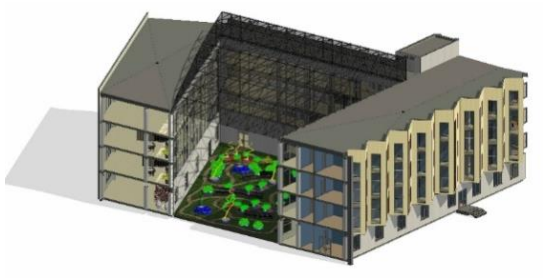
в)



г)

Рис. 11. Окончание

ОПР блока Б, его общий вид, зонирование, планы 1-го и типового этажей с экспликацией помещений и показаны на рис. 12.



а)

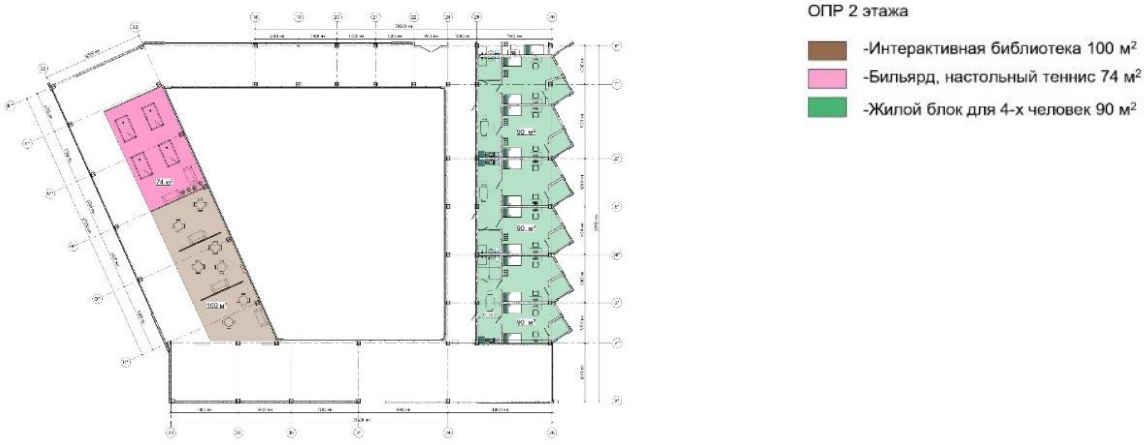


б)



в)

Рис. 12. Блок Б 2-го варианта коливинга:
общий вид блока Б (*а*), зонирование блока (*б*) план 1-го этажа блока (*в*) и типового (*г*) с экспликацией помещений



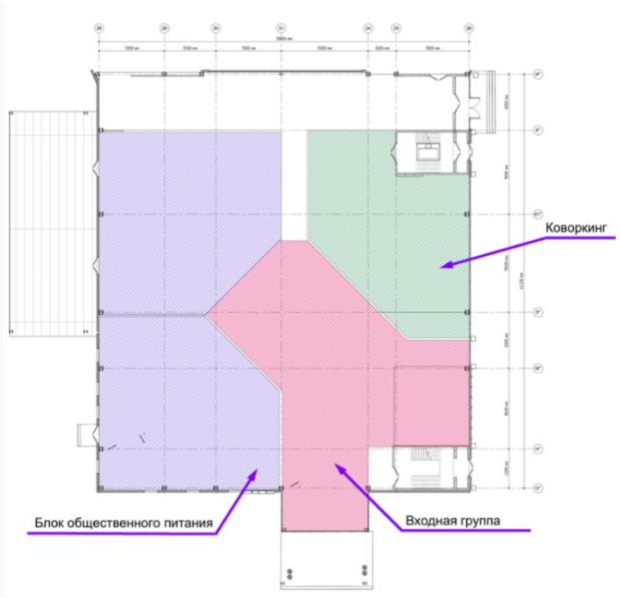
г)

Рис. 12. Окончание

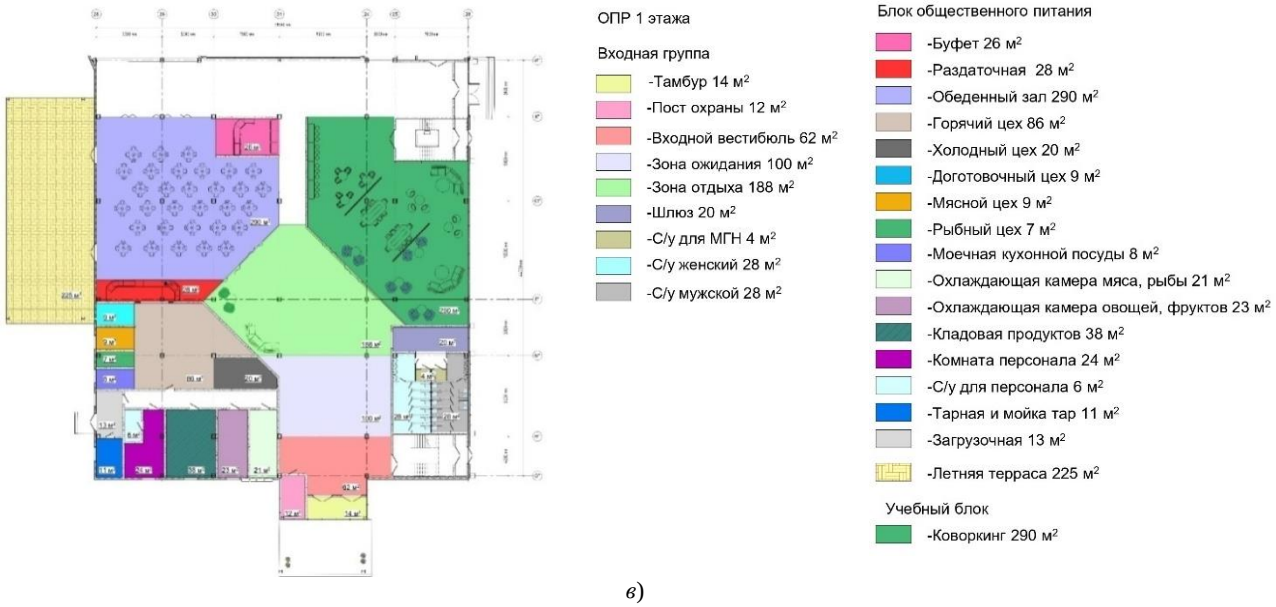
ОПР блока В и Г, его общий вид, зонирование, планы 1-го и типового этажей с экспликацией по-мещений и показаны на рис. 13 и 14.



а)



б)



в)

Рис. 13. Блок В 2-го варианта коливинга:
общий вид блока В (*а*), зонирование блока (*б*) план 1-го этажа блока (*в*) и типового (*г*) с экспликацией помещений

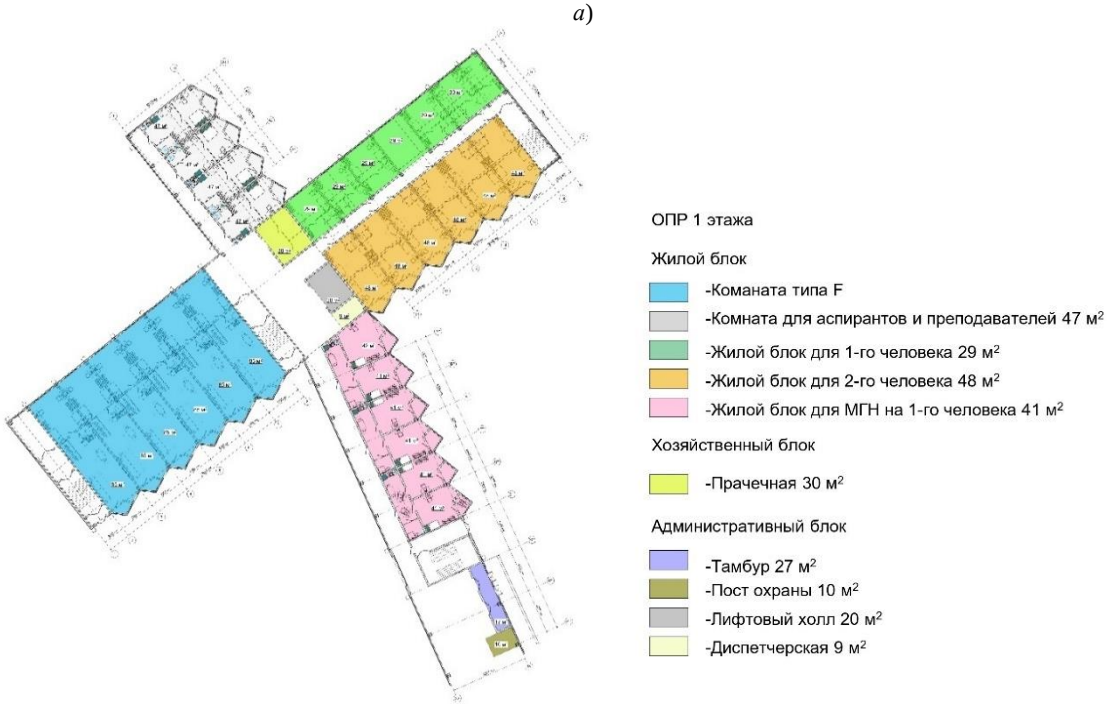


г)

Рис. 13. Окончание



а)



б)

Рис. 14. Блок Г 2-го варианта коливинга:
общий вид блока Г (*а*), план 1-го этажа блока (*б*) и типового (*в*) с экспликацией помещений



в)

Рис. 14. Окончание

В блоке В размещены общественные пространства, блок Г – жилые помещения. Все жилые помещения блока Г, как и в первом варианте коливинга запроектированы согласно требованиям нормативных документов: «СП 118.13330.2022 «Общественные здания и сооружения», СП 379.1325800.2020 «Общежития. Правила проектирования». На рисунке 15 показаны комнаты для 2-х человек и для семейных пар с вариант минимального дизайна.

Также в левом крыле блока Г архитекторами предложено интересное решение жилой ячейки типа *F* (2-х уровневые квартиры) (рис. 16). На первом этаже ячейки располагается вместительная кухня-гостиная, жилая комната для 2-х человек санитарный узел, на втором – жилая комната и дополнительный с/у. Такие жилые ячейки могут при необходимости использоваться для семейных аспирантов или приглашенных преподавателей, для гостей из других городов, приехавших на различные мероприятия, организуемые вузом, включая научные конференции, симпозиумы, совещания или близких родственников, приехавших их навестить обучающихся, проживающих в коливинге, по сути – мини гостиница.

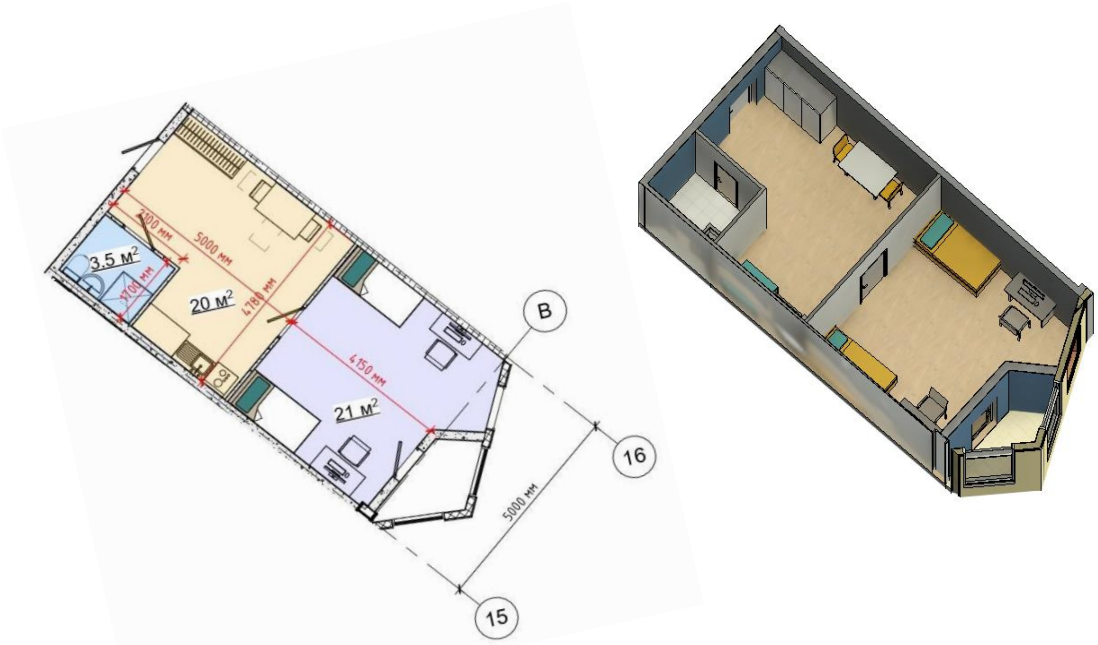
Общественная зона в блоках Б и В включает различные помещения, позволяющие не только использовать современные средства обучения для получения профессиональных навыков, но и активно отдыхать в свободное время. Интерактивная библиотека, компьютерные классы, помещения для настольных игр, тенниса, бильярда. Приведем несколько примеров таких зон. На рисунке 17 показано зонирование общественных пространств блоков Б и В: зимний сад, компьютерный класс, зона коворкинга, столовая, зона отдыха. 3D-модели общественных пространств с минимальным дизайном показаны на рис. 18 и 19.

Зимний сад является «изюминкой» рассматриваемого коливинга площадь которого составляет 600 м^2 и имеет светопрозрачное покрытие по металлической однопоясной оболочке с конкурными опорными фермами и регулируемым микроклиматом для растений и отдыхающих (рис. 17, 18, *а*).

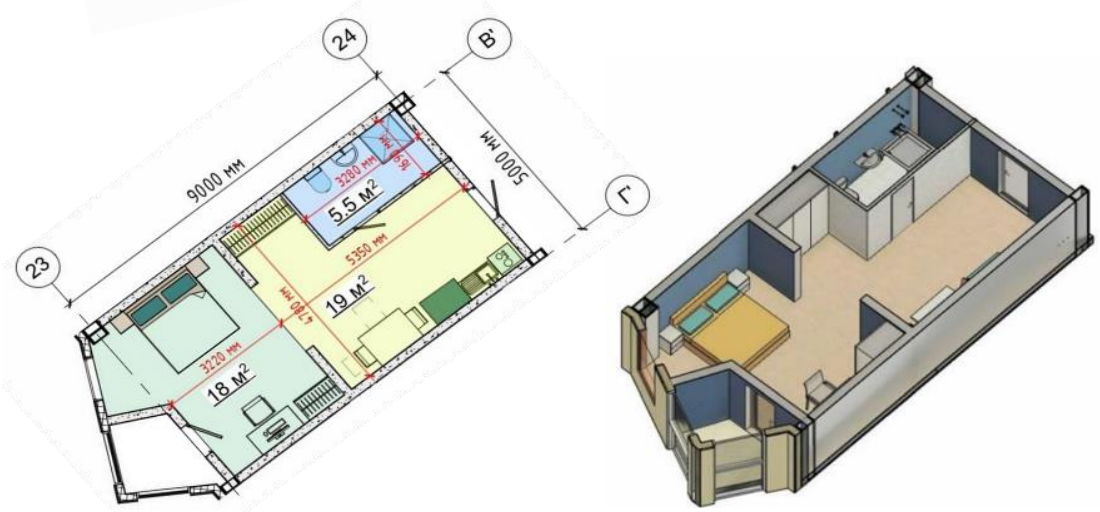
Также неотъемлемой частью современного коливинга является коворкинг --- пространство для учебы, отдыха, обсуждения идей и обмена мнениями (рис. 18, *б*). Здесь можно проводить открытые мастер-классы, лекции, организовывать тематические конкурсы.

В блоке В второго варианта коливинга также запроектированы концертный зал (рис. 18, *д*) вместительностью 400 человек для проведения различный мероприятий и столовая вместимостью 130 человек с возможностью выхода на летнюю террасу и увеличением посадочных мест до 200 человек. Пространство включает в себя: обеденный зал, раздаточную зону, буфет и помещения, приготовления пищи рис. 18, *е*.

В современном понимании общежитие это не только место для проживания людей на какой-то период обучения. Прежде всего это место комфортного социального взаимодействия. Создание комфортных условий и общественных пространств станет точкой притяжения талантливой молодежи, и как следствие появления интереса к науке.

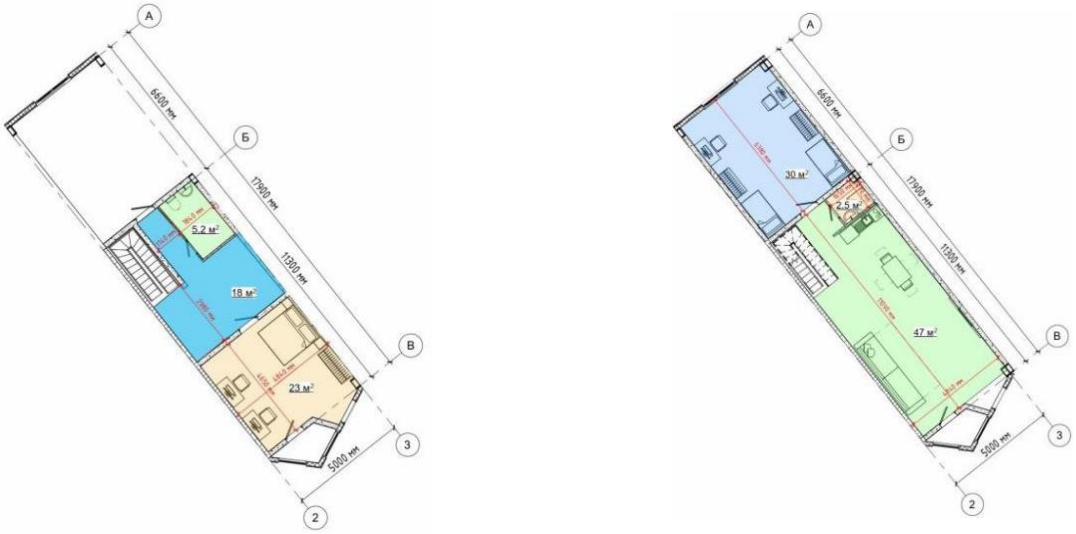


а)



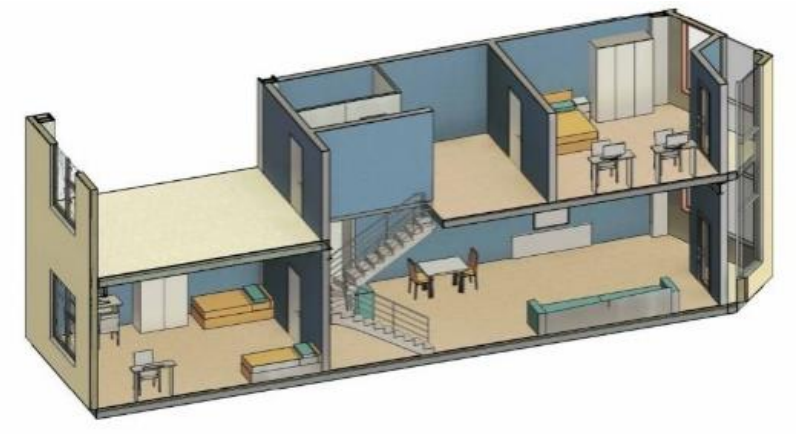
б)

Рис. 15. Блок Г 2-го варианта коливинга: комнаты для 2-х человек (*а*) и для семейных пар (*б*) с вариант минимального дизайна



а) *б*)

Рис. 16. Блок Г 2-го варианта коливинга: жилая ячейки типа F (2-х уровневые квартиры), 1 этаж (*а*), 2 этаж (*б*) и 3D-модель с вариантом минимального дизайна (*в*)



в)

Рис. 16. Окончание

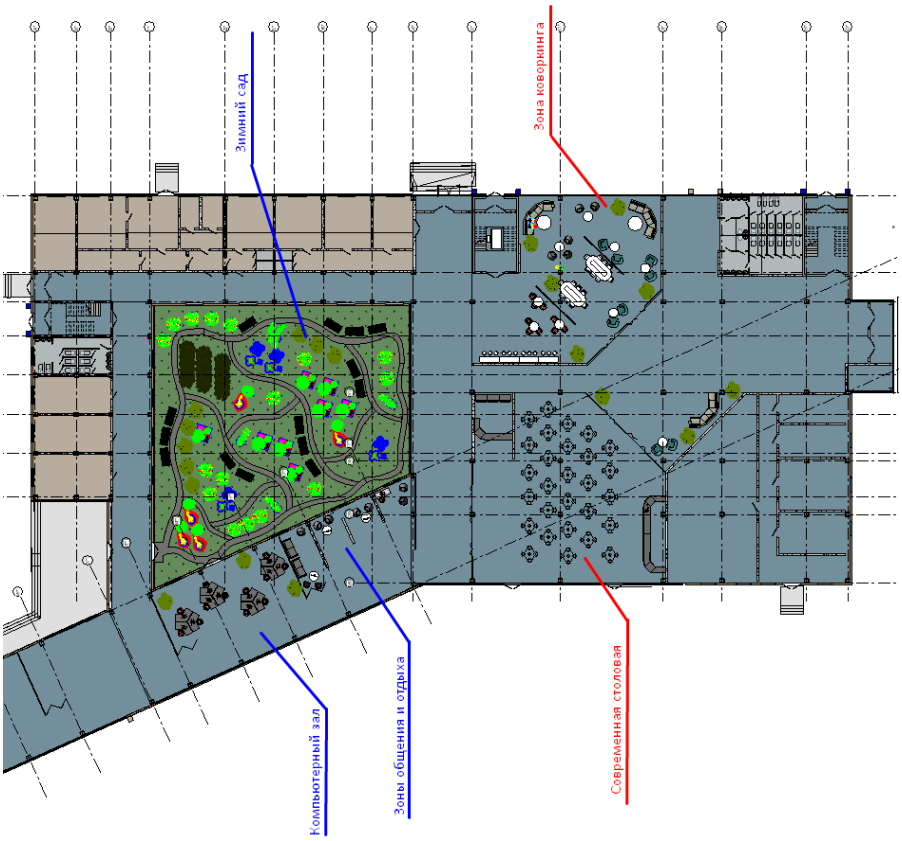
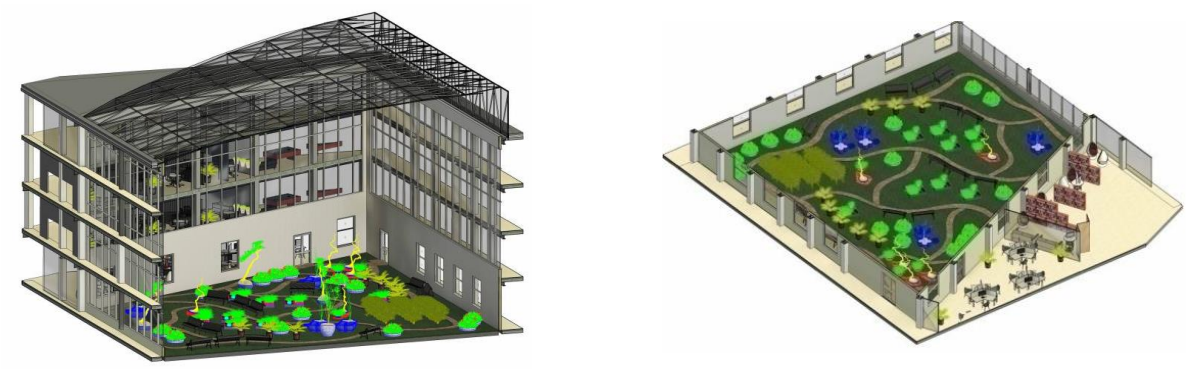


Рис. 17. Зонирование общественных пространств блока Б и В



а)

Рис. 18. Общественные пространства блока Б и В: зимний сад в блоке Б (*а*), коворкинг в блоке В (*б*), компьютерный класс в блоке В (*в*), пространства для отдыха и игр в настольный теннис, бильярд, для настольных игр (*г*) в блоке Б, концертный зал (*д*) и столовая в блоке В (*е*)



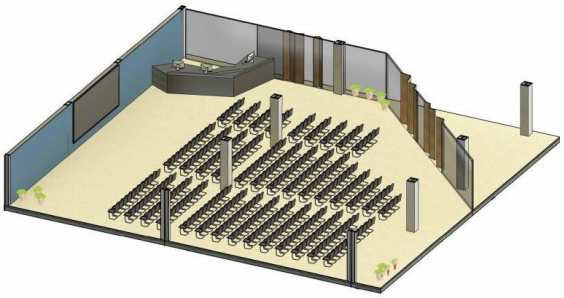
б)



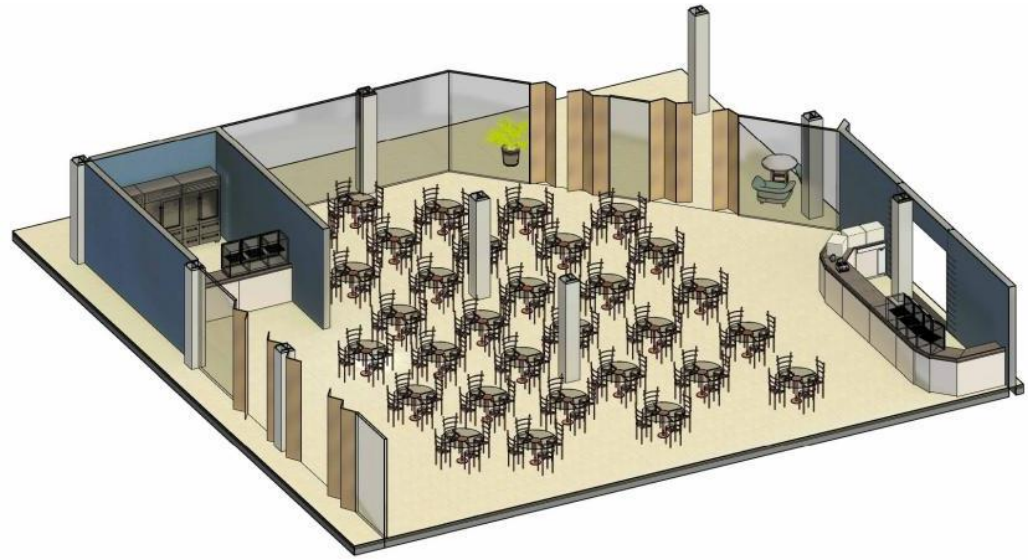
в)



г)



д)



е)

Рис. 18. Окончание

Список использованных источников

1. Вариантное проектирование многофункционального студенческого коливинга повышенной комфортности на территории кампуса ТГТУ / Я. И. Жукова, М. С. Хулина, А. А. Тюкова и др. // Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов, 2025. – С. 1 – 20.

2. СП 188.13330.2022. Общественные здания и сооружения // Минстрой России. – М. : Минстрой России, 2022. – 65 с.

3. СП 379.1325800.2020. Общежития. Правила проектирования // Минстрой России. – М. : Минстрой России, 2021. – 28 с.

УДК 691.328: 620.193
67.11.31: Бетонные и железобетонные конструкции

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СРЕДАХ, НА ОСНОВНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА

Федосов Сергей Викторович
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), академик РААСН, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии и организации строительного производства
e-mail: *fedosov-academic53@mail.ru*

Петрухин Александр Борисович
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры организации производства и городского хозяйства
e-mail: *a.petruhin@mail.ru*

Нармания Борис Евгеньевич
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), аспирант
e-mail: *borisfablee@gmail.com*

Согласно современным представлениям об управлении зданиями как сложной изменяющейся во времени системой, учет разрушающего воздействия микроорганизмов на несущие и ненесущие конструкции из железобетона является неотъемлемой составляющей концепции управления жизненным циклом любого здания и сооружения [1]. Опыт эксплуатации объектов капитального строительства показывает, что строительные материалы и конструкции подвержены воздействию бактерий и грибов, которые разрушают пористый материал как в результате прорастания гиф в тело бетона, так и за счет выделения продуктов метаболизма [3]. Сформулирован общий вид интегральной информационной модели [2], в рамках которой влияние микроорганизмов может рассматриваться как один их входных параметров. Учет влияния таких параметров обеспечивается с помощью физико-математической формализации их воздействия на конструкции зданий и сооружений [5 – 8]. Многие исследования направлены на изучение видового многообразия воздействующих на бетон микроорганизмов. Проводятся исследования влияния различных факторов на развитие биологической коррозии бетонов [3, 4]. Ведутся поиски способов борьбы с микроорганизмами и методов повышения биостойкости строительных материалов [12]. Разработан ряд математических моделей процессов коррозии бетонов в разных средах [5 – 11]. Целесообразен поиск решения проблемы прогнозирования и контроля биодеструкции бетонных и железобетонных изделий в биологически агрессивных средах, поскольку своевременная защита бетонных и железобетонных объектов от биообрастания позволит значительно сократить экономический ущерб от последствий коррозионных разрушений, повысить надежность конструкций, эксплуатирующихся в биологически агрессивных средах, снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций [2, 4].

В соответствии с изложенным, авторами была поставлена цель разработать методические основы управления жизненным циклом объектов капитального строительства (ОКС), используя инструменты прогнозирования и контроля изменения долговечности железобетонных конструкций ОКС под воздействием внешних и внутренних факторов на отдельных этапах их жизненного цикла.

Основные задачи, решаемые в рамах поставленной цели исследования, заключались в следующем:

1. Изучить теоретические и методические основы прогнозирования и мониторинга технического состояния объекта капитального строительства, включая контроль изменения долговечности железобетонных конструкций в процессе жизненного цикла сооружения, изложенные в научных трудах.
2. Разработать математические модели для прогнозирования и контроля изменения показателя долговечности железобетонной конструкции на этапах жизненного цикла объекта строительства при различных сценариях наложения внешних и внутренних факторов.
3. Разработать методику управления жизненным циклом ОКС, используя инструменты прогнозирования и контроля изменения долговечности железобетонных конструкций на этапах жизненного цикла объекта строительства.
4. Установить влияние грибков *Aspergillusniger* на структурно-фазовый состав и прочностные характеристики железобетона с учетом накопленного опыта в научных работах [3, 6, 7].
5. С помощью разработанного математического аппарата [5 – 11], построить профили концентраций органических кислот, образующихся на поверхности железобетона в результате жизнедеятельности черной плесени, по толщине бетонного покрытия, позволяющие спрогнозировать скорость их поступления к поверхности стальной арматуры.
6. Получить решение задачи массопереноса для процессов биологической коррозии бетона, описывающее условия, при которых концентрации гидроксида кальция в цементном камне бетона достигают значений начала разложения высокоосновных соединений, что являет собой разрушение материала [3, 6, 9].

Отдельные результаты решения поставленных задач были изложены в следующих ранее опубликованных работах [1 – 12]. В процессе обобщения полученных результатов была сформирована методика управления жизненным циклом объекта капитального строительства, с применением инструментов прогнозирования и контроля изменения долговечности железобетонных конструкций, основными элементами которой являются следующие этапы [1, 4] ее реализации:

1. Этап планирования и проектирования

Цели этапа:

- Определить основные параметры объекта;
- Выбрать материалы и технологии, обеспечивающие максимальную долговечность железобетонных конструкций;
- Создать проектную документацию, учитывающую долгосрочные прогнозы.

Действия:

- *Анализ потребностей заказчика*: Определение функциональных требований к объекту, сроков ввода в эксплуатацию, бюджета.
- *Выбор участка строительства*: Оценка геологических условий, климатических особенностей региона, влияния внешних и внутренних факторов.
- *Проектирование железобетонных конструкций*: Разработка конструктивных решений с учетом долговечности; Моделирование поведения конструкций во времени с использованием программных комплексов (например, FEM-анализ) и математических моделей прогнозирования и контроля изменения показателя долговечности железобетонной конструкции на отдельных этапах жизненного цикла объекта строительства при различных сценариях наложения внешних и внутренних факторов; Применение стандартов проектирования и норм по обеспечению долговечности (ГОСТы, СНиПы).
- *Прогнозирование долговечности*: Использование разработанных и предложенных математических моделей [5-11] для оценки изменения прочностных характеристик железобетона во времени; Учет воздействия агрессивных сред, температурных колебаний, механических нагрузок; Анализ возможных сценариев износа и разрушения конструкций, в том числе под воздействием микробиологической среды.

2. Этап строительства

Цель этапа: Обеспечить соблюдение проектных решений и качество выполнения работ.

Действия:

- *Организация строительного процесса*: Назначение ответственных лиц за каждый этап строительства; Установление графика выполнения работ и контроль его соблюдения.
- *Контроль качества материалов*: Входной контроль бетонной смеси, арматуры, добавок; лабораторные испытания образцов бетона на прочность, морозостойкость, водонепроницаемость.
- *Мониторинг процесса бетонирования*: Контроль температуры и влажности при укладке бетона; Соблюдение режимов твердения и ухода за бетоном.
- *Испытания готовых конструкций*: Неразрушающие методы контроля (ультразвуковая диагностика, радиографический контроль); Измерения прочности бетона через определенное время после укладки.

3. Этап эксплуатации и технического обслуживания

Цели этапа:

- Поддержание объекта в рабочем состоянии;
- Предотвращение преждевременного износа железобетонных конструкций.

Действия:

- *Регулярные осмотры*: Визуальная инспекция железобетонных элементов на предмет трещин, коррозии арматуры, деформаций; Документирование выявленных дефектов и повреждений.
- *Инструментальное обследование*: Проведение ультразвукового сканирования для определения глубины трещин и степени карбонизации бетона; Электрохимическая защита арматуры от коррозии.
- *Ремонт и восстановление*: Устранение мелких дефектов (заделка трещин, инъектирование растворов); Капитальный ремонт при обнаружении серьезных повреждений.
- *Техническое обслуживание*: Очистка поверхностей от загрязнений, предотвращающих доступ влаги и агрессивных веществ; Нанесение защитных покрытий для увеличения срока службы конструкций.
- *Сбор данных и анализ*: Мониторинг показателей состояния железобетонных структур с использованием датчиков (температура, влажность, деформации); Аналитическое моделирование на основе собранных данных для прогнозирования дальнейшего поведения конструкций.

4. Этап модернизации и реконструкции

Цель этапа: Повышение эксплуатационных характеристик объекта и продление его срока службы.

Действия:

- *Диагностика текущего состояния*: Комплексное обследование объекта с привлечением специализированных организаций; оценка остаточного ресурса железобетонных конструкции.
- *Разработка плана модернизации*: Определение приоритетов и выбор наиболее эффективных мер по увеличению долговечности; разработка проектов усиления конструкций, замены изношенных элементов.

- *Реализация мероприятий*: Выполнение работ по усилению несущих конструкций, замене поврежденных участков; установка дополнительных защитных слоев или систем антикоррозийной защиты.
- *Контроль качества выполненных работ*: Испытания модернизированных конструкций на соответствие новым требованиям; оформление актов приемки выполненных работ.

5. Этап утилизации и демонтажа

Цели этапа:

- Безопасное завершение эксплуатации объекта в соответствии с современными представлениями [1, 4];
- Минимизация негативного воздействия на окружающую среду в соответствии актуальными положениями [8, 12] .

Действия:

- *Подготовка к утилизации*: Анализ возможности повторного использования отдельных элементов конструкции; Составление плана демонтажа с учетом минимизации ущерба окружающей среде.
- *Демонтаж железобетонных конструкций*: Применение специальных методов разборки (гидравлические ножницы, алмазное бурение); Сортировка отходов по категориям для последующей переработки.
- *Переработка и утилизация*: Отправка демонтированного железобетона на переработку (измельчение, использование в качестве заполнителя для новых бетонных смесей); Утилизация опасных компонентов (асбест, свинец и пр.) в соответствии с требованиями законодательства.

Предлагаемая методика позволит комплексно управлять жизненным циклом объекта капитального строительства [1], обеспечивая контроль над состоянием железобетонных конструкций на каждом этапе. Применение инструментов прогнозирования и мониторинга поможет своевременно выявлять потенциальные проблемы и принимать меры по их устранению, что способствует продлению срока службы объекта и снижению затрат на его содержание.

В соответствии с изложенными положениями научная новизна разработанной методики может быть сформулирована следующим образом: «Разработана и предложена методика управления жизненным циклом железобетонных сооружений, используя инструмент прогнозирования и контроля биодеструкции железобетона». Более развернутое содержание научной новизны сформулированного утверждения заключается в следующем:

***Что предлагается*:**

Предлагаемая методика включает системный подход к управлению жизненным циклом ОКС, который охватывает все этапы – от проектирования и строительства до эксплуатации, утилизации и демонтажа [1]. Методика акцентирует внимание на интеграции инструментов прогнозирования и контроля биодеструкции железобетона в существующую систему управления жизненным циклом, что позволяет заранее выявлять потенциальные проблемы, связанные с деградацией материалов, и принимать меры для их предотвращения [2, 13].

***Чем отличается*:**

1. **Комплексность подхода:** В отличие от существующих методов, которые фокусируются на отдельных этапах или аспектах жизненного цикла, данная методика рассматривает все этапы в единой системе, обеспечивая целостный взгляд на управление.
2. **Интеграция прогнозирования:** Внедрение инструментов прогнозирования, основанных на современных моделях и алгоритмах, которые учитывают множество факторов, влияющих на биодеструкцию, является новшеством в области управления строительными материалами.
3. **Динамическое управление:** Методика позволяет адаптировать стратегии управления в реальном времени, основываясь на данных мониторинга состояния конструкций, что значительно повышает эффективность управления по сравнению с традиционными статическими подходами.

***Что позволяет*:**

1. **Увеличение срока службы:** С учетом накопленного материала [11 – 13], применение данной методики способствует продлению срока службы железобетонных сооружений за счет своевременного выявления и устранения проблем, связанных с биодеструкцией.
2. **Снижение затрат:** Эффективное управление на всех этапах жизненного цикла позволяет снизить затраты на ремонт и обслуживание [13], а также минимизировать расходы на утилизацию.
3. **Устойчивое развитие:** Методика поддерживает принципы устойчивого развития, способствуя более рациональному использованию ресурсов и снижению негативного воздействия на окружающую среду.
4. **Повышение безопасности:** Контроль биодеструкции и прогнозирование потенциальных рисков позволяют обеспечить более высокий уровень безопасности эксплуатации железобетонных сооружений.

Учитывая ограничения на объем данной статьи, изложенные положения методики представлены в обобщенном и ограниченном виде. В последующих публикациях авторов процесс управления жизненным циклом железобетонных зданий и сооружений на каждом его этапе будет изложен детально с оценкой экономического эффекта практического применения предлагаемой методики.

Таким образом, предложенная методика представляет собой очередной шаг в развитии теории управления жизненным циклом железобетонных зданий и сооружений, обеспечивая более эффективное и устойчивое использование материальных, трудовых и финансовых ресурсов.

Список использованных источников

1. Понятие «жизненный цикл здания»: к вопросу о концептуализации / С. В. Федосов, Б. Е. Нармания, Е. Л. Смирнова и др. // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19, № 1. – С. 128 – 137.
2. Румянцева, В. Е. Становление теории прогнозирования долговечности строительных конструкций / В. Е. Румянцева, И. В. Красильников, Б. Е. Нармания // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. Института архитектуры, строительства и транспорта. – Тамбов : ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», 2020. – С. 245 – 249.
3. Изменение структурно-фазового состава бетона под воздействием микроорганизмов / К. Б. Строкин, Д. Г. Новиков, В. С. Коновалова, Б. Е. Нармания // Современная наука: теория, методология, практика : материалы III Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2021. – С. 103 – 106.
4. Организационно-технологические принципы мониторинга состояния здания на этапе эксплуатации жизненного цикла / С. В. Федосов, А. А. Лапидус, А. Б. Петрухин, Б. Е. Нармания // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19, № 1. – С. 128 – 137.
5. Федосов, С. В. Моделирование влияния параметров массопереноса на кинетику коррозионного взаимодействия бетона с биологическими средами / С. В. Федосов, Б.Е . Нармания // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19, № 4. – С. 596 – 605.
6. Управление процессами коррозионной деструкции строительных материалов на основе законов массопереноса / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, В. С. Коновалова и др. // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 3(74). – С. 106 – 111.
7. Федосов, С. В. Кинетика коррозионного массопереноса в цементных бетонах в условиях воздействия грибковых микроорганизмов / С. В. Федосов, Б. Е. Нармания // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти академика РААСН Чернышова Е. М. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2022. – С. 197 – 201.
8. Федосов, С. В. Влияние параметров массопереноса на интенсивность процесса коррозионного взаимодействия бетона с биологическими средами / С. В. Федосов, Б. Е. Нармания // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений : тез. докл. VIII Междунар. симпозиума «Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений». – Тамбов : ТГТУ, 2023. – С. 413 – 414.
9. Федосов, С. В. Экологические преимущества математического моделирования коррозии и прогнозирования долговечности бетона / С. В. Федосов, Б. Е. Нармания // Экологические аспекты современных городов : сб. материалов IX Межрегионального семинара. – Иваново : ИВГПУ, 2023. – С. 102–103.
10. Федосов, С. В. Аспекты создания моделей коррозионных повреждений железобетона / С. В. Федосов, Б. Е. Нармания// Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК – 2023) : сб. материалов Национальной (с междунар. участием) молодежной науч.-техн. конф. – Иваново : ИВГПУ, 2023. – С. 375 – 376.
11. Cauchy problem for modeling of unsteady mass transfer processes in an unbounded plate by the integral Laplace transform method / S. V. Fedosov, A. A. Lapidus, B. E. Narmaniya, M. M. Ayzatullin // Construction Materials and Products. – 2024. – № 7(5). P. 4.
12. Increasing the Biostability of Concrete by the Introduction Of Additives / V. E. Rumyantseva, V. S. Konovalova, B. E. Narmaniya, M. A. Korinchuk // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 403. – P. 03005.
13. Иванов, Ф. М. Защита строительных конструкций промышленных зданий от коррозии / Ф. М. Иванов ; под ред. Ф. М. Иванова, Ю. А. Савиной. – М. : Стройиздат, 1973. – 174 с.

УДК 69.07
67.11.29: Основания и фундаменты

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ПОДОШВЫ ФУНДАМЕНТОВ НА ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ НАКЛОННОГО ПЕСЧАНОГО ОСНОВАНИЯ

Худяков Александр Владимирович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: *chudajkov@mail.ru*

Бин Альшк Амар Маджед Абдулла Саид
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», аспирант
e-mail: *Maged12@yandex.ru*

В процессе строительства развивающихся городов высокая плотность создает острый дефицит свободных горизонтальных площадок для застройки, которые, к тому же, осложнены природными неудобьями: крутыми склонами, засыпанными оврагами, лощинами, холмами и т.п. Все это вносит свои коррективы в процесс освое-

ния пространства. Таким образом, перед проектными и строительными организациями стоят задачи возведения на этих территориях зданий и сооружений нового типа с применением наиболее прогрессивных типов фундаментов при минимальных затратах.

Особенности деформирования основания, включающего на небольшой глубине (по сравнению с шириной подошвы фундамента) слой с модулем деформации, значительно большим, чем модуль деформации выше лежащего слоя достаточно изучен теоретически и экспериментально [3, 7]. Однако в реальных условиях нередко более плотные грунты залегают не горизонтально, а наклонно, т. е. сжимаемый слой в пределах сооружения имеет переменную толщину. Как показывают натуральные наблюдения, фундаменты зданий на таких основаниях получают неравномерные осадки, что при пренебрежении к переменной толщине основания с меньшим модулем деформации (клиновидное основание) ведет к возникновению аварийных ситуаций, уменьшению срока службы объекта. Результаты экспериментальных и теоретических исследований работы фундаментов на таких основаниях приведены в [2, 4 – 6].

При расчете оснований сооружений по первому предельному состоянию одним из важнейших вопросов является выбор расчетной схемы фундамента в зависимости от статической расчетной схемы сооружения. В момент потери несущей способности основания, фундамент получает большие перемещения, которые приводят к изменению начальной статической схемы сооружения. В связи с этим возникает необходимость изучения не только деформаций основания, но и кинетической картины разрушения основания.

При действии на фундамент постепенно возрастающей нагрузки в основании происходит образование и развитие зон уплотнения, разрушения, сдвигов и выпора. В различных областях массива грунт может находиться в разных стадиях напряженно-деформированного состояния.

Для уточнения характера деформирования таких оснований, методики расчета в лаборатории механики грунтов ТГТУ была проведена серия экспериментов с моделями фундаментов разной формы, имеющими равную площадь.

Проведены две серии экспериментов в пространственном лотке размером 100×68×64 (h) см. Первая – на клиновидном основании с установкой жесткой шероховатой пластины под углом наклона α = 18° и относительным заглублением $h = 0{,}75b$; $h = b$. Вторая- на основании с постоянным модулем деформации. Ступенчатую нагрузку передавали рычагом с 7,5 кратным увеличением. Вертикальные и горизонтальные перемещения контролировали индикаторами часового типа ИЧ-10 с точностью измерения 0,1 мм. Крен моделей определяли по разности осадок краев штампа.

Каждая ступень приложения вертикальной осевой и внецентренной ($e = e_o/b = (0 \pm 1/7)$ нагрузки составляла от 5 до 10% от предполагаемой разрушающей. Ее выдерживали до условной стабилизации осадки, которая определялась как перемещение не более 0,1 мм в течение одного часа. В подавляющем большинстве случаев испытания доводились до наступления предельного состояния основания – сопровождающегося опрокидыванием модели или резким возрастанием скорости деформаций. Относительное расстояние от поверхности основания до жесткого слоя было $h = b$; $0{,}75b$. В качестве основания использовался мелкозернистый песок, уложенный послойно в маловлажном состоянии. Начальная плотность грунта контролировалась методом режущих колец.

В качестве моделей использовали жесткие шероховатые стальные штампы круглой, прямоугольной и трапецеидальной формы подошвы толщиной 10 мм, площадью 154 см^2. Для создания шероховатости нижняя поверхность штампа покрывалась тонким слоем клея, а затем – песком (рис. 1). Все модели по методике М. И. Горбунова–Посадова [1] абсолютно жесткие.

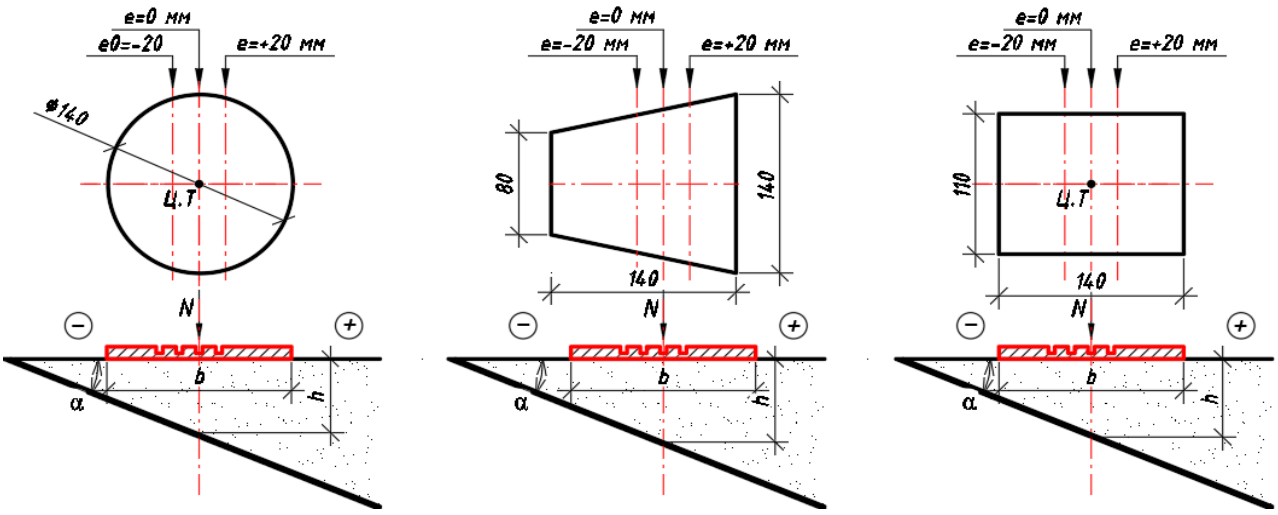
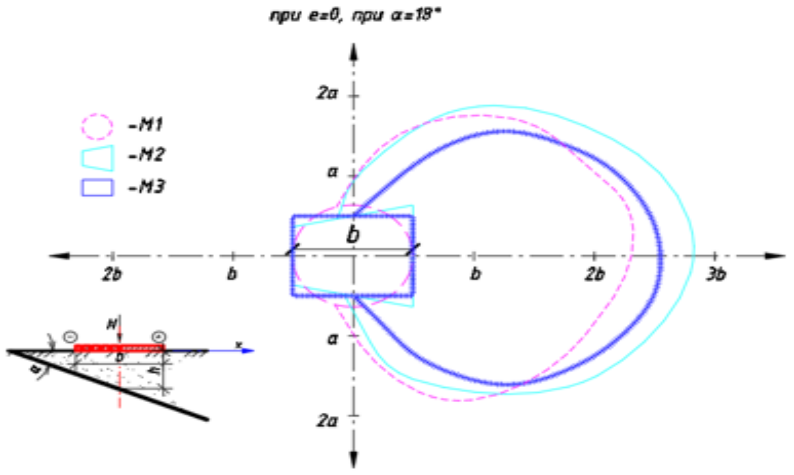
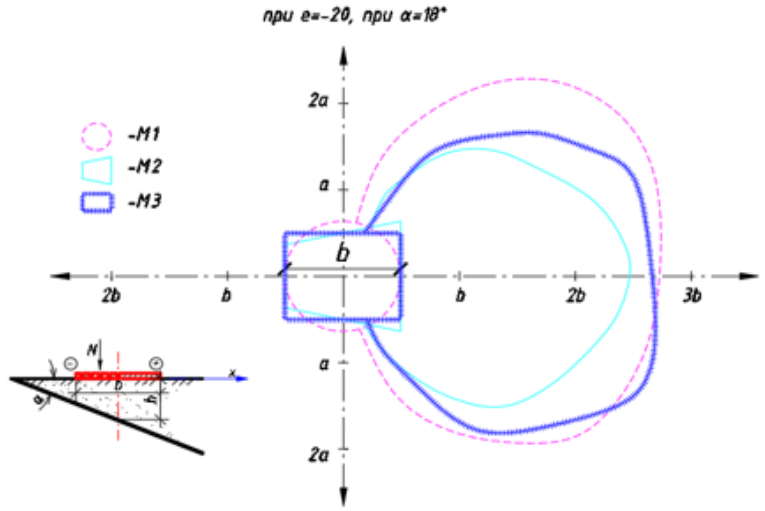


Рис. 1. Схема проведения экспериментов всех моделей с разными эксцентриситетами на наклонном основании

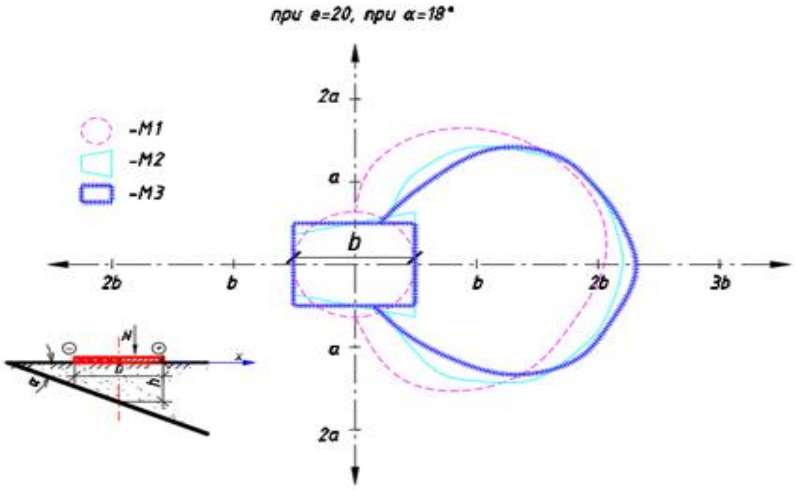
Все проведенные эксперименты доводили до разрушения основания. Характер выпора грунта фотографировали, замеряли размеры зоны выпора, зарисовывали (рис. 2). Представлен совмещенный характер выпора грунта для всех моделей на клиновидном основании. По ним можно отметить, что форма площади выпора грунта во всех случаях имеет округлую или овальную формы, т.е. форма модели не особенно влияет на форму площади выпора грунта.



а)



б)



в)

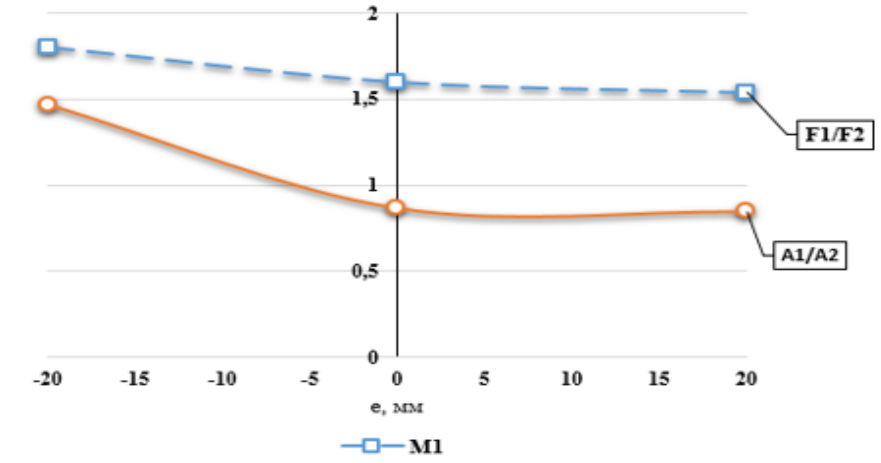
Рис. 2. Совмещенный характер выпора поверхности основания для всех моделей при:
а – *е* = 0; *б* – *е* = 1/7; *в* – *е* = –1/7

Установлена корреляционная зависимость между величинами площадей выпора и разрушающими нагрузками (табл. 1 и рис. 3). Из полученных данных видно, что не всегда максимальная предельная сила, действующая на штамп, соответствует максимальной площади выпора грунта. Следовательно, величина предельной нагрузки напрямую зависит от объема выпираемого грунта, а тот, в свою очередь, от глубины деформирования основания.

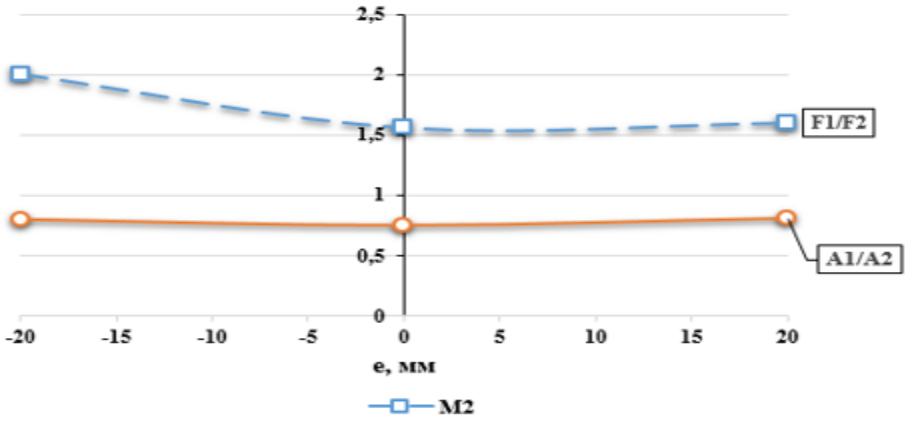
1. Зависимость предельных нагрузок, площади выпора грунта от эксцентриситета

№ модели	e_i	F_i, кН		$A_{выпор}$, м^2		F_1/F_2	A_1/A_2
		F_1	F_2	A_1	A_2		
M1	–1/7	0,62	0,35	0,14	0,095	1,8	1,47
	0	0,93	0,6	0,104	0,12	1,6	0,87
	+1/7	0,54	0,35	0,081	0,095	1,54	0,85
M2	–1/7	0,54	0,27	0,08	0,1	2,0	0,8
	0	0,78	0,5	0,13	0,16	1,56	0,75
	+1/7	0,5	0,31	0,07	0,087	1,6	0,81
M3	–1/7	0,58	0,24	0,11	0,09	2,4	1,2
	0	0,75	0,46	0,095	0,14	1,6	0,67
	+1/7	0,46	0,24	0,07	0,09	1,9	0,78

F_1, A_1 – разрушающая нагрузка и площадь выпора грунта при наличии жесткого подстилающего слоя;
F_2, A_2 – разрушающая нагрузка и площадь выпора грунта при отсутствии жесткого подстилающего слоя.

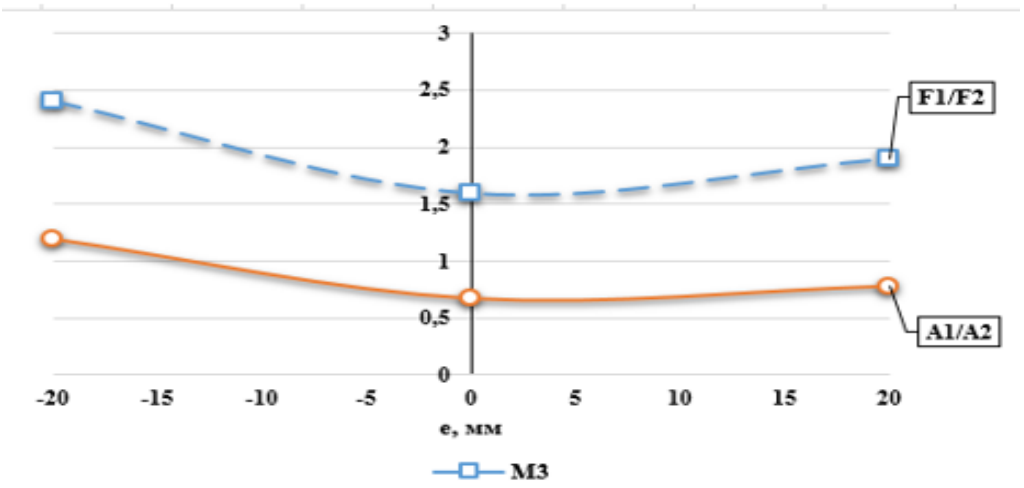


а)



б)

Рис. 3. Графики зависимостей относительных несущей способности и площадей выпора поверхностей грунта от эксцентриситета:
а – М1; *б* – М2; *в* – М3



в)

Рис. 3. Окончание

Представлены относительные зависимости несущей способности и площадей выпора поверхностей грунта клиновидного основания к основанию постоянной жесткости (рис. 3). По ним можно отметить, что значение относительной несущей способности оснований превосходит значение относительной площади выпора грунта. деформирования основания.

Список использованных источников

1. Барменкова, Е. В. Расчет плит переменной жесткости на упругом основании с переменным коэффициентом постели / Е. В. Барменкова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – Т. 21, № 1. – С. 201 – 208.

2. Горбунов-Посадов, М. И. Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова, В. И. Соломин. – 3-е изд. – М. : Стройиздат, 1984. – 679 с.

3. Глушков, А. В. Экспериментальные исследования оснований фундаментов с различной формой подошвы / А. В. Глушков // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. – URL: https://science education.ru/ru/article/view?id=21280

4. Довнарович, С. В. Деформирование жестко подстилаемых слоев грунта при разной толщине слоя / С. В. Довнарович // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1975. – № 5. – С. 40 – 42.

5. Онопа, И. А. Результаты экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния основания со сжимаемым слоем переменной толщины / И. А. Онопа // Труды НИИ оснований. – М., 1983. – Вып. 80. – С. 26 – 32.

6. Онопа, И. А. Осадки и крены прямоугольного штампа на клиновидном основании / И. А. Онопа, В. Г. Федоровский // Известия вузов: Строительство и архитектура. – 1984. – № 12. – С. 47 – 50.

7. Тер-Мартиросян, З. Г. Прогноз осадки и длительной несущей способности основания фундамента конечной ширины / З. Г. Тер-Мартиросян, А. З. Тер-Мартиросян, Н. О. Курилин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – М. : Стройиздат, 2021. – № 3. – С. 6 – 9.

УДК 69.07
67.11.31: Бетонные и железобетонные конструкции

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕКРЫТИЙ И ПОКРЫТИЙ

Худяков Александр Владимирович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: Chudajkov@mail.ru

Белоглазов Александр Юрьевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: SanDetrit79@yandex.ru

Буланова Виктория Александровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», бакалавр
e-mail: bulvk04@mail.ru

Одной из важнейших проблем современного строительства, в связи с ростом цен на строительные материалы, является поиск путей снижения стоимости строительных конструкций. Традиционно в строительстве наиболее широкое применение находят сборные железобетонные конструкции, изготавливаемые на заводах строительной индустрии. Они имеют ряд преимуществ по сравнению с монолитными и другими конструкциями. Сборный железобетон ускоряет процесс возведения и ввода в эксплуатацию объектов, снижает их стоимость, позволяет полностью осуществлять контроль качества в процессе изготовления, проще использовать предварительное напряжение в изделиях, повышающее их жесткость и трещиностойкость. Поэтому перед проектировщиками, заводами-изготовителями стоит сложная задача – снижение стоимости конструкций.

Наиболее распространенными несущими конструкциями покрытия помещений зального типа являются железобетонные фермы. Масштабность применения бетона и железобетона обусловлена их высокими физико-механическими показателями, долговечностью, хорошей сопротивляемостью температурным и влажностным воздействиям, возможностью изготовления конструкций относительно простыми технологическими методами, использованием местных материалов (кроме стали), сравнительно невысокой стоимостью.

Различают следующие типы железобетонных ферм – сегментные с верхним поясом ломаного очертания и раскосной решеткой, арочные безраскосные и раскосные с редкой решеткой и верхним поясом криволинейного очертания, полигональные с параллельными поясами или трапециевидного очертания с малым уклоном верхнего пояса и раскосной решеткой и т.д. Наиболее рациональное по статической работе очертание верхнего пояса – сегментное или арочное, приближающееся к кривой давления. У таких ферм усилия в поясах по длине пролета изменяются незначительно, а усилия в элементах решетки невелики. Кроме того, в таких фермах высота на опоре небольшая, что снижает массу фермы и высоту наружных стен.

Обычно в качестве плит покрытия используются ребристые плиты шириной 3 м, что приводит к созданию сосредоточенных сил в узлах верхнего пояса. В арочных раскосных фермах в верхнем поясе возникает местный изгиб от внецентренного приложения усилия N. Возникающий изгибающий момент Мр от внеузловой вертикальной нагрузки частично компенсируются моментами М обратного знака, возникающими вследствие эксцентриситета продольных сил в верхнем поясе. Применение плит шириной 1,5 м позволяет создать момент противоположного знака, который несколько разгружает верхний пояс. Такие фермы экономичнее сегментных при пролетах 30 м и более.

Решетка ферм может быть закладной, изготовляемой заранее, или чаще цельной, бетонируемой одновременно с поясами, В первом варианте сечение раскосов можно принять независимо от размеров других элементов. Во втором – ширина сечения элементов решетки принимается равной ширине поясов, что необходимо по технологии изготовления и бетонирования конструкции. Отмеченный недостаток приводит к перерасходу бетона и общему удорожанию ферм.

Как показывает опыт проектирования ферм, в сжатых элементах (верхнем поясе и раскосах) рабочая арматура устанавливается конструктивно. Поэтому одним из путей снижения стоимости конструкций может быть снижение класса бетона в сжатых элементах по сравнению с растянутыми. Для последних использование более прочного бетона позволяет повысить трещиностойкость, что наиболее важно при эксплуатации в условиях агрессивной среды.

В нижнем поясе предварительно напряженная арматура подбирается по максимальному растягивающему усилию растяжения, которое действует в середине пролета фермы. Эта рабочая арматура обычно проходит через всю длину нижнего пояса. В крайних нижних панелях усилия растяжения меньше. Следовательно, количество арматуры можно уменьшить. Предложенное техническое средство, позволяющее часть напряженной арматуры из нижнего пояса отводить в растянутые раскосы (рис. 1), повышает их трещиностойкость, уменьшает количество ненапряженной арматуры.

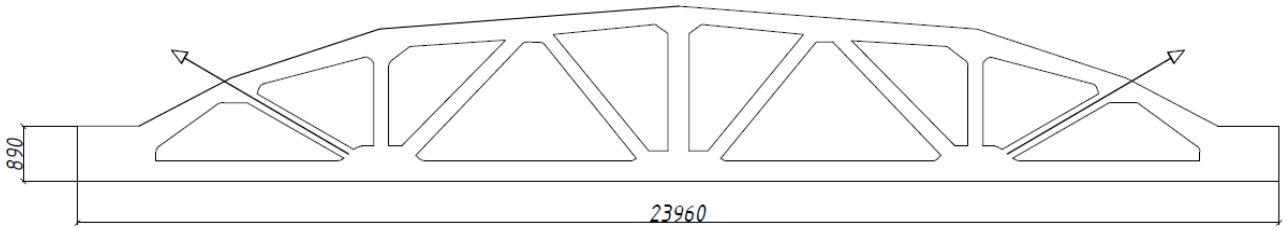


Рис. 1. Схема отвода напряженной арматуры в растянутые раскосы

Для примера просчитана сегментная ферма пролетом 24 м из бетона В30 с предварительно напряженной арматурой К1500 и ненапрягаемой А400. Расчетная погонная нагрузка $q = 47{,}3\,\frac{\text{кН}}{\text{м}}$. В нижнем растянутом поясе сечением 250×250 мм расчетное усилие $N = 1145{,}5$ кН, принятая рабочая арматура 6Ø15 К1500 с $A_s^{\text{табл}} = 8{,}49$ см^2, усилие трещинообразования $N_{crc} = 786$ кН. Образующиеся трещины в пределах допустимого. В растянутом раскосе сечением 250×250 мм расчетное усилие $N = 101{,}3$ кН. При обычном армировании принято 4Ø12 А400 с $A_s^{\text{табл}} = 4{,}52$ см^2. При усилии от нормативных нагрузок $N_{ser} = 88$ кН < $N_{crc} = 95$ кН трещины не образуются.

При отводе из нижнего пояса 2Ø15 К1500 с $A_s^{\text{табл}} = 2{,}12$ см^2 в растянутый раскос принята конструктивная арматура 4Ø8 А400 $A_s^{\text{табл}} = 2{,}51$ см^2. Поперечное сечение раскоса в связи с усложнением бетонирования не менялось. Экономия арматуры на раскос порядка 50%.

Для сжатого раскоса, при сечении 250×250 мм, расчетное усилие N = 188,4 кН. Рабочая арматура принята конструктивно 4Ø12 А400 $A_s^{\text{табл}} = 4{,}52$ см^2. При закладной решетке сечение принято 200×150 мм, армирование конструктивное 4Ø12 А400. Экономия бетона на раскос 65%.

Плиты покрытий и перекрытий имеют расчетное сечение в виде тавра или двутавра с полкой в сжатой зоне. Такие сечения имеют два случая расчета в зависимости от высоты сжатой зоны бетона. Практически все панели рассчитываются по 1-му случаю, когда граница сжатой зоны находится в полке, и сечение рассчитывается как прямоугольное с размерами, равными габариту тавра. При расчете по этому случаю момент, воспринимаемый сжатой полкой, значительно превосходит момент от внешней нагрузки. Это позволяет провести раздельное бетонирование ребер и полки, т.е. растянутой и сжатой зон бетона с уменьшением класса бетона сжатой зоны при неизменной трещиностойкости конструкции.

Для примера рассмотрена ребристая плита перекрытия размером 6х1,5м, выполненная из бетона В40 с R_B = 22 МПа загруженная погонной нагрузкой $q = 13\,\frac{\text{кН}}{\text{м}}$ с напрягаемой арматурой А800. Общий расход бетона $V = 0{,}125$ м^3, расход на полку панели $V = 0{,}075$ м^3; при одновременном бетонировании принята рабочая арматура 2Ø14 А800 с $A_s^{\text{табл}} = 3{,}08$ см^2; при отдельном бетонировании, с использованием в полке бетона В20 с R_B = 14,5 МПа, также по расчету принята арматура 2Ø14 А800, т.е. экономия достигнута за счет уменьшения класса бетона сжатой зоны. Она составила приблизительно 10%.

На основе выше изложенного можно сделать вывод, что к одному из перспективных направлений снижения стоимости железобетонных конструкций можно отнести уменьшение веса и расхода бетона конструкций за счет уменьшения размеров поперечного сечения элементов, наиболее полно использовать положительное свойство бетона хорошо воспринимать сжимающие усилия. При этом, снижение веса элементов должно иметь качественный характер, то есть железобетонные элементы должны удовлетворять всем требованиям по надежности, качеству выполнения и безопасности для жизни и здоровья людей

Список использованных источников

1. Байков, В. Н. Железобетонные конструкции: Общий курс : учебное для вузов / В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов. – 5-е изд. – М. : Стройиздат, 1991. – 767 с.

2. Кудзис, А. П. Железобетонные и каменные конструкции : учебник : в 2-х ч. Ч. 2. Конструкции промышленных и гражданских зданий и сооружений / А. П. Кудзис. – М. : Высшая школа, 1989. – 269 с.

3. Железобетонные и каменные конструкции [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство». – М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. – 41 с. – URL : http://www.iprbookshop.ru/72586.html

4. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 года № 832/пр. : введен в действие с 20 июня 2019 года. – 124 с.

УДК 699.865
67.29: Объекты строительства

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ, ПРИМЕНИМЫЕ ДЛЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Щекина Дарья Леонидовна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», студент-магистрант
e-mail: d.shekina@yandex.ru

Киселева Олеся Анатольевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: kiseleva_oa@rambler.ru

Задумываться об экономии энергоресурсов люди начали в конце XX и начале XXI века после мирового энергетического кризиса, который стал толчком к разработке энергосберегающих технологий. По данным ряда экспертов, запасов основных источников углеводородов (газа, угля, нефти) осталось на 50 – 80 лет, что заставило многих людей задуматься о разумном потреблении энергетического сырья. 26% всей потребляемой энергии идет на услуги ЖКХ, поэтому одним из направлений по снижению потреблений энергетического сырья является повышение энергоэффективности зданий [1].

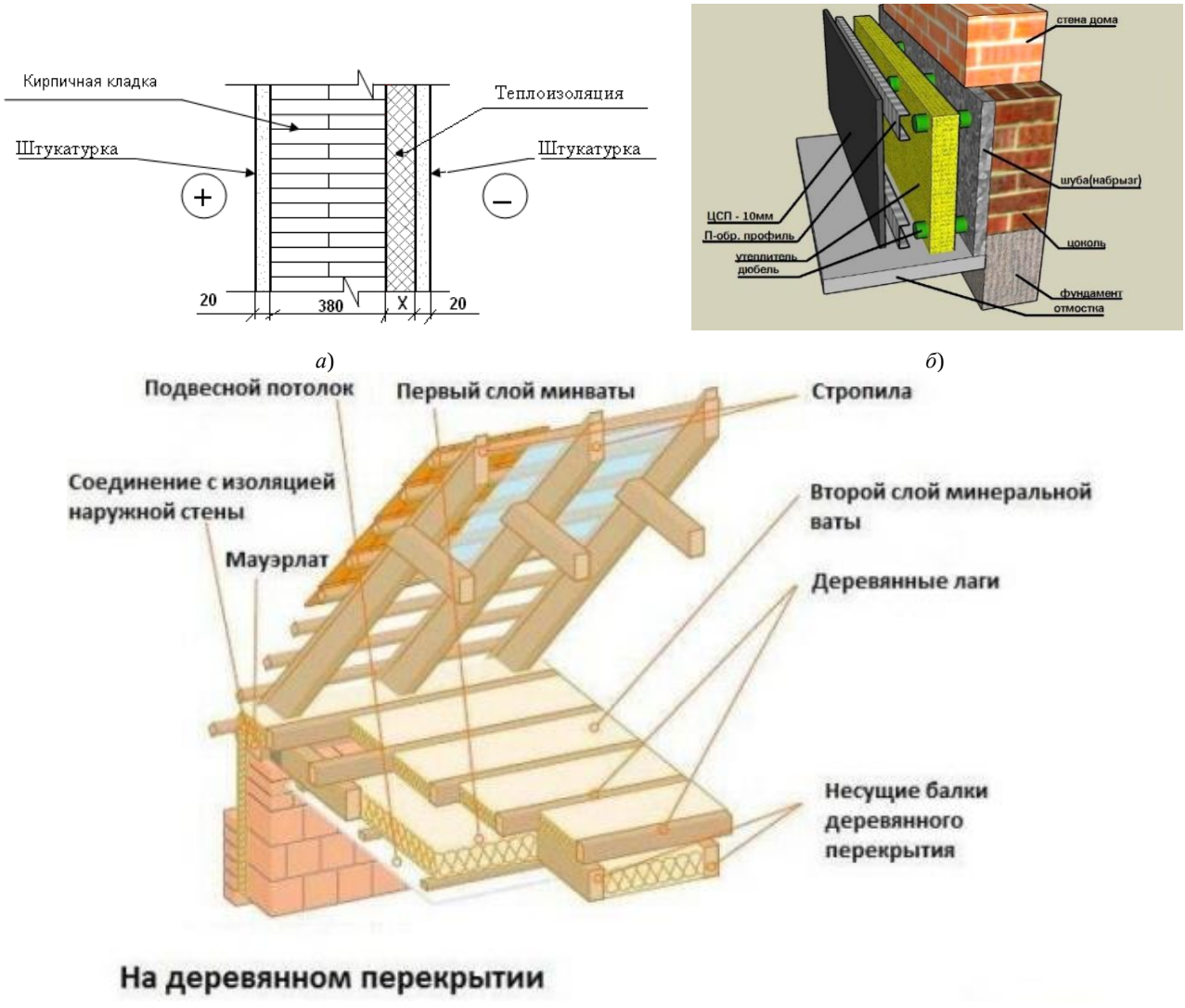
Методы повышения энергоэффективности делятся на две группы активные и пассивные. Рассмотрим их более подробно.

Активные методы подразумевает замену традиционных источников энергии на альтернативная или же «зеленая» энергетика. Такая энергия считается огромным прорывом вперед, ведь благодаря ней мы не истощаем запасы полезных ископаемых и не загрязняем воздух продуктами их горения. К ним относится [2]:

- ***Солнечная энергия*** – ее преобразование в электричество происходит с помощью кремниевых фотоэлектрических модулей, которые устанавливают на крышах или открытых территориях. Таким образом можно добыть энергию для отопления, нагревания воды, кондиционирования воздуха и других целей, причем солнечные панели могут вырабатывать энергию даже в снегопад и пасмурную погоду.
- ***Ветряная энергия***. Современные ветряные электростанции по виду напоминают мельницы – с помощью огромных лопастей они преобразуют кинетическую энергию ветра сначала в механическую энергию ротора, а затем в электричество. На сегодняшний день это один из самых перспективных и быстроразвивающихся видов альтернативной энергетики.
- ***Энергия воды***. С конца XIX века энергия воды широко используется для получения электричества – чтобы построить такую станцию, нужно перекрыть русло реки и поднять уровень воды, которая будет приводить в движение турбины, генерирующие ток.
- ***Энергия приливов и отливов***. Волновые электростанции преобразуют потенциальную энергию приливов и отливов в кинетическую энергию пульсаций, которая в свою очередь образует однонаправленное усилие, вращающее электрогенератор. С точки зрения экономики, целесообразным считается возведение приливных станций в регионах с колебанием уровня моря не менее четырех метров.
- ***Градиент-температурная энергетика***. Данный вид электростанций преобразует в энергию перепады температур в толще морей и океанов. Мировой океан поглощает больше половины солнечного света, поступающего на Землю, а разница в температуре теплых поверхностных вод и холодных глубинных потенциально оценивается как источник энергии на 20 – 40 тысяч ватт.
- ***Геотермальная энергетика*** – в данном случае для выработки электроэнергии используется тепло Земли, ведь недра планеты нагревают не только верхние слои литосферы, но и подземные воды, образуя горячие источники с паром. Геотермальные станции не требуют больших финансовых вложений – энергия извлекается с помощью небольших скважин, откуда пар попадает в турбины и приводит установку в движение.
- ***Биоэнергетика*** – этот способ получения энергии заключается в том, чтобы использовать биогаз растительного и животного происхождения с высоким содержанием метана. Он образуется при гниении навоза, а также останков животных и растений.
- ***Водородная энергетика*** – в данной отрасли в качестве средства для зарядки, транспортировки, производства и потребления энергии используется водород.
- ***Энергия осмотической диффузии***. Осмотические электростанции устанавливаются в устьях рек и извлекают энергию из энтропии жидкостей в процессе взаимодействия соленой и пресной воды. Когда концентрация солей выравнивается, возникает избыточное давление, благодаря которому вращаются лопасти турбины.
- ***Гравитационная энергетика*** – преобразование потенциальной энергии гравитационного поля планеты в электроэнергию. На данный момент уже разработан проект гравитационной электростанции, которая представляет собой подъемный кран со стрелами.
- ***Грозовая энергия*** – заключается в приманивании и перенаправления энергии молний в электросеть.

Пассивные методы повышения энергосбережения дома – направлены на уменьшение потерь энергии. К ним относятся [2]:

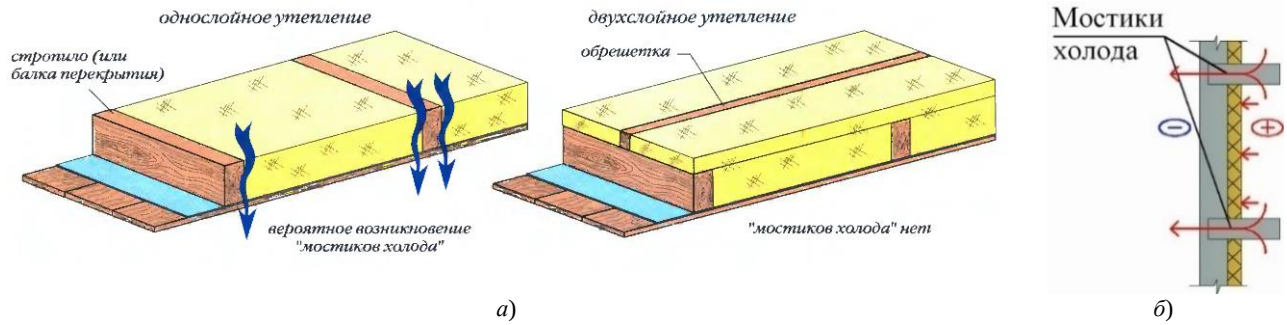
- ***Утепление ограждающих*** конструкций здания позволяет снизить теплопотери на 12 – 15%. Технология «пассивного» дома предусматривает теплоизоляцию не только стен, но и пола, потолка, чердака, подвала и фундамента. Пример схемы утепления приведен на рис. 1



а) *б*) *в*)

Рис. 1. Схемы утепления:
а, *б* – стенового ограждения; *в* – чердачного перекрытия

Очень важно при утеплении зданий убрать «тепловые мостики» (рис. 2), которые возникают вследствие неправильного выполнения технологии утепления или же при применения различных по своим параметрам материалов. Такие участки являются «слабыми звеньями» в теплоизоляции, и через них происходит утечка большого количества тепла. Также должна быть проведена герметизация здания, так как существенная доля тепловых потерь в зданиях приходится на всевозможные щели и отверстия.



а) *б*)

Рис. 2. Образование мостиков холода:
а – в перекрытии; *б* – в стене

- Применение ***энергоэффективного остекления***. Такое остекление представляет собой двух- или трехкамерные конструкции окон, внутрь которых закачен газ, имеющие низкую теплопроводность (рис. 3). Такие компании как «IZOLUX» и «Exprof» являются производителями стеклопакетов, имеющих энергосберегающие экранирующие свойства.
- Применение ***теплых полов*** вместо настенного отопления. Систему ***вентиляции с приборы рекуперации***. Рекуперация – это процесс восстановления или возврата части энергии, которая обычно теряется при выполнении определенной работы. Принцип работы такой системы вентиляции основывается на том, что прибор забирает тепло из выходящего потока и передает его поступающему с улицы (рис. 4).
- Применение ***систем управления энергопотреблением дома***.



а) *б*)

Рис. 3. Вид энергосберегающего стеклопакета (*а*), стеклопакет марки «Exprof Arctica» (*б*)

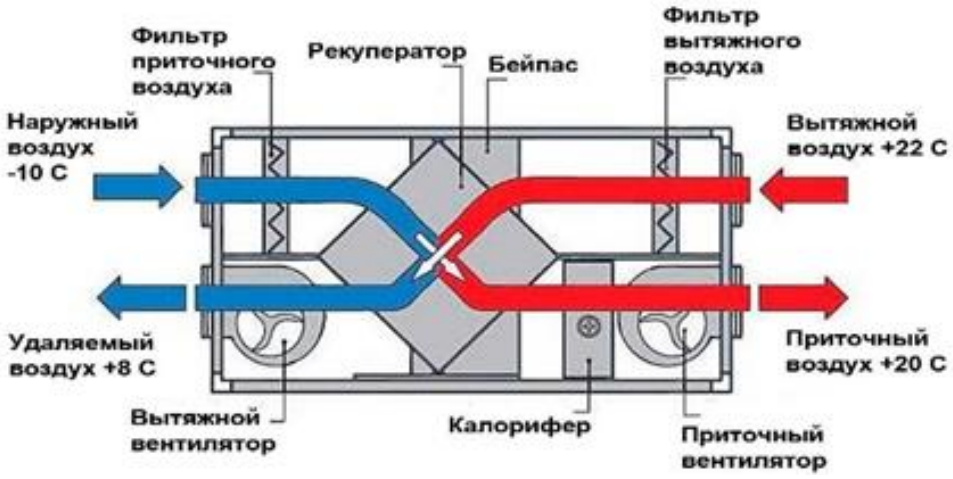
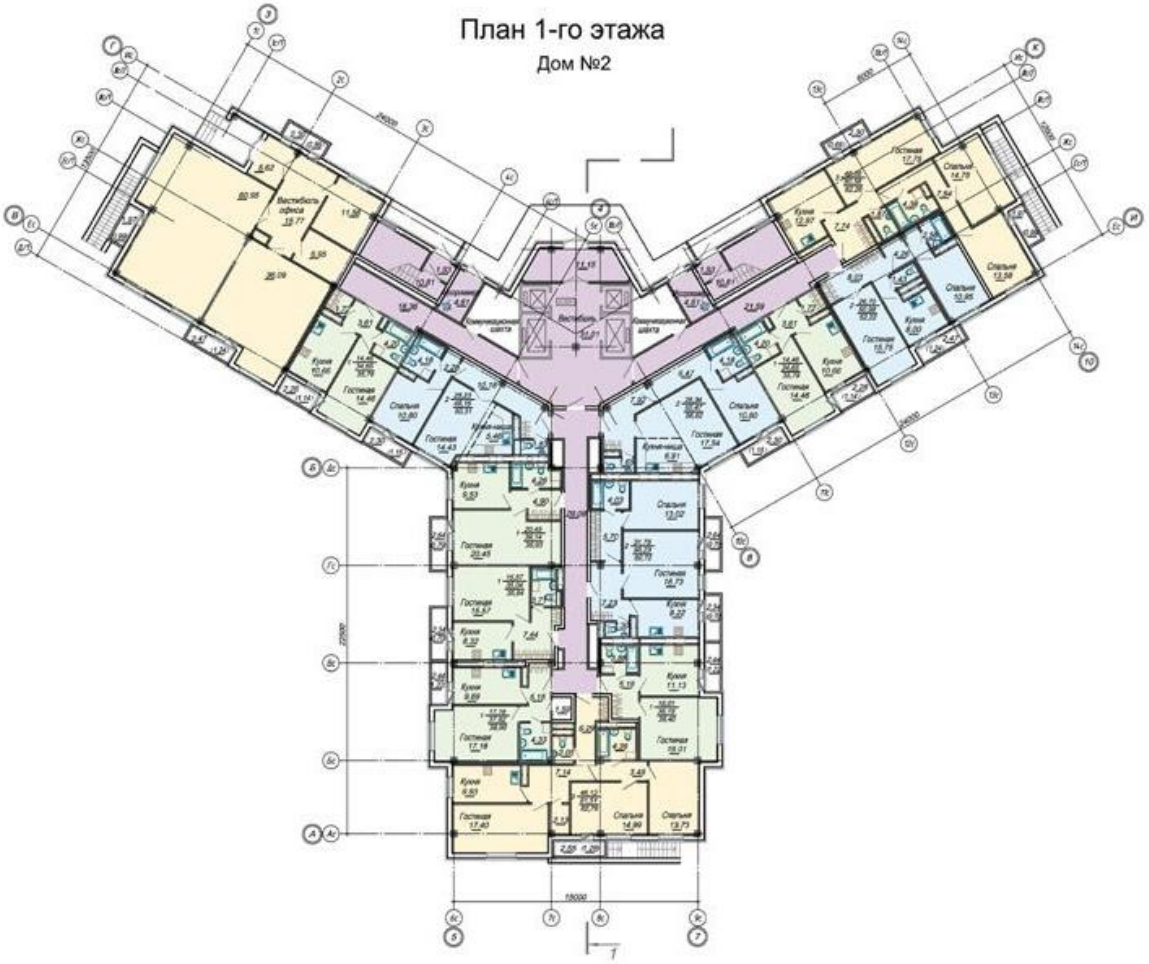
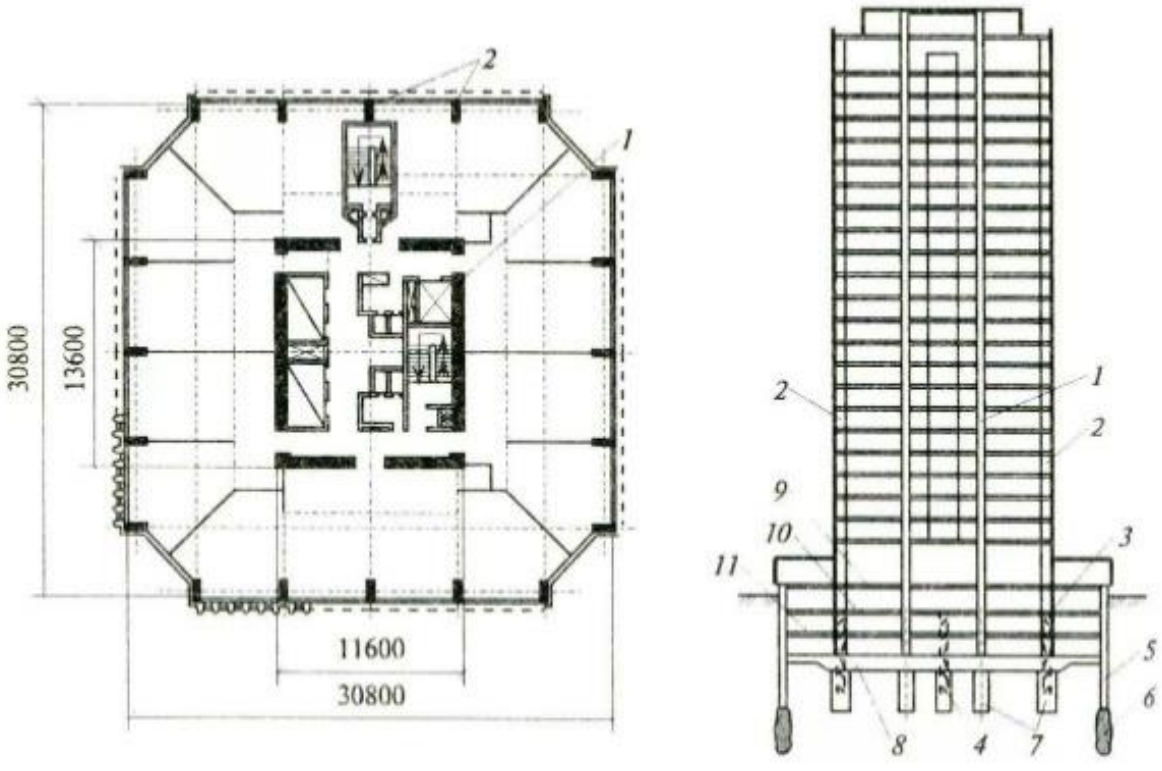


Рис. 4. Схема вентиляции с рекуперацией

- Строительство здания ***правильной формы***, ***ориентации по сторонам света и правильном размещении помещений***. При отсутствии солнечной радиации и ветра, и при отрицательных значениях температуры наружного воздуха наименьшие теплопотери через ограждения обеспечивает сферическая форма здания. Если строительство планируется в зоне с высокой скоростью ветра и преобладающим направлением ветра – север, то стоит обратить внимание на круглую форму здания (рис. 6). При использовании стандартных форм здания наименьших теплопотерь мы достигнем при применении квадратных форм. Для более экономного потребления энергоресурсов следует располагать фасад с большей площадью остекления на юг. При таком расположении за счет инсоляции можно будет снизить энергопотребление на отопление в холодный период, а в теплый – снизить потребление электроэнергии. Лучевое расположение квартир (рис. 5, *а*) позволяет размещать большее количество квартир на этаже без удлинения вне квартирных коммуникаций. Это обеспечивает уменьшение периметра наружных стен на единицу общей площади дома. Также на снижение теплопотерь влияет расположение лестнично-лифтового узла (ЛЛУ) (рис. 5, *б*). При его внутреннем размещении теплопотери здания снижаются за счет устранения неконтролируемого отапливаемого пространства. Наиболее рациональным соотношением длины и ширины комнаты является соотношение в пределах 1,4 – 1,6.



а)



б)

Рис. 5. Объемно-планировочные решения:
а – трехлучевое расположение квартир; *б* – внутреннее расположение ЛЛУ

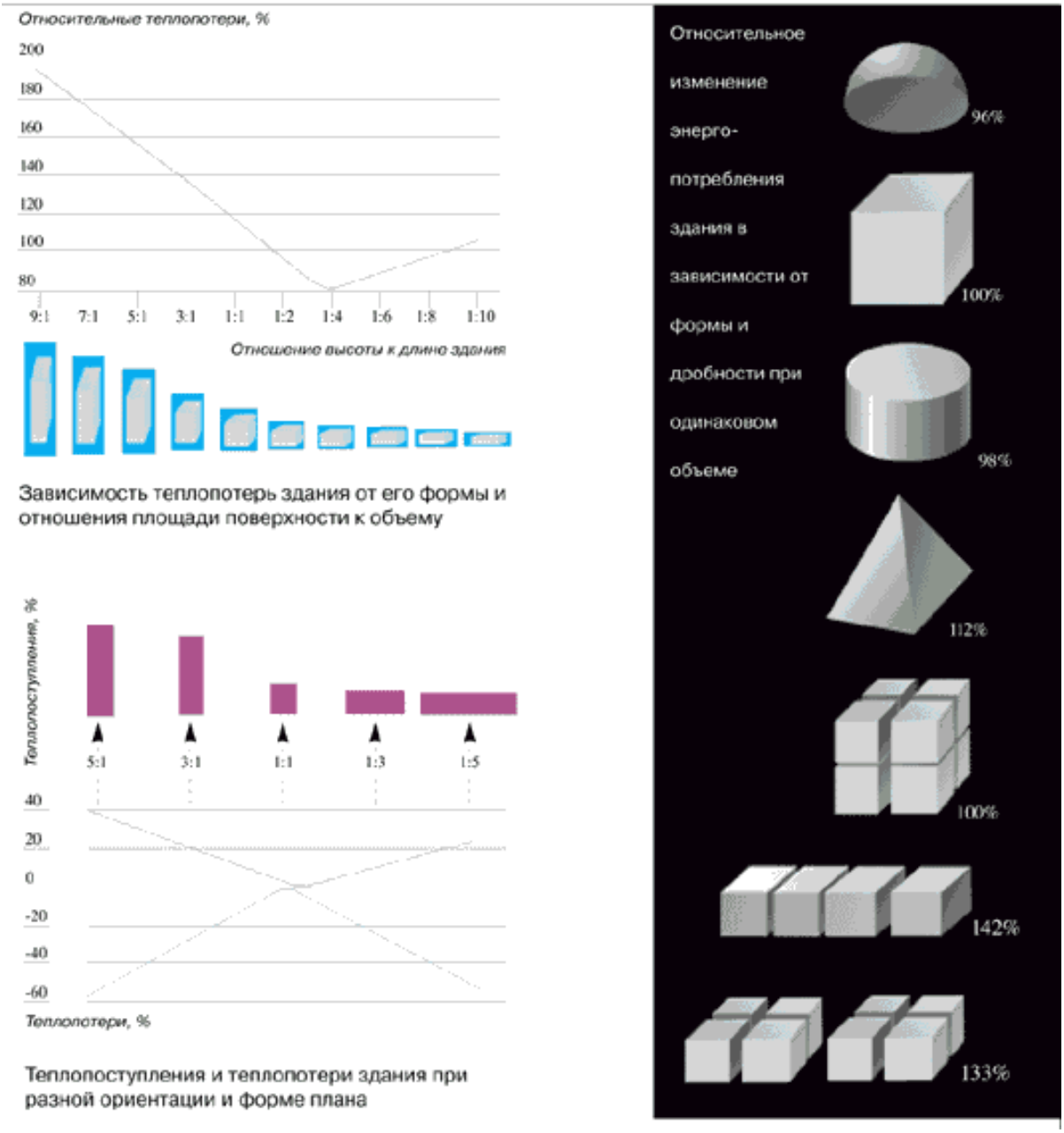


Рис. 6. Современное представление архитекторов о влиянии ориентации и формы здания на его теплопотребление

Наилучшие результаты можно получить путем комбинации активных и пассивных методов энергоэффективности. Выбор решений будет зависеть от района строительства, географического местоположения и назначения здания.

В наши задачи входило повысить энергоэффективность жилого двухэтажного четырехквартирного дома, предполагаемое место строительства которого является г. Тамбов,. План и фасад здания представлены на рис. 7.

Город Тамбов находится в центрально- черноземном регионе России на равнине, поэтому в качестве активных методов мы примем: солнечную энергию и геотермальную энергетику. В нашем случае солнечная энергия будет преобразована в электрическую энергию. Геотермальная энергетика будет заключаться в преобразовании тепла верхних слоев земной кары с помощью тепловых насосов и коллектора, уложенного на глубину около метра, в тепловую энергию, идущую на обогрев воды и отопление здания. Ее применение позволит перекрыть до 50% требуемого тепла в зимний период.

Биоэнергетика тоже доступна в данном районе, но она применима не для всех типов зданий. Ее целесообразно использовать для ферм или группы домов, находящихся в лесном массиве.

Наилучшие результаты будут достигнуты, если к активным методам подключить пассивные методы энергоэффективности. Они позволят снизить теплопотери в здании. И тем самым альтернативные источники энергии будут практически полностью перекрыть потребности здания в тепловой энергии.

В качестве пассивных методов для нашего здания были приняты следующие мероприятия: утеплении всех ограждающих конструкций здания, устройство энергоэффективного остекления, применение системы вентиляции с приборы рекуперации.



Планы первого и второго этажей

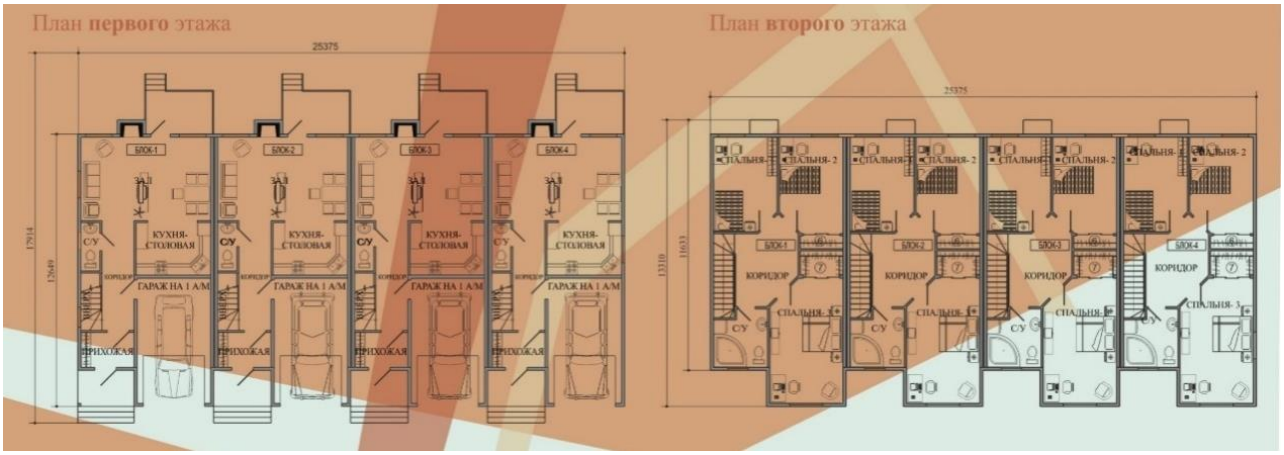


Рис. 7. Фасад и план жилого двухэтажного четырехквартирного дома

Список использованных источников

1. Технологии строительства и реконструкции энергоэффективных зданий / Г. М. Бадьин, С. А. Сычев, Г. Д. Макаридзе. – СПб. : БХВ-Петербург, 2017. – 464 с.: ил. – (Строительство и архитектура)
2. https://trends.rbc.ru/trends/green/609e76449a7947f4755ac9dc
3. Молодой ученый. Международный научный журнал. – 2023. – № 51(498).

СЕКЦИЯ 3

СОВРЕМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 69.003.13
67.01.11: Современное состояние и перспективы развития

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ

Агеева Ярослава Дмитриевна
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», ассистент кафедры Технологии и организации строительства
e-mail: *ya.ageyeva@sibstrin.ru*

В статье раскрывается технологический аспект материально-технического обеспечения (МТО) строительства, который связан с внедрением цифровых инструментов для автоматизации планирования и контроля поставок. Использование BIM-технологий или технологий информационного моделирования (ТИМ) позволяет интегрировать данные о материалах в единую информационную модель объекта, что минимизирует ошибки проектирования и сокращает время согласований [5]. Однако на сегодняшний день применение ТИМ сталкивается с рядом системных ограничений, одним из которых является фрагментарный подход к цифровизации строительных процессов [4].

Согласно исследованию Центра компетенций по ТИМ, процент застройщиков, применяющих информационное моделирование на каждом из этапов жизненного цикла объектов капитального строительства (ОКС) на первый квартал 2025 года составил 38%. Среди них 1% использует ТИМ на предпроектном этапе, 88% – на этапе проектирования, 10% – на этапе строительства, 1% – для эксплуатации объектов. Низкий процент применения технологий информационного моделирования (ТИМ) на этапе строительства подтверждает разрыв между цифровым двойником и реальными процессами на строительной площадке. На этапе проектирования модель функционирует в идеализированных условиях, тем не менее, в ходе строительства возникают непредвиденные факторы: изменения в поставках материалов, погодные условия, человеческие ошибки, требующие оперативной корректировки планов. Цифровая информационная модель (ЦИМ) ОКС, не адаптированная к постоянным изменениям, теряет актуальность, что приводит к несогласованности между цифровым и физическим объектом. Использование ТИМ для решения конкретных задач, связанных с планированием МТО, также осложнено отсутствием стандартизированных процедур интеграции графиков поставок с ЦИМ ОКС. Наконец, согласно п. 10.5 СП 301.1325800.2017, требуется выгрузка графика поставок материально-технических ресурсов (МТР) в среду общих данных (СОД), но единая методика их привязки к ЦИМ на этапе проектирования и строительства находится в разработке.

Сущность пространственно-временного моделирования (4D-моделирования) в строительстве заключается в интеграции календарного графика и трехмерной модели строительного объекта, что позволяет визуализировать последовательность работ, улучшить взаимодействие между участниками проекта, предотвратить ошибки в организации строительных процессов, минимизировать конфликты на площадке и обеспечить прозрачность всех этапов строительства [6]. Актуальность исследования подтверждается необходимостью создания методики разработки цифровой проектной документации.

Цель исследования – разработка алгоритма проектирования 4D-модели ОКС, объединяющей 3D-модель, календарный график и спецификации материалов для автоматизированной выгрузки данных для планирования МТО.

Рассмотрение вопросов планирования МТО, играет критически важную роль в создании сквозной цифровой методологии. Разработка алгоритма позволит устранить семантический разрыв между проектными и строительными моделями путем синхронизации данных о материалах, сроках и объемах работ, обеспечить динамическую актуализацию моделей с учетом реальных параметров строительства, таких как корректировка поставок, при изменении темпов монтажа, а также повысить точность прогнозирования потребности в ресурсах за счет привязки к 4D-модели.

Исследование базируется непосредственно на методологии информационного моделирования и экономико-математической модели управления запасами. Базовая модель управления запасами предприятия характеризуется рядом случайных величин, таких как величина спроса на материальные ресурсы, сроки поставки материалов, технологические задержки, возникающие в ходе выполнения строительно-монтажных работ (СМР) [3]. Спрос на материалы обуславливается стохастической природой потребления, которая отражает неопределенность, связанную с изменением темпов строительства, таким образом можно сделать вывод о взаимосвязи перечисленных выше случайных величин, что наталкивает на мысль о необходимости учета динамического взаимодействия данных о текущем статусе выполнения СМР и графиков поставки материалов. Данные синхронизируются через общие параметры, такие как временные метки выполнения операций и нормы расхода материальных ресурсов.

Интеграция достигается за счет внедрения единой методики проектирования 4D-модели строительного объекта, где данные о ходе работ (например, процент завершения этапа) и параметры поставок (сроки, объемы) связаны через централизованную цифровую платформу, обеспечивающую синхронизацию информации между всеми участниками проекта в режиме реального времени.

Для наглядного представления взаимосвязей между этапами разработки ЦИМ ОКС, целью которой является автоматизированная выгрузка графиков поставки материальных ресурсов, представлена схема алгоритма процесса разработки ЦИМ ОКС с целью формирования графиков МТО, иллюстрирующая интеграцию данных между 3D-моделированием, формированием спецификаций и календарным планированием (рис. 1).

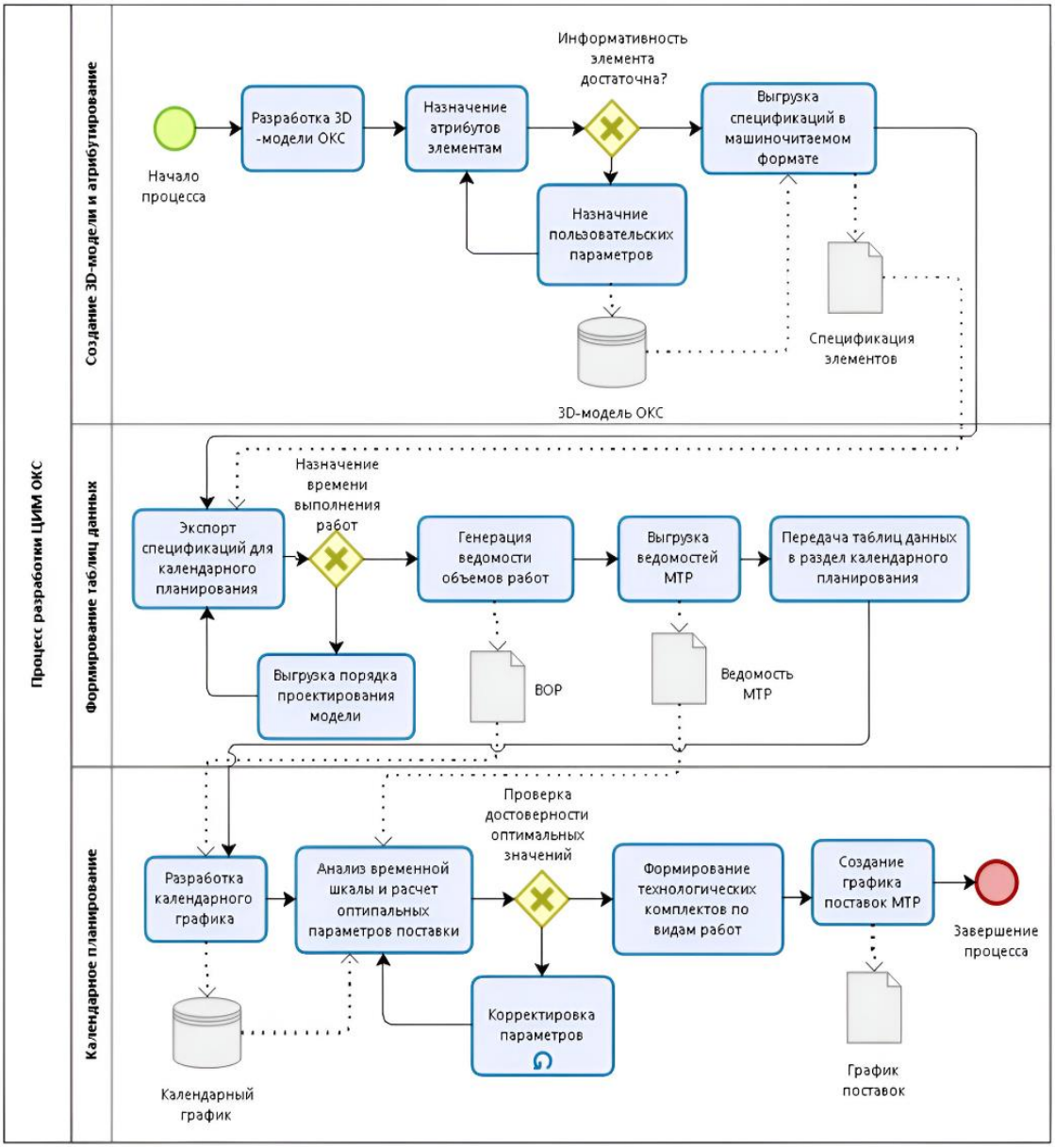


Рис. 1. Схема процесса разработки ЦИМ ОКС: интеграция данных между 3D-моделированием, формированием спецификаций и календарным планированием

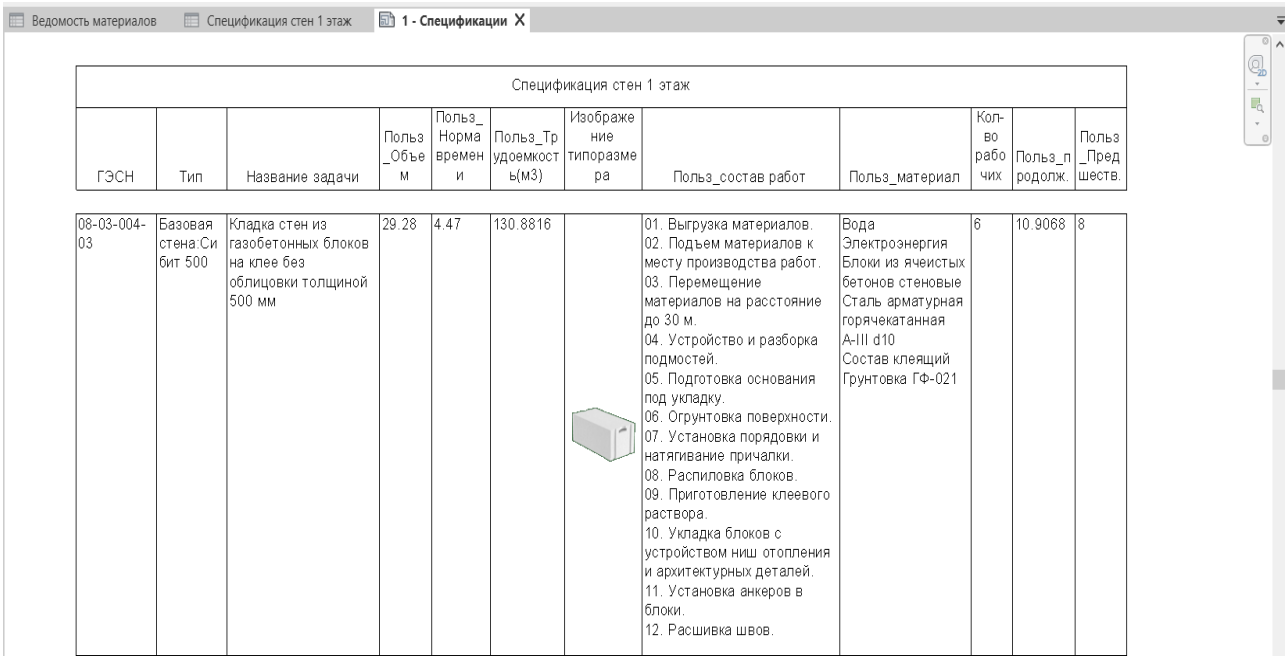
Из рисунка 1 видно, что процесс разработки ЦИМ ОКС структурирован в три ключевых этапа. На первом этапе начальной задачей является формирование 3D-модели строительного объекта, содержащей данные о геометрии элементов модели (фундамент, стены, перекрытия, инженерные системы и т.д.), которые становятся основой для назначения атрибутов согласно требованиям СП 333.1325800.2020. На данном этапе процесса разработки ЦИМ обращается особое внимание на корректность моделирования для минимизации пространственных коллизий.

Стоит отметить, что на каждом из трех этапов процесса проектирования модели находятся исключающие шлюзы, выполняющие функцию контрольных точек, где система принимает решение о переходе к следующему этапу либо о необходимости доработки текущих результатов. Конечной целью разработки ЦИМ ОКС является выгрузка данных для формирования календарных графиков (график выполнения СМР и график поставки МТР) в составе проекта производства работ (ППР). В связи с этим, процесс валидации включает ключевые контроль-

ные точки, направленные на последовательную проверку наличия всех обязательных атрибутов элементов модели с помощью программных комплексов для автоматизированной проверки данных ЦИМ. Подобный функционал представлен в ряде отечественных программных комплексах (Pilot-BIM, Larix.Manager, CADlib «Модель» и «Архив»). При недостатке информации выполняется добавление атрибутов для повышения геометрической детализации модели, после чего процесс возвращается к этапу верификации.

Завершающей задачей первого этапа является выгрузка спецификаций в машиночитаемом формате (CSV, XML). Особенностью формирования спецификаций выступает комплексный подход, сочетающий использование стандартизированных шаблонов для типовых элементов с возможностью гибкой настройки пользовательских параметров. Это обеспечивает поддержку многоуровневой детализации (от уровня проработки ЦИМ «Проектная модель (В)» к уровню «Строительная модель (С1)») в соответствии с требованиями проектной документации, при этом система автоматически контролирует заполненность всех обязательных полей.

Второй этап процесса направлен на заполнение, корректировку и выгрузку ведомостей объемов работ (ВОР) и затем ведомостей потребности МТР (формирование таблиц данных) на основе полученных спецификаций монтажных элементов (рис. 2). Данные объекты данных используются не только для формирования календарного графика на третьем этапе, но и включаются в пояснительную записку в составе проектной документации. Исключающий шлюз на втором этапе направлен на проверку пользовательских атрибутов модели, связанных со временем выполнения СМР (пользовательский параметр «Продолжительность») в заданной последовательности (пользовательский параметр «Предшественник») согласно утвержденным технологическим картам для соответствующих видов работ.


Ведомость материалов | Спецификация стен 1 этаж | 1 - Спецификации

Спецификация стен 1 этаж

ГЭСН	Тип	Название задачи	Польз_Объем	Польз_Норма времени	Польз_Трудоемкость(м3)	Изображение типоразмера	Польз_состав работ	Польз_материал	Кол-во рабочих	Польз_продолж.	Польз_Предшеств.
08-03-004-03	Базовая стена:Сибит 500	Кладка стен из газобетонных блоков на клее без облицовки толщиной 500 мм	29.28	4.47	130.8816		01. Выгрузка материалов. 02. Подъем материалов к месту производства работ. 03. Перемещение материалов на расстояние до 30 м. 04. Устройство и разборка подмостей. 05. Подготовка основания под укладку. 06. Огрунтовка поверхности. 07. Установка порядовки и натягивание причалки. 08. Распиловка блоков. 09. Приготовление клеевого раствора. 10. Укладка блоков с устройством ниш отопления и архитектурных деталей. 11. Установка анкеров в блоки. 12. Расшивка швов.	Вода Электроэнергия Блоки из ячеистых бетонов стеновые Сталь арматурная горячекатанная А-III d10 Состав клеящий Грунтовка ГФ-021	6	10.9068	8

Рис. 2. Пример выгружаемой ведомости с указанием перечня потребляемых материальных ресурсов

Цикл оптимизации на этапе календарного планирования подчеркивает итеративную настройку параметров поставки до достижения конкретных значений. Для проверки параметров используется формула (1) определения оптимального объема поставки, разработанная на основе уравнения определения величины производственных запасов материальных средств на складе и формула (2) оптимального интервала между поставками согласно методике управления запасами [1, 2]:

$$q_0 = Q \times \frac{(t_н - t_з)}{T} k_1 \times k_2 \times \mu, \quad (1)$$

где q_0 – оптимальный размер заказа, т; Q – общий расход ресурса за заданный период времени, т; $t_н$ – норматив запаса материала на строительной площадке при заданном типе доставки груза, дни; $t_з$ – максимальное время задержки доставки, дни; T – время потребности в ресурсе, дни; k_1 – коэффициент неравномерности потребления ресурса, принимается равным 1,3; k_2 – коэффициент неравномерности поставки ресурса, принимается равным 1,1; μ – коэффициент грузоподъемности транспортного средства, принимается в зависимости от класса перевозимого груза.

$$I_0 = T \times \frac{q_0}{Q} - (t_н + t_з), \quad (2)$$

где I_0 – оптимальный интервал между заказами, дни.

Описанные выше формулы используются для настройки пользовательских расчетных параметров модели (рис. 3).

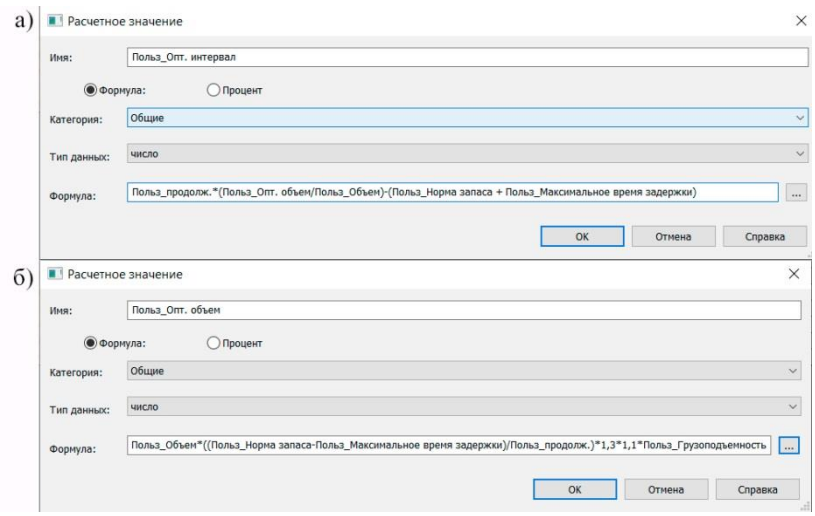


Рис. 3. Окна настройки расчетных значений оптимального интервала между поставками (*а*) и оптимального объема поставок (*б*)

Результатом этапа являются машиночитаемые таблицы, которые загружаются в программы с функцией календарного планирования (Microsoft Project, Spider Project, Plan-R), где, при необходимости, перечень планируемых работ укрупняется или детализируется в соответствии с требованиями проекта (рис. 4). Интеграция данных из ЦИМ ОКС позволяет синхронизировать временные параметры выполнения работ с ресурсным обеспечением, что исключает риски несоответствия между графиками и фактическими возможностями стройплощадки.

	Режи задач	Название задачи	Длительнос	Начало	Окончание	Преды	Названия ресурсов
1		Кладка стен из газобетонных блоков на клее без облицовки толщиной 500 мм	10,91 дней	Пн 05.05.25	Пн 19.05.25		Вода[1]; Электроэнергия[1];Б
2		Кладка стен из газобетонных блоков на клее без облицовки толщиной 500 мм	11,8 дней	Пн 19.05.25	Ср 04.06.25	1	Вода[1]; Электроэнергия[1];Б
3		Кладка стен из газобетонных блоков на клее без облицовки толщиной 500 мм	11,8 дней	Ср 04.06.25	Пт 20.06.25	2	Вода[1]; Электроэнергия[1];Б
4		Кладка стен из газобетонных блоков на клее без облицовки толщиной 500 мм	9,66 дней	Пт 20.06.25	Пт 04.07.25	3	Вода[1]; Электроэнергия[1];Б
5		Кладка стен из газобетонных блоков на клее без облицовки толщиной 500 мм	9,72 дней	Пт 04.07.25	Чт 17.07.25	4	Вода[1]; Электроэнергия[1];Б
6		Кладка стен из газобетонных блоков на клее без облицовки толщиной 500 мм	8,23 дней	Чт 17.07.25	Ср 30.07.25	5	Вода[1]; Электроэнергия[1];Б
7		Кладка стен из газобетонных блоков на клее без облицовки толщиной 500 мм	9,03 дней	Ср 30.07.25	Вт 12.08.25	6	Вода[1]; Электроэнергия[1];Б
8		Кладка стен из газобетонных блоков на клее без облицовки толщиной 500 мм	10,17 дней	Вт 12.08.25	Вт 26.08.25	7	Вода[1]; Электроэнергия[1];Б
9		Кладка стен из газобетонных блоков на клее без облицовки толщиной 500 мм	6,63 дней	Вт 26.08.25	Ср 03.09.25	8	Вода[1]; Электроэнергия[1];Б

Рис. 4. Результат выгрузки машиночитаемых данных в формате CSV (выполнено с использованием программы Microsoft Project)

Благодаря тому, что материальные ресурсы, назначенные на соответствующие виды работ, наследуют параметры времени от элементов ЦИМ ОКС, появляется возможность формирования диаграммы потребности (Рис. 5) и определения периодов планирования поставки для каждой позиции из ведомости МТР. Данная функция используется для получения данных о периодах потребности в материалах и выгрузки актуальных графиков поставки с учетом фактического состояния запасов в соответствии с динамикой выполнения работ на строительной площадке.



Рис. 5. Сводная диаграмма потребности в материалах

Проведенное исследование показало, что система уровней проработки цифровых информационных моделей, описанная в таблице 5.1 СП 333.1325800.2020, требует доработки. Для эффективного использования ЦИМ на этапе строительства необходимо более детальное наполнение модели атрибутами на этапе проектирования, включая параметры, связанные с динамикой выполнения работ и логистикой поставок на строительном объекте, чтобы обеспечить непрерывную интеграцию данных на всех стадиях жизненного цикла ОКС. Это подчеркивает необходимость дальнейшего совершенствования методологии формирования цифровых двойников, что является одной из приоритетных задач в области цифровизации строительства в рамках программы «Приоритет-2030».

Предложенный алгоритм проектирования 4D-модели ОКС демонстрирует потенциал для оптимизации процессов планирования МТО, однако его эффективность требует проверки в реальных условиях. Тестирование алгоритма на действующих строительных проектах позволит количественно оценить процент оптимизированных процедур при разработке документации, выявить возможные ограничения в интеграции данных и определить степень адаптивности модели к непредвиденным факторам.

Список использованных источников

1. Агеева, Я. Д. Совершенствование систем материально-технического снабжения на строительной площадке / Я. Д. Агеева, А. В. Иконникова, А. А. Лапидус // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2023. – № 4(772). – С. 58 – 74.
2. Беккер, А. В. Иммитационные модели оценки спроса, производства и транспортировки строительных материалов и изделий / А. В. Беккер // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1995. – № 5. – С. 86 – 89.
3. Бродецкий, Г. Л. Экономико-математические методы и модели в логистике. Процедуры оптимизации : учебное пособие / Г. Л. Бродецкий., Д. А. Гусев – М. : Издательский центр «Академия», 2012. – 84 с.
4. Мусиенко, Ю. И. BIM-стратегия и тактика в архитектурном вузе / Ю. И. Мусиенко, Е. И. Мусиенко // Творчество и современность. – 2019. – № 1(9). – С. 118 – 124.
5. Фонтокина, В. А. Роль BIM-технологий в организации и технологии строительства / В. А. Фонтокина, А. А. Савенко, Е. Д. Самарский // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14, № 1.
6. Федосов, С. В. Цифровой проект организации строительства: понятие, современные требования, программное обеспечение / С. В. Федосов, Л. А. Опарина, В. Н. Федосеев // Academia. Архитектура и строительство. – 2024. – № 2. – С. 143 – 149.

УДК 691.322
67.09.05: Общая характеристика и классификация строительных материалов и изделий. Материаловедение

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО МИКРО- И НАНОДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЯ

Артамонова Ольга Владимировна
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор кафедры «Химии и химической технологии материалов»
e-mail: *ol_artam@rambler.ru*

Закатов Артем Борисович
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», аспирант
e-mail: *zakatovartem@yandex.ru*

В настоящее время наибольший научный и практический интерес вызывают исследования, посвященные самовосстанавливающимся цементным композитам. Способность цементных композитов к самовосстановлению может быть реализована при модифицировании цементных систем твердения микро- и нанодобавоками, а также использованием специальных технологий самовосстановления. Ранее в наших работах мы подробно рассматривали отечественный и зарубежный опыт исследований этой проблемы [1 – 4]. В таблице 1 представлен обзор наиболее применяемых микро- и нанодобавок, а также методов для аутогенного самовосстановления цементных композитов [2 – 9].

Целью данной работы является экспериментальный подбор комплексных микро- и нанодобавок для модифицирования цементных систем твердения при аутогенном самовосстановлении. На этом этапе изучена кинетика набора прочности на сжатие для различных модифицированных цементных систем. В таблице 2 представлены состав и концентрация исходных компонентов получаемых систем.

1. Обзор применяемых добавок и методов для аутогенного самовосстановления цементных композитов

Комплексные добавки	Продукты самовосстановления / Результаты самовосстановления	Методы исследования / Оцениваемые параметры
Метод введения добавок в цементную смесь – включение добавок на стадии формования смеси		
Расширяющиеся добавки, геоматериалы, химические добавки (всего 10%)	Гидрогранат, кальцит, волокнистые фазы из добавок / Самовосстановление трещин до 0,2 мм	1. Камера или оптический микроскоп (анализ изображения) / Характеристики и скорость заживления трещин. 2. Сканирующий электронный микроскоп / Микроструктура, морфология поверхности заживляющих веществ и новообразо-ваний. 3. Рентгеновская дифракция / Химический состав заживляющих новообразований. 4. Испытание на сжатие / Восстановление прочности, ударной вязкости, энергии разрушения при повторном испытании восстановившегося образца. 5. Испытание на растяжение / Восстановление прочности, ударной вязкости, жесткости, энергии разрушения при повторном испытании восстановившегося образца
Доменный шлак (66%)	C–S–H, эттрингит, гидрогранат, гидроталцит / Самовосстановление трещин до 30 – 50 мкм	
Летучая зола класса F / летучая зола класса C зола	C–S–H, Кальцит / Самовосстановление трещин до 30 – 50 мкм	
Микроразмерный оксид магния (MgO)	Кальцит, портландит, гидросиликат кальция (C–S–H), эттрингит 1) самовосстановление трещин размером до 500 мкм; 2) уменьшение площади трещин примерно на 74 – 99%	
Добавка на основе сульфоалюмината кальция, кристаллическая добавка на основе SiO_2	$CaCO_3$, C–S–H, эттрингит / сочетание присадок обеспечивает оптимальный результат механического восстановления	
Добавки на основе микрокремнезема, химические расширяющие агенты (ХРА), набухающие минералы	$CaCO_3$, небольшое количество C – S – H / ХРА обеспечивает наибольшую скорость самовосстановления трещин	

2. Основные характеристики исследуемых цементных систем

№ п/п	Обозначение смеси (состав смеси)	В/Ц	Дозировка добавок, % от массы цемента				
			СП	КНД	SikaGrout-B	$Al(OH)_3$	Al_2O_3
1	Ц – В – СП	0,25	0,2	–	–	–	–
2	Ц – В – КНД	0,27	0,2	0,01	–	–	–
3	SikaGrout – В	0,30	–	–	1	–	–
4	Ц – В – СП – $Al(OH)_3$	0,30	1	–	–	0.1	–
5	Ц – В – СП – Al_2O_3	0,30	1	–	–	–	0,1
6	SikaGrout – В – КНД	0,30	0,2	0,01	1	–	–
7	Ц – В – КНД – Al_2O_3	0,30	1	0,01	–	–	0,1

Получение образцов осуществляли путем перемешивания портландцемента с жидким затворителем, содержащим микро- и нанодобавки. Водоцементное отношение (В/Ц) для каждой системы подбиралось на основании показателя нормальной густоты цементного теста. Полученную смесь заливали в металлические формы кубического сечения 50×50×50 мм, уплотнение смеси производили с помощью вибростола в соответствии с требованиями ГОСТ 310.4. После формования образцы помещали в камеру нормального твердения (T = 21 °C, W = 100%), где они выдерживались в течение необходимого времени (1, 3, 7, 14, 28 суток, 3 месяца) до испытаний.

В качестве исходных компонентов использовали: портландцемент (Ц) ЦЕМ I 42,5; промышленную сухую смесь SikaGrout®-212; водопроводную воду (В); суперпластификатор марки Sika®ViscoCrete® 20 HE; комплексную наноразмерную добавку (КНД), состоящую из частиц SiO_2 со средним диаметром $d_{ср}$ ~ 10 нм и СП; гидроксид алюминия ($Al(OH)_3$) со средним размером частиц ~ 50 нм и СП; оксид алюминия (Al_2O_3) со средним размером частиц ~ 100 нм и СП; а также их комбинации. Синтез КНД, $Al(OH)_3$, Al_2O_3 осуществлялся золь-гель методом, который подробно изложен в работе [10]. Наноразмерный оксид алюминия получали из предварительно синтезированного гидрозоля алюминия, который подвергали высушиванию с последующим отжигом в муфельной печи при температуре 900 °C (фазовый состав контролировали методом рентгеновской дифракции). Сухой оксид алюминия вносили в воду затворения вместе с СП и перемешивали магнитной мешалкой.

Анализ формы и размеров частиц, получаемых нанодобавок проводился с использованием лазерного анализатора Analysette 22. Изучение процессов агломерации наночастиц в используемых комплексных добавках проводилось с помощью спектрометра Photocor Complex, что позволило оценить скорость агломерации и стабильность получаемых комплексных добавок. Фазовый состав полученных гидрозолей алюминия и оксида алюминия определяли методом рентгеновской дифрактометрии (дифрактометр ARL X'TRA, обработку полученных дифрактограмм выполняли автоматически с использованием программы PDWin 4.0). Прочность при сжатии модифицированного цементного камня оценивали по результатам испытаний образцов-кубов размером 5×5×5 см через 1, 3, 7, 14, 28 суток, 3 месяца твердения в нормальных условиях (t = 21 °C, W = 95 – 98%) на испытательной машине INSTRON Sates 1500HDS (универсальная 4-колонная напольная гидравлическая испытательная система, оснащенная цифровой системой управления и регистрации данных). Для обеспечения статистической достоверности результатов физико-механических испытаний число образцов в сериях составляло 6. Внутри серийная изменчивость результатов испытаний составляла 2 – 4%. Полученные экспериментальные результаты кинетики набора прочности на сжатие представлены в табл. 3.

В течении всего периода твердения для модифицированных цементных систем наблюдается постепенное увеличение прочностных характеристик. Установлено, что по прошествии 28 суток максимальное значение $R_{сж}$ достигается в системах 5 (Ц – В – СП – Al_2O_3) и 2 (Ц – В – КНД) оно составляет, соответственно 96,4 и 92,7 МПа. После 3 месяцев твердения максимальное значение показателя $R_{сж}$ достигается в трех системах (SikaGrout – В, Ц – В – КНД, Ц – В – СП – Al_2O_3) и составляет 92 – 98 МПа. Таким образом, в системах 2 и 5, модифицированных наноразмерными добавками на основе частиц SiO_2 и Al_2O_3, достигаются высокие значения $R_{сж}$ как на раннем, так и при продолжительном времени твердения, что может способствовать эволюционному развитию этих цементных систем при аутогенном самовосстановлении композитов за счет запускаемых процессов самоорганизации.

Хорошо известно [4, 8 – 10], что химически активные наноразмерные частицы в составе цементных композитов могут действовать как центры зародышеобразования, дополнительно обладая пуццолановой реакционной способностью, могут взаимодействовать с гидроксидом кальция, ускоряя процесс гидратации и закономерно повышая плотность системы, а также способствуют структурированию трехмерной сетчатой цементной матрицы, образуя структуру с более мелкими дефектами, что может перераспределять направление распространения образующихся трещин.

3. Экспериментальные данные набора кинетики прочности на сжатие цементных систем твердения

№	Состав системы / обозначения	Прочность на сжатие, $R_{сж}$, МПа					
		1 сут	3 сут	7 сут	14 сут	28 сут	3 мес.
1	Цемент, вода, суперпластификатор / Ц – В – СП эталон	23,3	39,7	45,2	54,6	61,1	73,0
2	Цемент, вода, комплексная наноразмерная добавка на основе SiO_2 / Ц – В – КНД	54,0	64,1	69,8	83,1	92,7	95,3
3	Расширяющийся цементный раствор SikaGrout-212, вода / SikaGrout-В	18,4	59,4	74,8	76,9	80,8	92,2
4	Цемент, вода, гидроксид алюминия, СП / Ц – В – СП – $Al(OH)_3$	29,8	44,2	56,1	61,0	78,5	-
5	Цемент, вода, Al_2O_3, Суперпластификатор / Ц – В – СП – Al_2O_3	51,1	69.5	78,8	93,8	96,4	98,9
6	Расширяющийся цементный раствор SikaGrout-212, вода, комплексная наноразмерная добавка / SikaGrout – В – КНД	15,1	56,1	69,1	75,7	78,6	83,8
7	Цемент, вода, комплексная наноразмерная добавка, Al_2O_3 / Ц – В – КНД – Al_2O_3	25,1	40,5	57,1	63,4	62,2	-

Таким образом, наночастицы SiO_2 и Al_2O_3 проявляют хороший упрочняющий эффект для изучаемых цементных систем, что указывает на перспективность их применения при аутогенном самовосстановлении цементных композитов.

Список использованных источников

1. Артамонова, О. В. Экспериментальные исследования самовосстанавливающихся цементных композитов. Ч. 1. Методы аутогенного (неавтономного) самовосстановления / О.В. Артамонова, А. Б. Закатов // Химия, физика и механика материалов. – 2024. – № 2(41). – С. 59 – 89.

2. Артамонова, О. В. Современные самовосстанавливающиеся композиционные материалы / О. В. Артамонова, А. Б. Закатов // Современная наука: теория, методология, практика : материалы V-й Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. – Тамбов. 2023. – С. 96 – 98.

3. Закатов, А. Б. Механизмы самовосстановления цементирующих материалов / А. Б.Закатов, О. В. Артамонова // Современные строительные материалы и технологии. – Калининград, 2023. – С. 61 – 65.

4. Артамонова, О. В. Эффективность применения комплексных наноразмерных добавок для цементных систем / О. В. Артамонова, Г. С. Славчева, Е. М. Чернышов // Неорганические материалы. – 2017. – Т. 53, № 10. – С. 1105 – 1110.

5. Zhang, W. Self-healing cement concrete composites for resilient infrastructures: A review / W. Zhang, Q. Zheng, A. Ashour et al. // Composites Part B. 2020. – V. 189. – Pp. 107892.

6. Wu, M. A review: self-healing in cementitious materials and engineered cementitious composite as a self-healing material / Wu M., B. Johannesson, M. Geiker // Construction and Building Materials. 2012. – V. 28(1). – Pp. 571 – 583.

7. Ahn, T. Crack self-healing behavior of cementitious composites incorporating various mineral admixtures / T. Ahn, T. Kishi // Journal of Advanced Concrete Technology. 2010. – V. 8(2). – Pp. 171 – 186.

8. Jiang, Z. Influence of mineral additives and environmental conditions on the self-healing capabilities of cementitious materials / Z. Jiang, W. Li, Z. Yuan // Cement and Concrete Composites. 2015. – V. 57. – Pp. 116 – 127.

9. Wang, J. Self-healing properties of reactive powder concrete with nanofillers / J. Wang, S. Ding, B. Han et al. // Smart Materials and Structures. 2018. – V. 27(11). – Pp. 115033.

10. Артамонова, О. В. Синтез наномодифицирующих добавок для технологии строительных композитов / О. В. Артамонова – Воронеж : Воронежский ГАСУ, 2016. – 100 с.

УДК 691.328.43
67.09.33: Бетоны. Железобетон. Строительные растворы, смеси, составы

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПОЛИЭФИРНОГО ПОЛИМЕРБЕТОНА, АРМИРОВАННОГО СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРОЙ

Бондарев Борис Александрович
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», доктор технических наук, профессор кафедры «Строительное материаловедение и дорожные технологии»
e-mail: *lnsp-48@mail.ru*

Бондарев Александр Борисович
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительное материаловедение и дорожные технологии»
e-mail: *lnsp-48@mail.ru*

Жидков Владимир Константинович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», аспирант
e-mail: *gidkov_vova_1999@mail.ru*

Колобанов Алексей Сергеевич
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительного производства»
e-mail: *kolobanov_as@stu.lipetsk.ru*

В ближайшем будущем железнодорожный транспорт способен значительно увеличить объемы перевозок грузов как внутри страны, так и на международном уровне. Однако существующая практика эксплуатации железнодорожных путей сталкивается с рядом проблем, связанных с использованием древесины для изготовления шпал и элементов стрелочных переводов. Несмотря на широкое распространение деревянных изделий, срок их службы ограничен и сокращается вследствие увеличения интенсивности движения поездов и повышения нагрузок на железнодорожные пути [1].

Анализ научных исследований показывает, что основной причиной преждевременного износа деревянных шпал становятся механические повреждения и процессы гниения. Ежегодная потребность в замене изношенных шпал требует значительных объемов лесозаготовок – около 12 миллионов кубометров деревьев возрастом от 80 до 100 лет, что негативно сказывается на экологии планеты.

Альтернативой деревянным изделиям стали железобетонные конструкции, однако их использование связано с экономическими издержками, обусловленными недостатками материала: высокой массой, хрупкостью, низкой устойчивостью к коррозии и жесткостью, способствующей ускоренному износу подвижного состава [2].

Перспективным решением проблемы стала разработка композитных материалов на основе древесины и стекловолокна. Исследования, проведенные учеными В. И. Харчевниковым, В. И. Кондращенко, Т. Н. Стародубцевой, Б. А. Бондаревым и другими, показали эффективность использования полимербетонов в качестве основы для производства шпал и брусьев стрелочных переводов. Полимербетон ФАМ применяется для шпал, а полиэфирный полимербетон используется для изготовления брусьев. Эти материалы позволяют повысить долговечность и надежность железнодорожных путей, снизить нагрузку на экологию и сократить экономические потери [3].

На рисунке 1 приведен алгоритм выбора материала вышеуказанной конструкции.

На начальном этапе выявляются потенциально опасные производственные факторы, оказывающие влияние на работоспособность элементов конструкции:

– циклические нагрузки, возникающие от проходящего железнодорожного транспорта;
– воздействие температуры и влажности окружающей среды;
– особенности геологических условий местности.

Температурные, влажностные и грунтовые условия эксплуатации в рамках настоящего исследования не рассматривались.

Следующий этап предполагает проведение оценки текущего состояния конструкций посредством технического осмотра.

Далее обосновывается необходимость замены традиционных деревянных и железобетонных шпал и брусьев стрелочных переводов на новые элементы, изготовленные из полимербетона и усиленные предварительно напряженной стеклопластиковой арматурой (СПА). Этот подход позволяет существенно повысить эксплуатационные характеристики, продлить срок службы и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.



Рис. 1. Алгоритм выбора материала конструкций для брусьев стрелочных переводов

При создании матричных структур изучаемых конструктивных элементов используются полиэфирные полимербетоны маркировки ПН-609-21М и ПН-1. Таблица 1 представляет собой свод рекомендуемых рецептур композиционных материалов на основе полиэфирных олигомерных соединений, тогда как табл. 2 включает регламентированные технические параметры и расчетные показатели композитной арматурной продукции на основе стекловолокна.

Экспериментальное исследование осуществляется поэтапно и включает две последовательные стадии. Первая фаза направлена на изучение влияния ключевых независимых переменных – коэффициента армирования (μ) и уровня регулируемого напряжения (σ_{sp}) – на эксплуатационные характеристики композитного железобетонного материала, моделирующего реальные условия функционирования железнодорожных конструкций типа стрелочных переводов. Оценка эффективности процесса производится путем анализа значения критического изгибающего момента стеклопластполимеробетона, соответствующего моменту разрушения тестируемого образца.

1. Рекомендуемые составы полимерных композиционных материалов

Наименование ПКМ		Материал
Полимербетон ПН-609-21М	Полимербетон ПН-1	
Мас., %		
52	52	Щебень
28	28	Песок
22	-	Андезитовая мука
9	9	Смола
8 (от массы смолы)	8 (от массы смолы)	Нафтенат кобальта
4 (от массы смолы)	4 (от массы смолы)	Гипериз
–	11	Молотый кварц
–	–	ПЭПА
–	–	БСК

2. Нормативные и расчетные характеристики стеклопластиковой арматуры

Вид характеристик	Разрывное усилие, кН	Предельная растяжимость ($\varepsilon \cdot 10^{-4}$)	Модуль упругости, МПа
Нормативное значение	39	278,2	50 125
Выборочная дисперсия	2,89	131,41	4 874 130
Выборочное среднее квадратичное отклонение	1,7	11,46	2207,74
Выборочный коэффициент вариации	4,36	4,12	4,4
Коэффициент изменяемости	0,87	0,87	0,86
Расчетное значение	34	242	43 105

3. Характеристики стеклопластиковой арматуры периодического профиля

Номинальный диаметр, мм	Прочность				Модуль упругости, МПа
	Предельная		Расчетная (долговременная)		
	кН	МПа	кН	МПа	
12	100	890	56	500	Не менее 45 000
13	137		77		
16	179		100		
18	226		127		

Методология проведения исследований базируется на строгих научных принципах с использованием метода планированного эксперимента согласно схеме ортогонального плана второго порядка.

Значения уровней изучаемых факторов распределены следующим образом: фактор X_1, представляющий собой степень армирования композита, описывает плотность расположения арматурных элементов, тогда как фактор X_2 отображает параметры контролируемого напряжения стеклопластиковой арматуры (СПА). Интервалы варьирования указанных факторов детально представлены в табл. 4, а конкретная конфигурация плана эксперимента приведена в табл. 5.

4. Уровни варьирования факторов

№ п/п	Фактор	Уровни варьирования		
		–1	0	+1
1	2	3	4	5
1	Коэффициент армирования (μ), %	1,77	3,54	5,31
2	Степень контролируемого напряжения СПА, МПа	413,4	551,2	689,6

Результаты обработки данных, представленных в виде матрицы планирования эксперимента, приведены в табл. 5.

5. Матрица планирования эксперимента

№ опыта	X_0	X_1	X_2	$X_1 X_2$	X_1^2	X_2^2	X
1	+1	–1	–1	+1	1/3	1/3	
2	+1	+1	–1	–1	1/3	1/3	
3	+1	–1	+1	–1	1/3	1/3	
4	+1	+1	+1	+1	1/3	1/3	
5	+1	–1	0	0	1/3	–2/3	
6	+1	+1	0	0	1/3	–2/3	
7	+1	0	–1	0	–2/3	1/3	
8	+1	0	+1	0	–2/3	1/3	
9	+1	0	0	0	–2/3	–2/3	

Эта матрица соответствует математической модели объекта исследования (формула 1):

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_{12}X_1X_2 + B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 = 2{,}021 + 0{,}109X_1 + 0{,}218X_2 + 0{,}089X_1X_2 + 0{,}049X_1^2 - 0{,}115X_2^2, \quad (1)$$

где коэффициенты регрессии составляют:

B_0 = +2,021; B_1 = 0,109; B_2 = 0,218; B_{12} = 0,089; B_{11} = 0,049; B_{22} = -0,115.

Для практических целей математическая модель может быть преобразована из кодированных значений переменных в абсолютные, тогда (формула 2):

$$\text{М} = 8{,}16\sigma_{sp} = 68{,}81\mu + 0{,}037\mu\sigma_{sp} + 15{,}66\mu^2 - 0{,}0061\sigma SP^2 - 650{,}26, \quad (2)$$

Анализ исследуемого уравнения показывает, что максимальный эффект обусловлен коэффициентом регрессии переменной X_2, отражающей уровень регулируемого напряжения. Его значение превышает аналогичный показатель коэффициента X_1, характеризующего степень армирования конструкции, примерно в два раза. Выявлено также, что совместное увеличение среднего значения μ и стандартного отклонения напряжений арматурных элементов σ_{sp} влияет на рост изгибающего момента таким же образом, как и отдельное возрастание любой из этих двух характеристик.

Экспериментальные исследования, посвященные изучению полного жизненного цикла стеклопластполимербетонных строительных изделий, были проведены на специально разработанной испытательной установке. Коэффициенты армирования рассчитывались аналитически, тогда как степень предварительного напряжения стеклокомпозитных армирующих стержней варьировалась в диапазоне от 413,4 МПа до 689 МПа (эквивалентно соответственно $0{,}3R_{ql}$, $0{,}4R_{ql}$ и $0{,}5R_{ql}$), где R_{ql} – нормативное значение предела прочности композитной арматуры при растяжении.

Полученные экспериментальные данные позволяют выявить закономерность воздействия величины предварительного напряжения арматуры на долговечность исследуемых конструктивных элементов. Долговечность оценивалась посредством измерения коэффициента выносливости (индекса усталостной прочности).

Установлено, что повышение степени предварительного напряжения с 413,4 МПа до 689 МПа вызывает рост индекса усталостной прочности приблизительно на 11%. В сравнении с аналогичными элементами, выполненными с использованием традиционной ненапряженной стальной арматуры, значения коэффициента выносливости увеличиваются примерно на 10% при постоянных коэффициентах асимметрии циклических нагрузок ρ_{bn}.

Применение предварительно напряженных композитных материалов обеспечивает повышенную устойчивость конструкции к трещинообразованию путем снижения напряжений в зонах растяжения бетонного массива, способствуя отсрочке появления первичных микроразрушений относительно аналогичных железобетонных структур без предварительной натянутой арматуры. Характер изменения зависимостей коэффициента выносливости от уровня предварительного напряжения имеет тесную корреляционную связь с показателем асимметричности нагружающих циклов.

Зависимость коэффициента выносливости от степени предварительного напряжения СПА при различных коэффициентах асимметрии выглядит следующим образом:

$$K_{b,pul} = 0{,}578 + 0{,}098\sigma_{sp} + 0{,}0625{\sigma_{sp}}^2, \quad (3)$$

при ρ_{bn} = 0,3 (рис. 2).

Уровень армирования оказывает существенное влияние на долговечность конструкционных материалов. Увеличение интенсивности армирования наряду с повышением величины предварительного напряжения арматурных компонентов обусловливает прирост запаса прочности порядка 15%, что свидетельствует о значительном потенциале оптимизации прочностных характеристик композитных конструкций путем рациональной модификации указанных параметров [4].

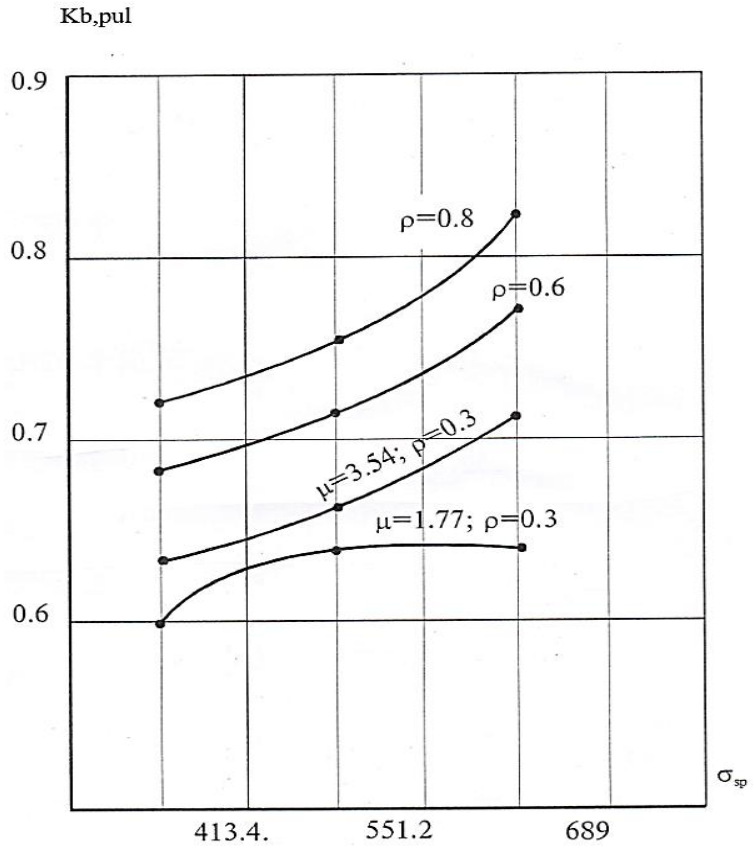


Рис. 2. График зависимости $K_{b,pul} - \sigma_{sp}$

Одним из важнейших параметров при исследовании жизненного цикла конструкций является коэффициент асимметрии цикла приложения внешней нагрузки.

$$\rho_{ge} = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}, \quad (4)$$

где σ_{min} – минимальное напряжение цикла нагружения в арматуре; σ_{max} – максимальное напряжение цикла нагружения в арматуре.

$$\rho_b = \frac{\sigma_{minb}}{\sigma_{maxb}}, \quad (5)$$

где σ_{minb} – минимальное напряжение цикла в сжатой хоне бетона; σ_{maxb} – максимальное напряжение в сжатой зоне.

Необходимо отметить, что параметр асимметричной нагрузки различается между зонами растянутых арматурных элементов и сжатой части композиционного полимербетона в предварительно напряженных конструкциях и существенно отклоняется от величины внешней асимметрично прикладываемой нагрузки.

Коэффициент асимметрии оказывает существенное воздействие на долговечность строительных конструкций. В таблице 6 представлены результаты экспериментальных исследований образцов из стеклопластикового композитного бетона при варьировании значений внешней асимметричной нагрузки (при значении коэффициента ρ_b, равном соответственно 0,3; 0,6; 0,8). Так, при фиксированном уровне коэффициента асимметрии (ρ_{bn}=0,3), предел прочности материала возрастает с 1,02 кН·м до 1,32 кН·м вследствие изменения степени предварительного натягивания арматурного каркаса. В случае постоянного значения уровня предварительных усилий в арматуре (0,4 R_{ge}) выносливость конструкции увеличивается от 1,22 кН·м до 1,45 кН·м (рис. 3).

Повышение долговечности цикла эксплуатации и общей продолжительности службы объясняется уменьшением амплитуды переменных напряжений и увеличением коэффициента асимметрии, поскольку результирующие внутренние напряжения в арматурном каркасе складываются с дополнительным напряжением, обусловленным действием внешних нагрузок.

6. Результаты испытаний элементов из стеклопластполимербетона при различных коэффициентах асимметрии

№ п/п	Предварительное напряжение в СПА	Коэффициент асимметрии цикла $\rho_{bn} = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$		
		0,3	0,6	0,8
1	2	3	4	5
1	0,3 R_{ge}	1,02 кН·м	1,2 кН·м	1,24 кН·м
2	0,4 R_{ge}	1,22 кН·м	1,4 кН·м	1,45 кН·м
3	0,5 R_{ge}	1,32 кН·м	1,64 кН·м	1,72 кН·м

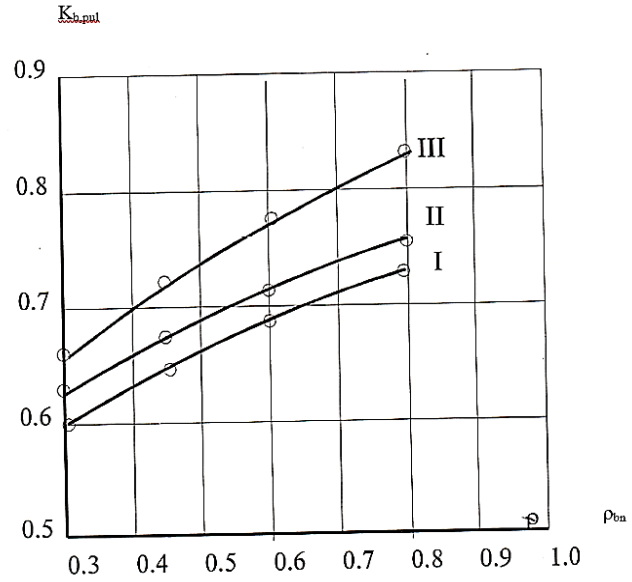


Рис. 3. График зависимости $K_{b,pul} - \rho_{bn}$:
I – σ_{sp} = 413,4 МПа; II – σ_{sp} = 551,2 Мпа; III – σ_{sp} = 689,0 МПа

Коэффициент асимметрии цикла ρ_{sp} в арматурных элементах возрастает вплоть до достижения определенного порогового значения и далее монотонно повышается пропорционально увеличению числа циклических нагружений и степени предварительного напряжения системы предварительно напряженной стеклопластиковой арматуры (СПА).

При увеличении амплитуды действующих нагрузок наблюдается снижение абсолютной величины возникающих напряжений, при этом начальная величина коэффициента асимметрии цикла ρ_b первоначально демонстрирует тенденцию роста, впоследствии постепенно приближаясь к стабильному значению, соответствующему коэффициенту асимметрии внешних воздействий ρ_{bn}. Уровень предварительного натяжения арматуры также существенно влияет на показатель коэффициента асимметрии полимербетонного композита в сжимаемой зоне конструкции: повышение данного параметра способствует существенному росту долговечности указанного участка строительной конструкции (рис. 4).

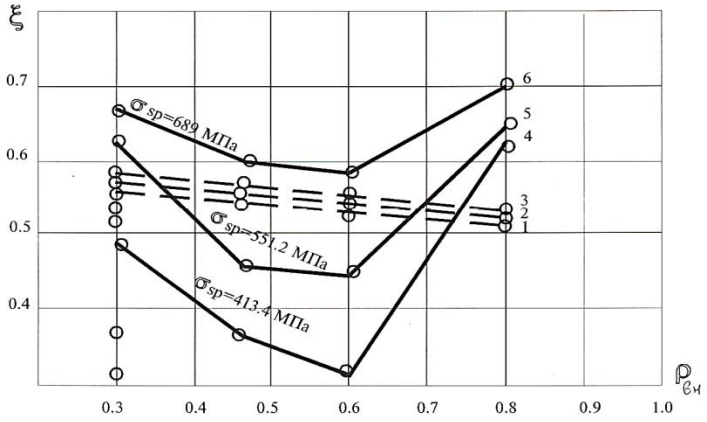


Рис. 4. График изменения относительной величины сжатой зоны полимербетона:
1 – 3 – теоретическое значения; *4 – 6* – экспериментальные значения

Выводы по работе:

1. Установлено статистически значимое влияние химического состава смеси, типа используемых наполнителей и крупных заполнителей на продолжительный период функциональной пригодности полиэфирных композитов.

2. Введен новый параметр оценки долговечности исследуемых материалов в условиях эксплуатации – коэффициент выносливости, отражающий усталость полимербетона под воздействием динамических циклических нагрузок.

3. Методом экспериментального анализа выделены основные факторы, существенно влияющие на величину усталостной прочности конструкционных элементов из полиэфирных полимербетонов.

4. Экспериментально доказано значительное положительное влияние предварительного напряжения арматурных стержней на увеличение расчетного ресурса конструкции. Установлено, что рост величины начального преднапряжения ведет к повышению коэффициента выносливости примерно на 11% относительно контрольных образцов.

5. Выявлена зависимость между процентом армирования и уровнем предварительного напряжения, демонстрирующая, что одновременное увеличение обоих показателей обеспечивает прирост коэффициента выносливости до 15%, способствуя существенному продлению эксплуатационной надежности железобетонных изделий.

6. Отмечена устойчивая корреляция между увеличением степени асимметрии действующих механических нагрузок и величиной предварительных растягивающих усилий в арматурном каркасе. Это способствует заметному росту коэффициента выносливости и общей долговечности структурных компонентов.

Список использованных источников

1. Композиционный материал на основе отходов лесного комплекса для железнодорожных шпал / В. И. Харчевников и др. ; под ред. В. И. Харчевникова. – Воронеж : Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2020. – 296 с.

2. Древесностекловолокнистые композиционные шпалы / В. И. Кондращенко и др. ; под ред. В. И. Харчевникова. – М. : Компания Спутник+, 2019. – 301, [9] с.

3. Баженов, Ю. М. технология бетона / Ю. М. Баженов. – М. : Высшая школа. – 2018. – 455 с.

4. Исследование циклической долговечности стеклопластполимербетона для ремонта и восстановления конструкций транспортных сооружений / Б. А. Бондарев, А. Д. Корнеев, П. В. Борков и др. // Строительные материалы. – 2023. – № 1-2. – С. 11 – 17.

УДК 69.055
67.01.93: Условия труда, социально-бытовые мероприятия (услуги), охрана труда, техника безопасности в строительстве

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Бредихин Владимир Владимирович
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», студент
e-mail: *vladimirbredihin64@gmail.com*

Введение. Строительная отрасль остается одной из наиболее травмоопасных сфер экономики, где риски для жизни и здоровья работников сохраняются на критически высоком уровне. Несмотря на технологический прогресс и ужесточение нормативных требований, отрасль продолжает лидировать по количеству несчастных случаев на производстве. В 2022 году в строительстве зафиксировано 16,3% от общего числа производственных травм в России [3]. На строительство приходится 20% всех смертей на производстве (примерно 250 погибших из 1250 в 2022 году) [3]. Особую тревогу вызывает тот факт, что значительная часть этих инцидентов связана не только с объективными производственными рисками, но и с человеческим фактором – нарушениями техники безопасности, недостаточным контролем со стороны работодателей и низким уровнем подготовки персонала.

Дроны и автономная техника. Современные строительные площадки все чаще внедряют инновационные технологии, такие как беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и автономная роботизированная техника, чтобы минимизировать риски для работников и повысить эффективность контроля. Эти решения не только сокращают число несчастных случаев, но и позволяют оперативно реагировать на потенциальные угрозы.

Дроны активно применяются для аэрофотосъемки, картографирования и инспектирования труднодоступных зон (рис. 1). Например, с их помощью можно обследовать высотные конструкции, кровли или опасные участки, где присутствие человека связано с риском падения – одной из главных причин травматизма в строительстве [1]. Технология лидаров (лазерных радаров) и тепловизионных камер, установленных на БПЛА, позволяет выявлять дефекты конструкций, утечки тепла или трещины, не требующие немедленного вмешательства рабочих. По данным исследований, использование дронов существенно сокращает время инспекций, а также снижает количество высотных работ, что напрямую влияет на статистику травм [2].



Рис. 1. Аэрофотосъемка объектов недвижимости с дрона
Источник: Аэрофотосъемка с дрона объектов недвижимости, земельных участков, мероприятий [Электронный ресурс] // Skyindustry. – URL: https://skyindustry.ru/aerofotosemka (дата обращения: 10.05.2025)

Также дроны используются для создания 3D-моделей стройплощадок, которые применяются в VR-тренажерах. Это помогает обучать сотрудников работе в опасных условиях без реального риска. Например, в НИТУ МИСИС разработан полетный контроллер «Стриж», который тестирует сценарии аварийных ситуаций в виртуальной среде [8].

Роботизированные системы, такие как автономные экскаваторы и краны, выполняют задачи в зонах с повышенным риском – например, при разборе завалов или работе с токсичными материалами (рис. 2). В 2025 году в России был утвержден ГОСТ для применения БПЛА в геодезических работах [8], что стандартизировало их использование в строительстве и повысило точность измерений. Кроме того, автономные дроны с датчиками качества воздуха контролируют уровень загазованности и запыленности, что особенно актуально на объектах с вредными выбросами. Это помогает предотвратить профессиональные заболевания, которые составляют значительную долю проблем в отрасли.



Рис. 2. Робот для сноса различных конструкций
Источник: UNCO LLC [Электронный ресурс] // Яндекс Карты. – URL: https://yandex.com/maps/org/unco_llc/229018110058/ (дата обращения: 10.05.2025).

Искусственный интеллект (ИИ), интегрированный в системы БПЛА, анализирует данные с камер и датчиков, прогнозируя аварийные ситуации. Например, алгоритмы могут обнаруживать несанкционированное скопление людей в опасной зоне или нарушения техники безопасности, такие как отсутствие защитных ограждений. В 2025 году компания «Геоскан» представила дрон с камерой PV32, которая в режиме реального времени передает данные на серверы для обработки ИИ. Это позволяет мгновенно выявлять отклонения от норм безопасности [8].

IoT-датчики и умные системы контроля в строительной отрасли. Современные строительные проекты активно интегрируют IoT-датчики и умные системы контроля, что позволяет оптимизировать процессы, повысить безопасность и сократить затраты. Эти технологии обеспечивают непрерывный сбор данных, анализ и автоматизацию, трансформируя традиционные методы управления стройплощадками. IoT-датчики, такие как RFID-метки и Bluetooth-маяки, используются для отслеживания местоположения строительной техники, инструментов и материалов в режиме реального времени (рис. 3). Это снижает риск краж и потерь, а также минимизирует простои. Например, системы на базе LoRaWAN обеспечивают удаленный контроль за состоянием оборудования, предупреждая о необходимости технического обслуживания или поломках [5]. Умные датчики также фиксируют параметры окружающей среды – температуру, влажность, уровень шума и вибрации. Эти данные помогают адаптировать условия труда, предотвращая перегрев, обезвоживание или воздействие вредных факторов. Например, в жилых комплексах России внедрены датчики протечек и дыма, которые автоматически отправляют уведомления о нештатных ситуациях, таких как прорыв труб или задымление [6].

Носимые устройства, такие как умные шлемы и браслеты, отслеживают жизненные показатели сотрудников – пульс, температуру тела, уровень усталости [4]. При отклонении от нормы система мгновенно оповещает руководителей, что позволяет предотвратить несчастные случаи. Например, датчики падения в смарт-касках автоматически активируют сигнал тревоги при возникновении ЧП. Системы контроля доступа на базе RFID и BLE ограничивают вход в опасные зоны, фиксируя перемещения персонала. В проекте NEKTA магнитоконтактные датчики и датчики движения предотвращают несанкционированное проникновение в подвалы и чердаки, снижая риски вандализма и краж [6].

IoT-датчики интегрируются в системы учета воды, электроэнергии и тепла, обеспечивая прозрачность расходов. Например, беспроводные счетчики с LoRaWAN-модемами передают данные о потреблении ресурсов каждые 24 часа, а интеллектуальные розетки автоматически отключают неиспользуемое оборудование, сокращая энергозатраты. Управление материалами через RFID-метки и сенсоры позволяет отслеживать остатки на складах, прогнозировать потребности в поставках и минимизировать отходы. Внедрение таких систем снижает потери материалов, а также ускоряет инвентаризацию.

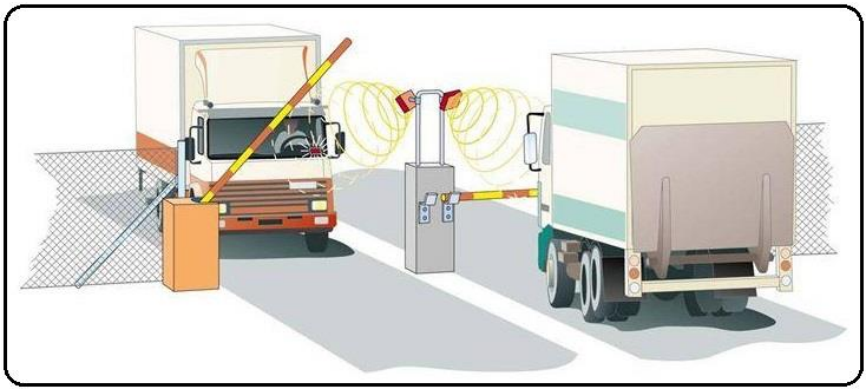


Рис. 3. Иллюстрация работы пропускного пункта, где используется считывание RFID-меток
Источник: Идентификаторы систем контроля доступа [Электронный ресурс] //
Sector-SB. – URL: https://sector-sb.ru/catalog/kontrol_dostupa/skud_smartec/identifikatory (дата обращения: 10.05.2025)

Анализ данных с IoT-датчиков помогает выявлять «узкие» места в рабочих процессах. Например, датчики вибрации на строительной технике предупреждают о перегрузках, а алгоритмы ИИ прогнозируют задержки из-за погодных условий или логистических сбоев. Это позволяет корректировать графики работ и распределять ресурсы более эффективно. Системы видеонаблюдения с интегрированным ИИ анализируют действия работников, автоматически фиксируя нарушения техники безопасности, такие как отсутствие защитного снаряжения или нахождение в опасной зоне. Камеры с тепловизорами также контролируют качество строительных конструкций, выявляя дефекты на ранних этапах. Данные с датчиков передаются в облачные системы, такие как NEKTA Cloud или «Абсолют: SmartCloud», где формируются аналитические отчеты [6, 7] (рис. 4). Это обеспечивает удаленный доступ к информации для менеджеров и заказчиков, упрощая принятие решений. Например, в проектах с использованием платформы NEKTA данные интегрируются с бухгалтерскими системами (1С), автоматизируя выставление счетов и снижая административную нагрузку [6].



Рис. 4. Интерфейс NEKTA Cloud
Источник: Сравнение Microsoft Flow и Nekta Cloud [Электронный ресурс] //
Startpack. – URL: https://startpack.ru/compare/microsoft-flow/nekta-cloud (дата обращения: 10.05.2025)

Примеры внедрения:

- В России компания NEKTA реализовала проект умного ЖК, где LoRaW-датчики контролируют расход воды, электричества и тепла, а также предотвращают протечки. Это соответствует требованиям закона № 522-ФЗ об интеллектуальных системах [6].
- Датчики SmartBIN оптимизируют вывоз строительного мусора, отслеживая наполненность контейнеров и планируя маршруты мусоровозов, что снижает затраты на логистику [7].
- Системы SmartClimate контролируют микроклимат на объектах, автоматически регулируя вентиляцию и отопление, что особенно важно при работе с токсичными материалами [7].

Таким образом, IoT-датчики и умные системы становятся основой для цифровизации строительства, обеспечивая не только оперативный контроль, но и долгосрочную устойчивость проектов.

Вывод. Внедрение цифровых технологий в строительную отрасль открывает новые возможности для повышения безопасности на объектах. Использование дронов, роботизированной техники, IoT-датчиков и систем искусственного интеллекта позволяет минимизировать человеческий фактор, снизить риски травматизма и улучшить контроль за соблюдением нормативов. Беспилотные летательные аппараты обеспечивают мониторинг труднодоступных зон, сокращая необходимость работы на высоте, а автономная техника заменяет людей в опасных условиях. Умные датчики и носимые устройства в режиме реального времени отслеживают состояние рабочих и окружающей среды, предотвращая аварии и профессиональные заболевания. Интеграция ИИ и облачных систем ускоряет обработку данных, помогая оперативно выявлять и устранять нарушения. Цифровые технологии не только повышают безопасность, но и оптимизируют строительные процессы, снижая затраты и улучшая качество работ. В будущем дальнейшее развитие этих решений позволит создать более устойчивую и защищенную среду для всех участников строительных проектов.

Список использованных источников

1. Нижнесергинское городское поселение. Анализ производственного травматизма с тяжелыми последствиями за I квартал 2025 года [Электронный ресурс]. – URL : https://adminsergi.ru/news/media/2025/4/21/analiz-proizvodstvennogo-travmatizma-s-tyazhelyimi-posledstviyami-za-i-kvartal-2025-goda/ (дата обращения: 10.05.2025).
2. Томский государственный архитектурно-строительный университет. Дроны в строительстве: 6 направлений, которые стимулируют БПЛА [Электронный ресурс]. – URL : https://ino.tsuab.ru/dronivstroitelstve (дата обращения: 10.05.2025).
3. EcoStandard.journal. Статистика по количеству несчастных случаев в 2022 году [Электронный ресурс]. – URL : https://journal.ecostandard.ru/news/eksklyuzivno-v-ecostandard-journal-statistika-po-kolichestvu-neschastnykh-sluchaev-v-2022-godu/ (дата обращения: 10.05.2025).
4. Minew. IoT в строительном топе используется в 2024: Приложения, Преимущества и примеры [Электронный ресурс]. – URL : https://www.minew.com/ru/iot-construction-applications-benefits-examples/ (дата обращения: 10.05.2025).
5. Mokosmart. Интернет вещей в строительстве: Вершина 7 Сценарии использования, Технологии & Преимущества [Электронный ресурс]. – URL : https://www.mokosmart.com/ru/iot-in-construction/ (дата обращения: 10.05.2025).
6. Nekta.tech. IoT для Застройщика: Применение технологий Интернета Вещей [Электронный ресурс]. – URL : https://nekta.tech/case-studies/example-iot-for-the-developer/ (дата обращения: 10.05.2025).
7. Newland.by. IoT-устройства и умные приборы учета для мониторинга и контроля [Электронный ресурс]. – URL : https://newland.by/ru/whatwedo/operat/iot-ustroystva-i-umnye-pribory-ucheta-dlya-kontrolya-i-monitoringa (дата обращения: 10.05.2025).
8. TAdviser. Беспилотные летательные аппараты в России [Электронный ресурс]. – URL : https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%91%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%8B_%D0%B2_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8 (дата обращения: 10.05.2025).

УДК 692.232
67.09.05: Общая характеристика и классификация строительных материалов и изделий. Материаловедение

РОБОТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА АРМИРОВАННЫХ БАЗАЛЬТОВЫМ ВОЛОКНОМ БЕТОННЫХ ПЛИТ

Булгаков Алексей Григорьевич
ФГБОУ ВО Юго-Западный государственный университет, доктор технических наук, профессор
e-mail: *agi.bulgakov@mail.ru*

Клаус Хольшемахер
Высшая школа техники, экономики и культуры, г. Лейпциг, Германия, доктор технических наук, профессор
e-mail klaus.holschemacher@htwk-leipzig.de

Асеев Вячеслав Юрьевич
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», аспирант
e-mail: *swsu_aseev@mail.ru*

В последние десятилетия строительная отрасль все более активно стремится к внедрению инновационных технологий, которые не только повышают эффективность и качество производственных процессов, но и способствуют устойчивости их развития. Одним из ключевых направлений таких преобразований является использование новых материалов и роботизированных систем в производстве строительных конструкций. В этом контексте базальтовые волокна и роботизированные производственные линии открывают новые перспективы для обеспечения конструктивной безопасности и долговечности зданий и сооружений.

Базальтовые волокна, благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам, могут быть эффективно использованы в качестве альтернативы традиционным материалам для армирования, таким как стальная арматура. Их высокая прочность на растяжение, устойчивость к коррозии и экстремальным температурам, а также низкий удельный вес и экологическая нейтральность делают их идеальным выбором для возведения новых сооружений и реконструкции существующих железобетонных конструкций. В сочетании с роботизированными технологиями, которые обеспечивают точность и повторяемость процессов, базальтовые волокна способствуют созданию более прочных, долговечных и экономически выгодных конструкций.

Разработка и внедрение роботизированной производственной линии для изготовления бетонных плит, армированных базальтовой арматурой, представляет собой важный шаг на пути к модернизации строительного производства. Такая линия позволяет автоматизировать ключевые этапы технологического процесса, включая вязку базальтовой арматуры, заливку бетона и обработку готовых изделий. Это не только ускоряет производство и снижает затраты, но и повышает качество продукции за счет устранения ручного труда и обеспечения более точного ее контроля на всех этапах.

Настоящее исследование направлено на развитие и реализацию инновационной технологии производства бетонных плит, армированных базальтовыми волокнами, с использованием роботизированных систем. Это открывает новые возможности для повышения конструктивной безопасности и долговечности зданий и сооружений, а также способствует переходу к более устойчивым и эффективным методам строительства.

Проведение исследования, направленного на разработку и внедрение роботизированной производственной линии для создания бетонных плит, армированных базальтовыми волокнами, требует постановки четких и детализированных задач. Эти задачи охватывают как практические, так и теоретические аспекты проекта, обеспечивая всесторонний подход к решению проблем и достижению поставленных целей.

Задачами данного исследования являются: анализ свойств базальтовых волокон и их взаимодействие с бетоном, разработка математических моделей и расчетных методик, проектирование и оптимизация роботизированной производственной линии, создание и испытание опытного образца, экспериментальные исследования и анализ данных, оценка экономической эффективности и экологической устойчивости, разработка рекомендаций для внедрения и дальнейших исследований.

Внедрение роботизированных систем для укладки базальтовых волокон является ключевым технологическим новшеством, которое значительно повышает точность и скорость производственного процесса. Автоматизированные системы позволяют синхронизировать работу всех компонентов линии, обеспечивая бесперебойный и оптимизированный производственный процесс. Это не только повышает производительность, но и снижает затраты на рабочую силу и обслуживание оборудования. Помимо этого, роботизированная линия обладает высокой степенью гибкости, что позволяет быстро адаптироваться к изменяющимся требованиям рынка и производить изделия различных типов и размеров. Это особенно важно для удовлетворения индивидуальных заказов и разработки нестандартных конструктивных решений.

Технологические инновации, заложенные в основу создания роботизированной производственной линии для бетонных плит, армированных базальтовыми волокнами, обеспечивают значительные преимущества в области эффективности, качества и устойчивости. Далее подробнее рассмотрим роботизированную производственную линию.

В соответствии с разработанной схемой производственной линии (рис. 1), протекание производственного процесса описывается следующим образом:

Этап № 1 – На роликовую поверхность помещается поддон для изготовления армированной бетонной плиты (1);

Этап № 2 – На поддон с помощью робота (5) устанавливаются магнитные ограничители (2) и направляющие ролики (3);

Этап № 3 – Параллельно с Этапом № 2, базальтовое волокно (7) протягивается через емкость с эпоксидной смолой (8) с помощью робота (10);

Этап № 4 – После Этапа №3, базальтовое волокно протягивается в сушильную камеру (11) с помощью робота (10), где эпоксидная смола застывает в пределах 15 минут;

Этап № 5 – Обработанное базальтовое волокно (9) вяжется по направляющим роликам (3) с помощью робота (12);

Этап № 6 – Портальный робот (13) подает бетонную смесь (15) в форму, образованную магнитными ограничителями (2). На этом этапе форма находится на вибрационным столом (14) и в автоматическом режиме происходит уплотнение бетонной смеси;

Этап № 7 – Сформированная бетонная плита перемещается в сушильную камеру (16);

Этап № 8 – Изделие выходит из сушильной камеры (16) и перемещается на опрокидочный стол, где робот (17) производит распалубку и снимает магнитные ограничители;

Этап № 9 – Робот (18) переворачивает готовое изделие (19) в вертикальное положение и переносит его на хранение в накопительную кассету (20) для последующей транспортировки к месту хранения или на строительную площадку.

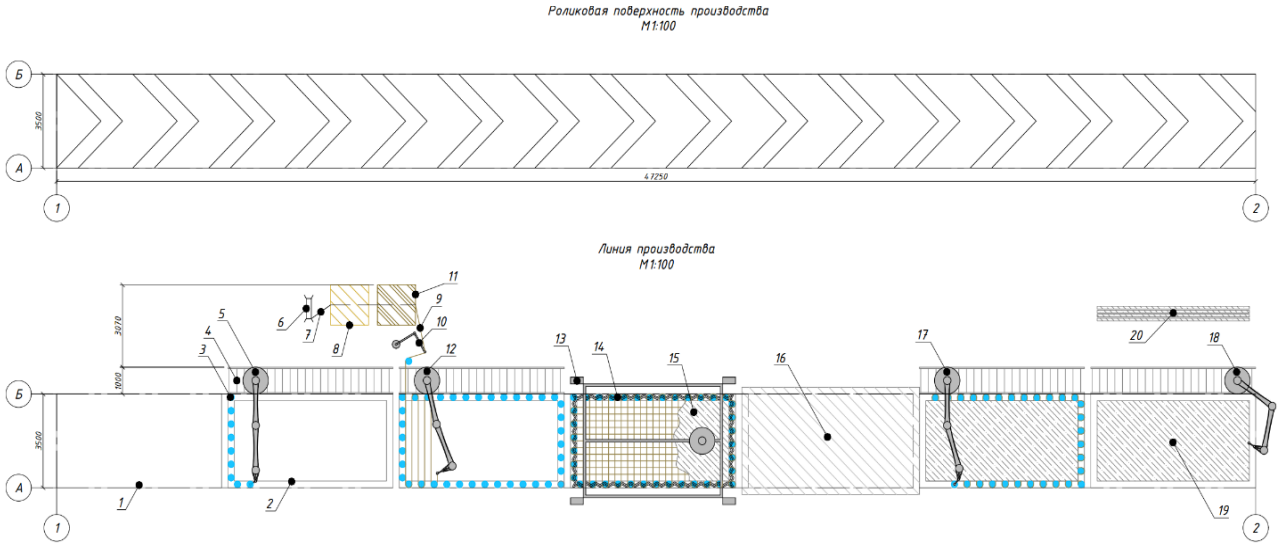


Рис. 1. Функциональная схема производственной линии:

1 – поддон; 2 – магнитные ограничители; *3* – направляющий ролик; *4* – рельса для перемещения робота; *5* – робот для установки магнитных ограничителей; **6** – катушка с необработанным базальтовым волокном; *7* – необработанное базальтовое волокно; *8* – устройство обработки базальтового волокна эпоксидной смолой; *9* – базальтовое волокно, обработанное эпоксидной смолой; *10* – робот для подачи и протягивания базальтового волокна; *11* – сушильная камера; *12* – робот для протяжки волокна по ограничителям; *13* – портальный робот; *14* – вибрационный стол; *15* – бетонная смесь; *16* – сушильная камера; *17* – робот для распалубки формы; *18* – робот для перемещения готового изделия в кассету для готовых изделий; *19* – готовое изделие; *20* – кассета для готовых изделий

При производстве бетонных изделий используется магнитная опалубка. Повышения скорости установки опалубки можно добиться благодаря внедрению роботизации процесса ее сборки. Однако, роботизированные устройства обладают ограниченными двигательными функциями, в сравнении с человеком. При создания магнитной опалубки для роботизированного производства бетонных изделий был проанализирован ряд уже известных аналогичных решений, выявлены аналоги и прототипы, после чего предложено техническое, позволяющее устранить имеющие них место недостатки. Замкнутый контур магнитной опалубки для описываемого производства представлен на рис. 2.

Первый этап монтажа магнитной опалубки начинается с определения расстояния арматурного стержня от нижней грани бетона, а также определения его диаметра, после чего подбираются детали, входящие в состав магнитной опалубки, которую рекомендуется устанавливать комплексом для образования замкнутого контура опалубки. После этого Детали 2 и Детали 3 (рис. 3) крепятся на место площадки производства и выполняется процесс вязки арматуры. Следующим шагом является второй этап монтажа магнитной опалубки, который начинается с установки Деталей 1 (рис. 3) сверху Деталей 2, после чего на место площадки производства крепятся Детали 4 (рис. 3), образуя замкнутый контур (рис. 2). В конце этого процесса производится заливка бетонной смеси во внутренний контур комплекса опалубки. Все детали магнитной опалубки демонтируются и подлежат последующему повторному использованию. На базе вышеописанной технологии изготовлен опытный образец, повторяющий этапы создания бетонных плит, армированных базальтовым волокном (рис. 4, 5).

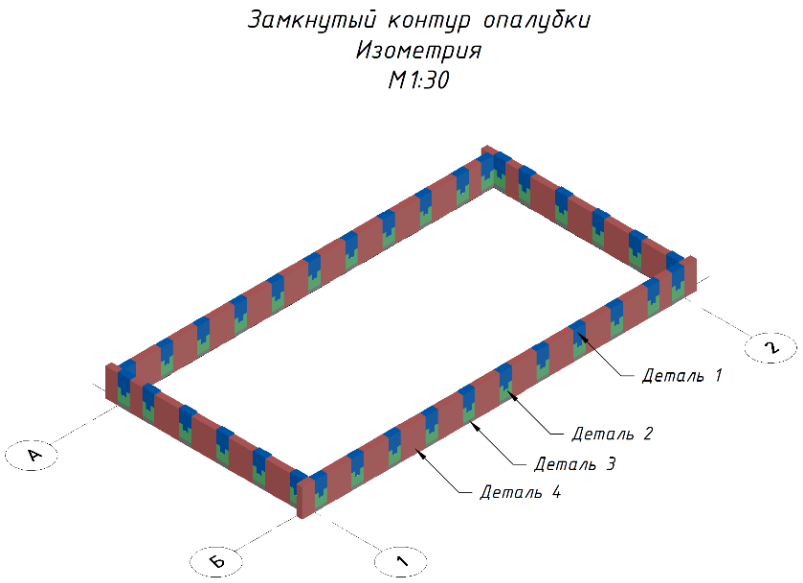


Рис. 2. Замкнутый контур опалубки

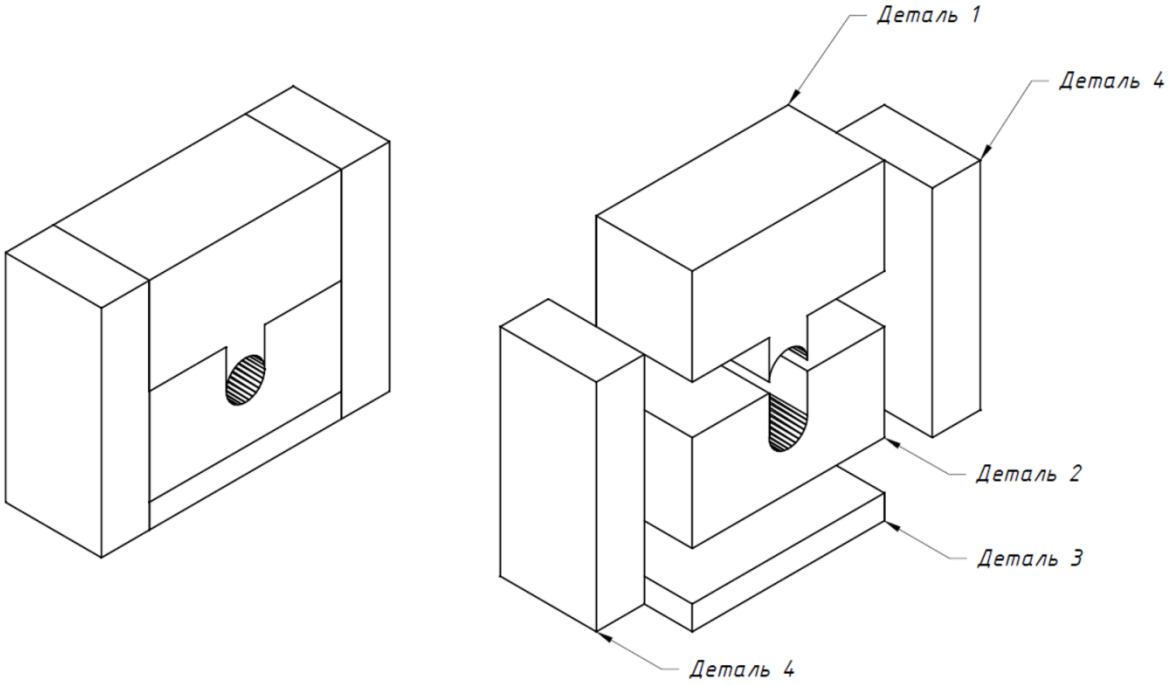


Рис. 3. Общий вид деталей магнитной опалубки



Рис. 4. Армирование опытного образца и заливка бетонной смеси

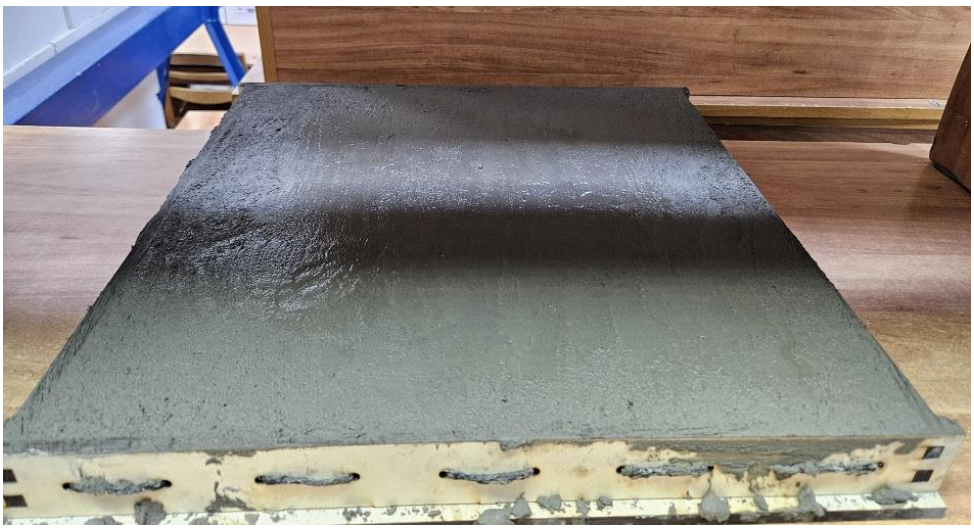


Рис. 5. Завершение этапа заливки опытного образца

Его создание является ключевым этапом для подтверждения реализуемости и эффективности предложенной технологии. Опытный образец позволяет наглядно показать технико-экономические и экологические преимущества предложенного решения. Помимо всего, он также служит важным инструментом для демонстрации возможностей новой технологии потенциальным клиентам, партнерам и инвесторам. Это важный шаг на пути к внедрению технологий производства армированных бетонных элементов, который способен существенно изменить подходы к проектированию и строительству зданий и сооружений.

Проведение эксперимента по исследованию деформаций и физического поведения базальтобетонной плиты при изгибе проводились согласно следующим этапам:

1) Разметка установки датчиков на опытном образце
2) Установка датчиков
3) Монтаж опор на гидравлическом прессе
4) Установка опытного образца на опоры гидравлического пресса, монтаж нижней части датчиков
5) Контакт пресса с плитой, калибровка нулевых показаний датчиков
6) Ступенчатое нагружение образца (ширина ступени 100 кгс)
7) Фиксация образования трещин

Перед началом испытаний была выполнена тщательная подготовка опытного образца. На нижней поверхности плиты размером 500×500×50 мм, армированной базальтовым шнуром, произведена разметка для установки датчиков прогиба. Три контрольные точки расположены симметрично относительно центра плиты (рис. 6).

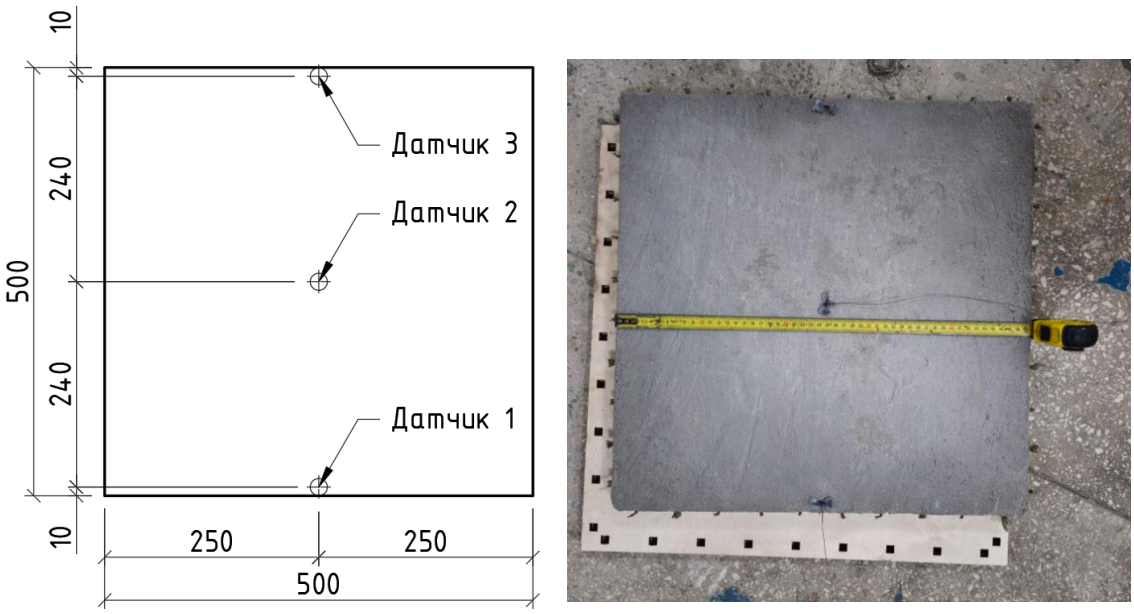


Рис. 6. Расположение датчиков на плите (вид снизу):
Датчик 1 – в центре плиты (точка максимального прогиба);
Датчики 2 и 3 – на расстоянии 240 мм от краев для контроля распределения деформаций

Для измерения прогиба использовались прогибомеры Аистова, с фиксацией на металлических нитях. Нити фиксировались на нижней поверхности плиты и на подвижном элементе прогибомера Аистова. Такая система позволила минимизировать погрешности, связанные с вибрациями и смещениями оборудования.

Образец устанавливался на две жесткие опоры, расположенные на расстоянии 420 мм друг от друга (рис. 7). Опоры закреплены на платформе гидравлического пресса, обеспечивающего плавное нагружение. Для исключения перекосов проверялась параллельность опорных поверхностей с помощью уровня.

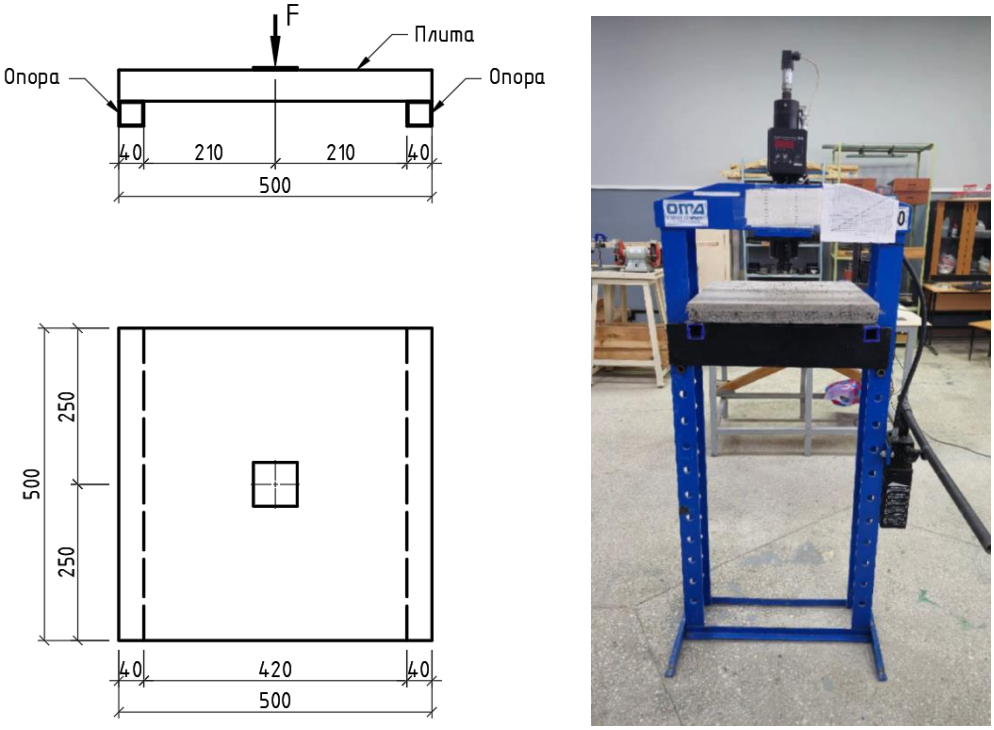


Рис. 7. Устройство образца на гидравлическом прессе

Плита аккуратно размещалась на опорах с выравниванием по центру. Датчики прогиба фиксировались на предварительно натянутых нитях, после чего выполнялась проверка их нулевых показаний. Контролировалось отсутствие внешних воздействий, которые могли бы исказить начальные данные.

Перед нагружением выполнялась фиксация точки контакта (пресс приводился в легкое соприкосновение с плитой без создания нагрузки), а также запись начальных показаний датчиков.

Далее к образцу с помощью гидравлического пресса была приложена ступенчато возрастающая нагрузка по 100 кгс с временными интервалами в две минуты для стабилизации деформаций. На каждом этапе фиксировались:

- Величина нагрузки (F, кгс);
- Прогиб в трех точках (табл. 1);
- Зависимость прогиба от нагрузки отображалась на графике (рис. 8).

1. Показания датчиков на этапах нагружения образца

№ загружения	Показания прибора	Сила F (кг/с)	Датчик 1 Прогиб, мм	Датчик 2 Прогиб, мм	Датчик 3 Прогиб, мм
1	3,90	100	0,25	0,22	0,24
2	8,30	200	0,45	0,40	0,44
3	11,20	300	0,57	0,51	0,54
4	15,00	400	0,70	0,63	0,67
5	19,40	500	0,82	0,75	0,79
6	25,30	600	0,91	0,87	0,9
7	27,40	700	0,96	0,93	0,95
8	31,40	800	1,05	1,02	1,04
9	37,70	900	1,18	1,17	1,17
10	41,30	1000	Трещина	Трещина	Трещина

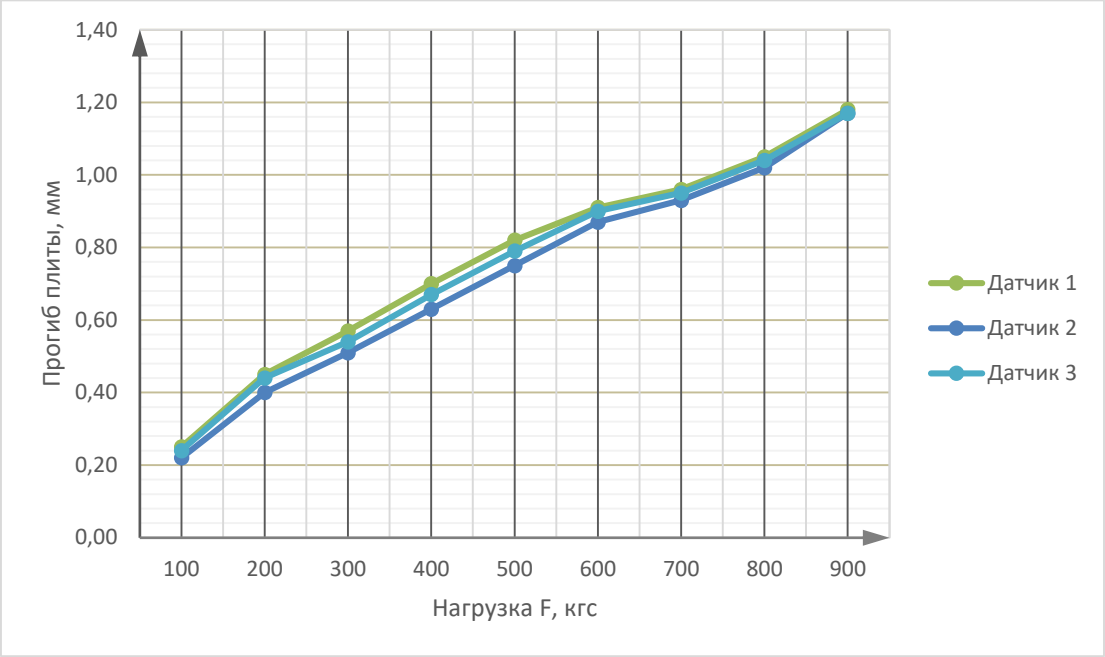


Рис. 8. График зависимости прогиба плиты от приложенной нагрузки

При нагрузке 1000 кг/с произошло раскрытие трещины в центральной части плиты (рис. 9). Ее контур и ширина были зафиксированы с помощью измерительной лупы и фотодокументирования. Ширина трещины достигла 1мм. По итогу финального нагружения наблюдалось равномерное распределение трещин вдоль зоны растяжения, а также сохранение целостности базальтового шнура.

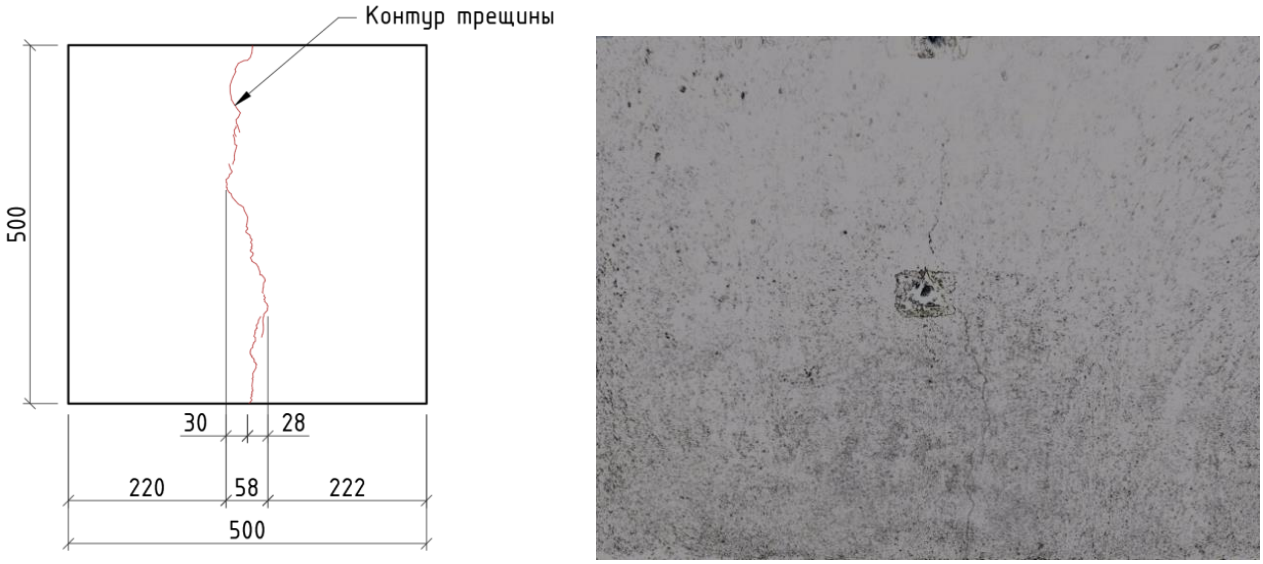


Рис. 9. Контур трещины плиты в нижней части

После остановки пресса выполнен демонтаж датчиков и металлических нитей, оценка характера разрушения и обработка данных. Трещины локализованы в бетоне, армирование осталось неповрежденным. Эксперимент подтвердил линейную зависимость прогиба от нагрузки до момента образования трещин.

В ходе проведенного исследования была разработана и апробирована концепция роботизированной производственной линии для изготовления бетонных плит, армированных базальтовыми волокнами. Основное внимание уделялось интеграции инновационных материалов и автоматизированных технологий, которые направлены на повышение эффективности, качества и устойчивости строительного производства. Несмотря на то, что экспериментальные испытания и разработка методик расчета не были проведены на данном этапе, достигнутые результаты позволяют сделать ряд значимых выводов и определить направления для дальнейшего развития.

Одним из ключевых достижений стало успешное создание опытного образца, который продемонстрировал возможности использования базальтовых волокон в сочетании с бетоном. Процесс изготовления опытного образца позволил подтвердить технологическую осуществимость предложенной концепции и выявить основные аспекты, которые требуют дальнейшей оптимизации. В частности, были изучены вопросы подготовки

компонентов, укладки арматуры и заливки бетонной смеси, что позволяет улучшить качество и долговечность конечного продукта.

Кроме того, разработка роботизированной линии показала потенциал автоматизации процессов укладки арматуры и заливки бетона. Использование роботов и автоматизированных систем управления позволит значительно повысить точность и повторяемость операций, что критически важно для обеспечения стабильного качества продукции. Это также открывает возможности для снижения затрат на рабочую силу, что является важным аспектом в условиях растущей конкуренции и необходимости повышения производительности труда.

Анализ экономической эффективности внедрения роботизированной линии подтвердил, что использование базальтовых волокон и автоматизированных технологий может привести к значительному снижению себестоимости производства и увеличению долгосрочных выгод. Это связано с уменьшением затрат на обслуживание и ремонты, а также с возможностью более рационального использования материалов и ресурсов.

Исследование, направленное на разработку и внедрение роботизированной производственной линии для создания бетонных плит, армированных базальтовыми волокнами, подтвердило значимость интеграции инновационных решений в строительные технологии. Полученные результаты свидетельствуют о значительном потенциале предложенной концепции для модернизации и повышения эффективности строительного производства.

Роботизированная линия продемонстрировала возможности автоматизации ключевых этапов производственного процесса, что позволяет значительно повысить производительность и снизить затраты. Снижение затрат на обслуживание и эксплуатацию, а также возможность более рационального использования ресурсов делают предложенную концепцию привлекательной для массового внедрения в условиях современного рынка строительства.

Достигнутые результаты открывают перспективы для дальнейшего развития и оптимизации предложенной технологии. Следующим шагом является разработка методик расчета, которые позволят более точно оценить поведение конструкций в реальных условиях и определить оптимальные параметры использования базальтовых волокон. Это позволит укрепить позиции новой технологии на рынке и обеспечить ее успешное внедрение в массовое производство, открывая новые горизонты для инновационного проектирования и устойчивого развития строительной индустрии.

Список использованных источников

1.Структура и свойства текстильно-армированного бетона / А. А. Волкова, А. В. Пайков, О. Н. Столяров и др. // Magazine of Civil Engineering. – 2015. № 7(59).

2. Прочность на растяжение при изгибе бетонов нового поколения / А. Г. Булгаков, В. И. Ерофеева, А. А. Ишутин и др. // Эксперт: теория и практика. – 2022. – № 2(17).

3. Окольникова, Г. Э. Перспективы использования композитной арматуры в строительстве / Г. Э. Окольникова, С. В. Герасимов // Экология и строительство. – 2015. – № 3.

4. Сравнительные экологические характеристики производства стальной и стеклопластиковой арматуры / И. А. Зуев, Е. А. Ветров, Д. О. Нагорный и др. // ИВД. – 2019. – № 2(53).

5. Анализ преимуществ использования углеродобетона в строительной отрасли / В. А. Желнинский, О. В. Макаров, И. Р. Микуляк, Р. И. Вавейкин // Экономика строительства. – 2023. – № 9.

УДК 692.23
67.13.41: Технология строительно-монтажных работ. Отделочные работы.

ХАРАКТЕРНЫЕ ОШИБКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОНТАЖНЫХ ЗАЗОРОВ В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ СТЕН С ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКОЙ ПОД ШТУКАТУРКУ

Вавренюк Светлана Викторовна
Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» Дальневосточный научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт по строительству «ДальНИИС», доктор технических наук, член-корр. РААСН, заместитель директора по научной работе
e-mail: *info@dalniis.ru*

Вавренюк Вадим Геннадьевич
Дальневосточный федеральный университет, кандидат технических наук, доцент департамента информационной безопасности
e-mail: *info@dalniis.ru*

Русанова Татьяна Юрьевна
Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» Дальневосточный научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт по строительству «ДальНИИС», ученый секретарь
e-mail: *info@dalniis.ru*

Фарафонов Алексей Эдуардович
Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» Дальневосточный научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт по строительству «ДальНИИС», старший научный сотрудник
e-mail: *info@dalniis.ru*

Малюк Владислав Викторович
Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» Дальневосточный научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт по строительству «ДальНИИС», кандидат технических наук, старший научный сотрудник
e-mail: *info@dalniis.ru*

В последнее время в практике строительства участились случаи отслоения внутренних штукатурных покрытий ограждающих конструкций стен, запроектированных с монтажными зазорами между железобетонной балкой перекрытия и стеновой кладкой, что является следствием несоблюдения строительных норма и правил при конструировании монтажных зазоров.

В данной статье рассматривается один из практических примеров несоответствия технического решения монтажного зазора требованиям строительных норм. При этом, ни проектировщики, ни строители не обращают на это должного внимания, так как требования к качеству отделочных работ, в том числе штукатурных, не относятся к требованиям, обеспечивающим соответствие здания или сооружения требованиям безопасности Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». И, как следствие, после сдачи жилья в эксплуатацию, такие технические решения приводят к отслаиванию штукатурных покрытий от наружных стен, что становится проблемой для собственников жилья.

Так, например, в одном из типовых проектов жилого дома, ограждающие конструкции стен, были запроектированы из блоков, размером 390х190х190 мм, с примыканием в верхней части стены к монолитной железобетонной балке (см. рис. 1).

Толщина монтажного зазора по проекту составляла 30 мм, ширина 190 мм. Заполнение монтажного зазора состояло из слоев, имеющих определенное функциональное назначение:

– Основной центральный слой предназначен для обеспечения теплоизоляции наружной стены. Слой состоит из минераловатного утеплителя с установкой по внешней и внутренней стороне стены жгута «Велотерм» круглого сечения диаметром 50 мм из вспененного полиэтилена.

– Наружный слой из герметизирующей мастики предназначен для защиты утепляющего слоя от атмосферных воздействий (дождевой влаги, ветра).

– Внутренний слой из герметизирующей мастики предназначен для защиты утепляющего слоя от диффузной парообразной влаги изнутри помещения. При этом, по всей длине внутренней части стены в месте монтажного зазора необходимо приклеить серпянку шириной 70 мм.

Результатом такого технического решения явилось отслаивание внутренних штукатурных покрытий от ограждающих конструкций стен в местах монтажных зазоров с последующим распространением на общую площадь стен после нескольких месяцев производства штукатурных работ.

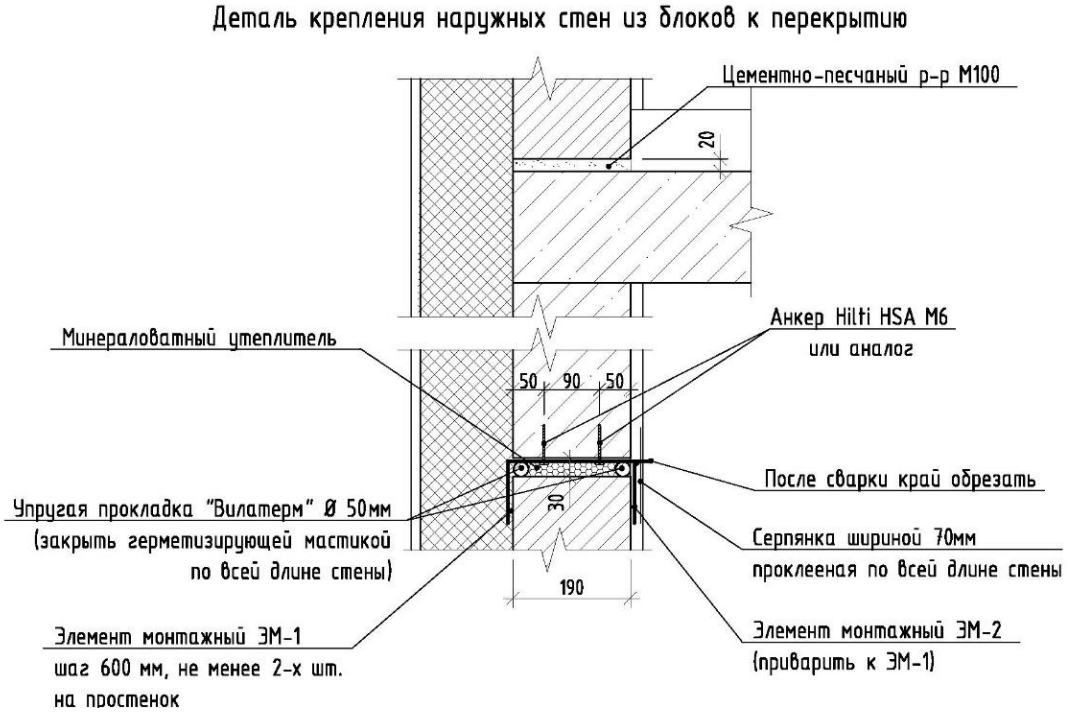


Рис. 1. Проектное решение монтажного зазора между железобетонной балкой перекрытия и кладкой из блоков

Выполненный анализ проектного решения показал, что конструирование монтажного зазора не соответствует требованиям строительных норм по следующим показателям:

1. По проекту для защиты от образования локальных трещин в штукатурном покрытии по всей длине стены в месте монтажного зазора проклеивается серпянка шириной 70 мм, что противоречит требованиям СП 31-111-2004 «Применение стеклянных сеток и армирующих лент при строительстве зданий» в части применения и порядка монтажа штукатурных сеток, стеклянных и армирующих лент. Причем, ссылка на СП 31-111-2004 является требованием п. 7.2.9. СП 71.13330.2017 «Изоляционные и отделочные покрытия», входящим в перечень для добровольного применения в строительстве, и постоянно фигурирующем в технических заданиях технических заказчиков на производство отделочных работ.

Согласно СП 31-111-2004 п. 4.2, устанавливающим условия и правила применения стеклянных сеток и армирующих лент при строительстве зданий, армирующие материалы делятся на две группы: армирующие стеклосетки и армирующие ленты.

Армирующие стеклосетки используются для защиты отделочных слоев от образования трещин на всей площади поверхности. Согласно п. 5.6.2.3 СП 31-111-2004 при производстве внутренних работ армирующие стеклосетки укладывают на поверхность в виде вертикальных полос с перехлестом полотен не менее 10 см в последнюю треть штукатурного слоя.

Армирующие ленты (серпянки) используются для защиты отделочных покрытий от образования локальных трещин. По классификации СП 31-111-2004 п. 6.1.1 существуют следующие виды серпянок (армирующих лент): серпянка самоклеящаяся стеклотканевая с нанесенным клеевым составом, серпянка из лавсана, бинт строительный из полипропилена, лента бумажная, серпянка из стеклохолста. При этом область применения армирующих лент (серпянок) определена СП 31-111-2004 только под шпатлевочные слои (см. СП 31-111-2004 п. 6.1.5, табл. 6.1).

Для штукатурных работ армирующие ленты серпянки не применяются. Следовательно, проектное техническое решение о применении армирующей ленты шириной 70 мм под штукатурный слой противоречит строительным нормам СП 31-111-2004.

2. Согласно п. 7.1.7 СП 71.13330.2017 «Изоляционные и отделочные покрытия» прочность основания под штукатурку должна быть не менее прочности отделочного покрытия, т.е. штукатурки. При этом, СП 71.13330.2017 п. 7.2.12 регламентирует, что для проведения штукатурных работ необходимо применять сухие строительные штукатурные смеси по ГОСТ 33083 и ГОСТ Р 58279, которые в свою очередь, регламентируют прочность при сжатии растворов на основе сухих смесей в возрасте 7 сут. не менее 2,0 МПа. Поэтому все производители сухих штукатурных смесей выпускают сухие штукатурные смеси с регламентированной прочностью не менее 2 МПа.

Кроме того, в рекомендациях всех производителей сухих штукатурных смесей указано, что при подготовке основания под штукатурку оно должно соответствовать требованиям СП 71.13330.2017, т.е. прочность основания должна быть не менее 2 МПа.

Однако, по проектному решению основанием в месте монтажного зазора под штукатурное покрытие является жгут «Велотерм» из вспененного сшитого полиэтилена с обмазкой герметизирующей мастикой (см. рис. 1).

Жгут «Велотерм» является уплотняющим материалом, обладающим высокой эластичностью, гибкостью, прочностью на сжатие не более 0,035 МПа, что практически в 60 раз ниже регламентированных требований СП 71.13330.2017, ГОСТ Р 58279-2024 – 2,0 МПа.

В результате, вспененный полиэтилен «Велотерм», с нанесенной на него эластичной мастикой, представляет собой деформационно неустойчивое сжимаемое основание, не соответствующее требованиям строительных норм по прочности, что в последствии приводит к трещинообразованию и отслоению штукатурных покрытий от основания.

3. По проекту штукатурка наносится на герметизирующую мастику, имеющую органическую основу, что по технологии производства штукатурных работ с использованием растворов на неорганических вяжущих (цемент, гипс) делать запрещено. Тем более, что данное положение регламентировано ГОСТ Р 58279–2024 п. 11.1 «Смеси сухие строительные штукатурные на гипсовом вяжущем», обязывающем производство штукатурных работ вести с соблюдением рекомендаций изготовителей штукатурных смесей, которые в свою очередь регламентируют для своих материалов только минеральные (неорганические) типы оснований.

Однако, по проекту основанием под штукатурное покрытие является изолирующая мастика на органическом связующем, создающая антиадгезионный разделительный слой, что не соответствует технологическим требованиям к производству штукатурных работ. А следовательно, приводит к отслоению штукатурных слоев от оснований и постоянным ремонтным работам.

К изложенному следует добавить, что все это усугубляется тем, что строители нарушают проектные требования в части утеплителей, и монтажные зазоры в ограждающих конструкциях заполняют обычной монтажной пеной (см. рис. 2), склонной к деформациям, что в будущем однозначно приведет к потере теплотехнических показателей наружных стен, а также потере устойчивости наружных стен к эксплуатационным нагрузкам.

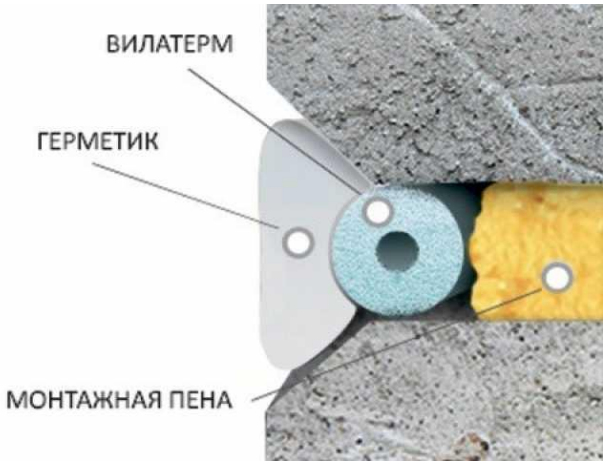


Рис. 2. Пример заполнение монтажного зазора между монолитной железобетонной балкой и стеновой кладкой

Таким образом, авторами рассмотрен один из практических примеров неверного технического решения конструирования монтажного зазора в ограждающих конструкциях стен с внутренней отделкой под штукатурку, приведшее к преждевременному разрушению штукатурных покрытий. А так, как требования к качеству отделочных работ не относятся к требованиям, обеспечивающим соответствие здания или сооружения требованиям безопасности Федерального закона N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений", условия применения Сводов Правил и государственных стандартов, включенных в Перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований настоящего Федерального закона, устанавливаются только договорными отношениями между участниками объекта строительства. В результате никто не несет ответственности за несоответствие принятых технических решений требованиям Сводов Правил и государственным стандартам.

Список использованных источников

1. Вавренюк, С. В. Анализ эксплуатации наружных стен зданий в климатических условиях юга Дальнего Востока / С. В. Вавренюк, В. П. Рудаков // Научно-практический журнал «Архитектура и строительство Дальнего Востока». – Хабаровск, 2014. – С. 78 – 80.

2. Вавренюк, С. В. Дальневосточная специфика: особенности проектирования и строительства в условиях муссонного климата / С. В. Вавренюк, В. П. Рудаков // Научно-практический журнал «Архитектура и строительство Дальнего Востока». – Хабаровск, 2014. – С. 84 – 85.

3. Вавренюк, С. В. Принципы создания цементных покрытий для защиты ограждающих конструкций, эксплуатируемых в условиях с обратным ходом относительной влажности наружного воздуха / С. В. Вавренюк, В. Е. Абрамов // материалы международных академических чтений Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. – Курск, 2012.

УДК 67.032.22: Высотные здания и сооружения
67.13.85: Организация, комплексная механизация и автоматизация строительно-монтажных работ. Поточные методы производства работ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЛАХТА ЦЕНТР 2

Иванов Артем Сергеевич
СПбГАСУ «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», студент магистратуры кафедры организации строительства
e-mail:artyom230101@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются подходы к совершенствованию организационно-технологических процессов при строительстве высотных зданий на примере Лахта Центр 2. Особое внимание уделяется применению ТИМ-технологий, математических моделей календарного планирования, сетевого проектирования, логистике и управлению качеством. Анализируются ключевые вызовы, пути оптимизации и инновационные решения. Представлены иллюстрации и таблицы, обобщающие полученные результаты. Работа может быть полезна инженерам, проектировщикам и научному сообществу, занимающемуся вопросами высотного строительства.

Ключевые слова: высотное строительство, организационно-технологические процессы, ТИМ, календарное планирование, Лахта Центр 2.

Введение. Строительство высотных зданий – это комплексная задача, которая сочетает инженерные инновации, организационные решения и применение современных технологий. Лахта Центр 2, возводимый в Санкт-Петербурге, является не только архитектурным, но и инженерным вызовом. Его предполагаемая высота более 700 метров делает его самым высоким зданием Европы. Важнейшей составляющей успеха является совершенствование организационно-технологических процессов, которые позволяют минимизировать затраты, снизить сроки строительства и повысить качество работ.

Организационно-технологические вызовы. При строительстве Лахта Центр 2 выявлены следующие основные вызовы: сложность инженерных решений, необходимость координации множества подрядчиков, обеспечение безопасности на высоте, логистика материалов и оборудования, а также высокие требования к качеству [1, 2].

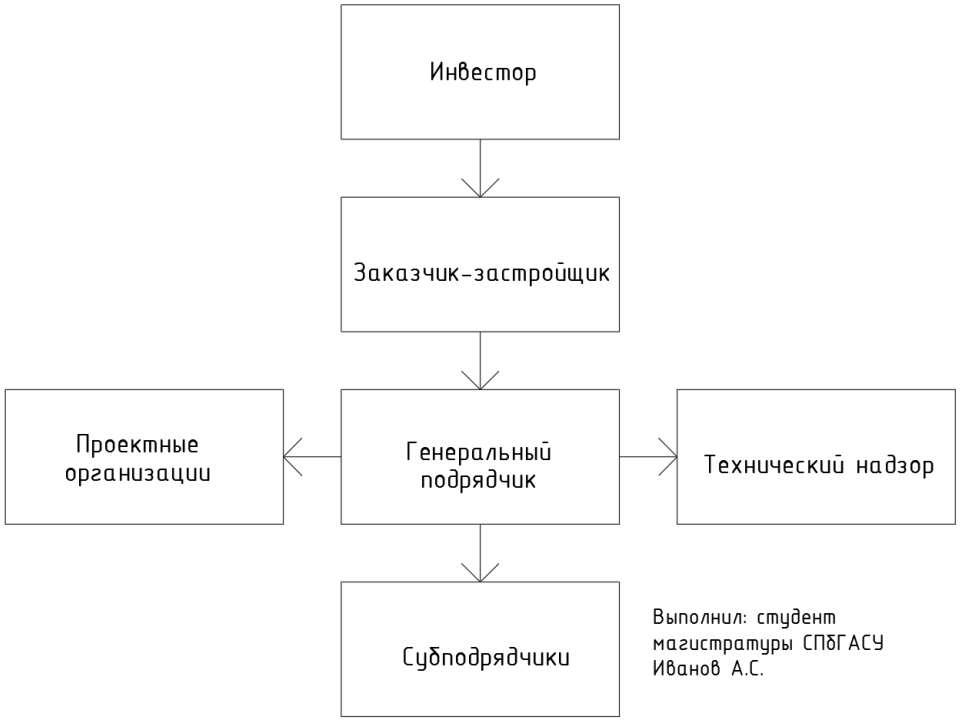


Рис. 1. Структура организационного управления проектом

ТИМ-Технологии Информационного Моделирования

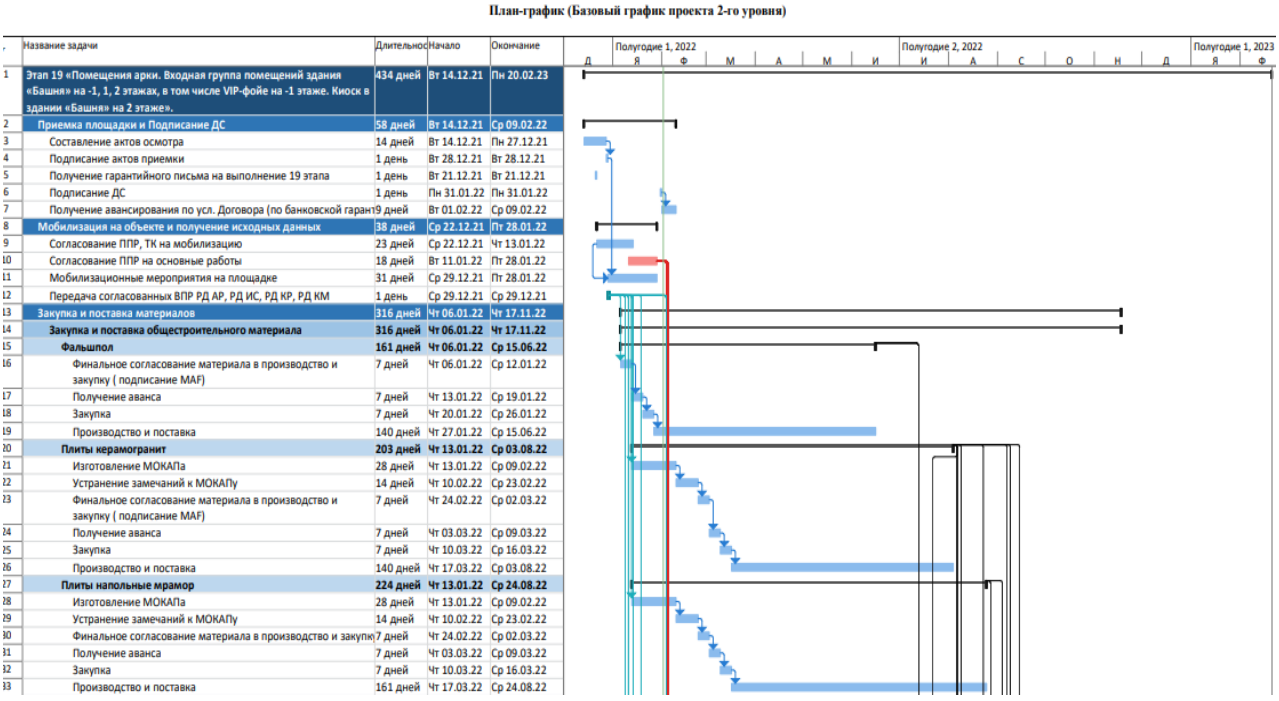
Building Information Modeling (BIM) стал ключевым инструментом. Он позволяет создавать трехмерные цифровые модели здания, что обеспечивает:

- сокращение числа ошибок и коллизий;
- ускорение согласований;
- прозрачность процессов на всех этапах [3, 4].

1. Влияние ТИМ на ключевые показатели проекта

Показатель	До внедрения ТИМ	После внедрения ТИМ
Количество коллизий	120	25
Среднее время согласования	10 дней	3 дня
Срок строительства	60 месяцев	48 месяцев

Календарное и сетевое планирование. Календарное планирование базируется на математических моделях, позволяющих оптимизировать процесс строительства путем объединения строительно-монтажных потоков [5]. Сетевое проектирование, применяемое на Лахта Центр 2, аналогично проектированию объектных потоков (см. рис. 2), обеспечивая гибкость и своевременное выявление отклонений [6].



	Название задачи	Длительность	Начало	Окончание
1	Этап 19 «Помещения арки. Входная группа помещений здания «Башня» на -1, 1, 2 этажах, в том числе VIP-фойе на -1 этаже. Киоск в здании «Башня» на 2 этаже».	434 дней	Вт 14.12.21	Пн 20.02.23
2	Приемка площадки и Подписание ДС	58 дней	Вт 14.12.21	Ср 09.02.22
3	Составление актов осмотра	14 дней	Вт 14.12.21	Пн 27.12.21
4	Подписание актов приемки	1 день	Вт 28.12.21	Вт 28.12.21
5	Получение гарантийного письма на выполнение 19 этапа	1 день	Вт 21.12.21	Вт 21.12.21
6	Подписание ДС	1 день	Пн 31.01.22	Пн 31.01.22
7	Получение авансирования по усл. Договора (по банковской гарант	9 дней	Вт 01.02.22	Ср 09.02.22
8	Мобилизация на объекте и получение исходных данных	38 дней	Ср 22.12.21	Пт 28.01.22
9	Согласование ППР, ТК на мобилизацию	23 дней	Ср 22.12.21	Чт 13.01.22
10	Согласование ППР на основные работы	18 дней	Вт 11.01.22	Пт 28.01.22
11	Мобилизационные мероприятия на площадке	31 дней	Ср 29.12.21	Пт 28.01.22
12	Передача согласованных ВПР РД АР, РД ИС, РД КР, РД КМ	1 день	Ср 29.12.21	Ср 29.12.21
13	Закупка и поставка материалов	316 дней	Чт 06.01.22	Чт 17.11.22
14	Закупка и поставка общестроительного материала	316 дней	Чт 06.01.22	Чт 17.11.22
15	Фальшпол	161 дней	Чт 06.01.22	Ср 15.06.22
16	Финальное согласование материала в производство и закупку (подписание MAF)	7 дней	Чт 06.01.22	Ср 12.01.22
17	Получение аванса	7 дней	Чт 13.01.22	Ср 19.01.22
18	Закупка	7 дней	Чт 20.01.22	Ср 26.01.22
19	Производство и поставка	140 дней	Чт 27.01.22	Ср 15.06.22
20	Плиты керамогранит	203 дней	Чт 13.01.22	Ср 03.08.22
21	Изготовление МОКАПа	28 дней	Чт 13.01.22	Ср 09.02.22
22	Устранение замечаний к МОКАПу	14 дней	Чт 10.02.22	Ср 23.02.22
23	Финальное согласование материала в производство и закупку (подписание MAF)	7 дней	Чт 24.02.22	Ср 02.03.22
24	Получение аванса	7 дней	Чт 03.03.22	Ср 09.03.22
25	Закупка	7 дней	Чт 10.03.22	Ср 16.03.22
26	Производство и поставка	140 дней	Чт 17.03.22	Ср 03.08.22
27	Плиты напольные мрамор	224 дней	Чт 13.01.22	Ср 24.08.22
28	Изготовление МОКАПа	28 дней	Чт 13.01.22	Ср 09.02.22
29	Устранение замечаний к МОКАПу	14 дней	Чт 10.02.22	Ср 23.02.22
30	Финальное согласование материала в производство и закупку	7 дней	Чт 24.02.22	Ср 02.03.22
31	Получение аванса	7 дней	Чт 03.03.22	Ср 09.03.22
32	Закупка	7 дней	Чт 10.03.22	Ср 16.03.22
33	Производство и поставка	161 дней	Чт 17.03.22	Ср 24.08.22

Рис. 2. Схема сетевого календарного проектирования комплекса высотного здания

Логистика и снабжение. Для организации эффективной логистики были задействованы:

1. временные лифтовые системы;
2. Just-in-Time доставка;
3. специальное зонирование складских площадок.

Это позволило минимизировать затраты на хранение и снизить количество простоев техники [7]. Управление качеством и безопасностью. Внедрение автоматизированных систем контроля качества позволило снизить процент дефектов, а многоуровневая система обучения персонала – повысить безопасность на площадке [8].

При проектировании Лахта Центр 2 особое внимание уделялось устойчивости:

- энергоэффективные фасады с интеллектуальным управлением;
- системы рекуперации тепла и воды;
- экологически чистые материалы [9].

2. Основные экологические решения и их эффекты

Решение	Ожидаемый эффект
Энергоэффективные фасады	Снижение энергопотребления на 25%
Рекуперация тепла	Сокращение эксплуатационных затрат
Экологичные материалы	Снижение углеродного следа

Анализ ошибок при реализации проекта Лахта Центр 1 и их учет в проекте Лахта Центр 2

Опыт строительства Лахта Центр 1 – небоскреба высотой 462 метра, который стал визитной карточкой Санкт-Петербурга, – дал ценный материал для анализа и совершенствования организационно-технологических процессов при строительстве Лахта Центр 2.

Среди ключевых ошибок, выявленных на этапе реализации Лахта Центр 1, можно выделить:

- Недостаточную детализацию календарного планирования.

В ряде случаев из-за отсутствия увязки между параллельными процессами возникали накладки при поставках материалов и графике монтажных работ [10].

- Слабую координацию подрядных организаций.

В проекте участвовало более 20 крупных подрядчиков и десятки субподрядчиков, что приводило к пробелам в коммуникациях и потере информации на стыках задач [11].

- Неоптимальную логистику на площадке.

Складские зоны на территории объекта были перегружены, что увеличивало время на поиск материалов и усложняло перемещение техники [12].

- Недостаточное внимание к мониторингу состояния конструкций в реальном времени.

В процессе возведения наблюдались деформации отдельных элементов, выявленные с опозданием, что потребовало доработки проекта [13].

Для Лахта Центр 2 предложены следующие меры по исправлению этих недостатков:

- Применение многоуровневого календарного и сетевого планирования с использованием ТИМ-моделей, обеспечивающих полную прозрачность и синхронизацию всех этапов строительства.
- Создание единого цифрового пространства для всех участников проекта с четким распределением прав доступа, что позволяет уменьшить риск потери информации.
- Организация логистических потоков на основе принципа Just-in-Time с интеграцией датчиков мониторинга запасов и движения материалов.
- Внедрение сенсорных систем мониторинга конструкций, фиксирующих деформации и нагрузки в реальном времени, что позволяет оперативно реагировать на отклонения и вносить корректировки в проектные решения.

3. Ошибки проекта Лахта-Центр 1 и меры их устранения в проекте Лахта-Центр 2

Ошибки Лахта Центр 1	Предлагаемые решения в Лахта Центр 2
Недостаточная детализация календарных планов	Внедрение ТИМ и многоуровневого планирования
Слабая координация участников проекта	Единое цифровое пространство с разграничением доступа
Неоптимальная логистика	Just-in-Time, цифровой мониторинг движения материалов
Отсутствие мониторинга конструкций в реальном времени	Сенсорные системы контроля нагрузок и деформаций

Этот опыт показывает, насколько важно системное совершенствование всех аспектов строительства, особенно при реализации уникальных объектов, каковыми являются Лахта Центр 1 и Лахта Центр 2.

Заключение. Опыт Лахта Центр 2 показывает, что совершенствование организационно-технологических процессов невозможно без интеграции ТИМ, сетевого и календарного планирования, современных логистических и экологических решений. Такие подходы позволяют существенно повысить эффективность, качество и устойчивость строительства. Полученные результаты могут быть применены при реализации других проектов высотного строительства как в России, так и за рубежом.

Список использованных источников

1. Eastman, C., et al. (2011). BIM Handbook. Wiley.
2. Kerzner, H. (2017). Project Management: A Systems Approach. Wiley.
3. Smith, P. (2016). Logistics in Construction. London: Taylor & Francis.
4. United Nations. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.
5. Гаврилов, Ю. П. (2020). Контроль качества в строительстве. – М. : Проспект.
6. Гусев, А. Н. (2021). Информационное моделирование зданий. – М. : Стройиздат.
7. Козлов, В. Г. (2019). Инновационные технологии в строительстве. – СПб. : СПбГАСУ.
8. Лебедев, А. А. (2018). Планирование строительства. – М. : АСВ.
9. Мухина, С. В., & Иванов, Д. П. (2020). Организация строительного производства. – М. : АСВ.

УДК 691.32
67.09.33: Бетоны. Железобетон. Строительные растворы, смеси, составы

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

Ильина Лилия Владимировна
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет», доктор технических наук, профессор
e-mail: *l.ilina@sibstrin.ru*

Вишняков Никита Сергеевич
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет», аспирант
e-mail: *vischniackov.nikita@yandex.ru*

Шихалев Александр Евгеньевич
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет», магистрант
e-mail: *a.shikhalev@sibstrin.ru*

Введение. Введение минеральных добавок в бетонную смесь открывает путь к значительному увеличению прочности цементного камня. Этот эффект достигается благодаря комплексному воздействию: во-первых, минеральные частицы активно влияют на процесс гидратации цемента, оптимизируя его, а во-вторых, если модуль упругости добавки превосходит аналогичный показатель цементного камня, то при приложении внешней нагрузки именно минеральные включения принимают на себя основной удар, оберегая более хрупкую цементную матрицу от разрушения. Таким образом, достигается синергетический эффект, позволяющий цементному камню выдерживать значительно большие нагрузки [1 – 12].

Цель работы – разработка научно обоснованного технологического решения, обеспечивающего получение цементного бетона стойкого к расслаиванию, обладающего повышенными физико-механическими свойствами, путем введения полифункциональной добавки, состоящей из микродисперсных минеральных компонентов способных упрочнять и уплотнять цементный композит.

Задачи исследования:

- проведение анализа воздействия тестообразующих минеральных добавок (тонкодисперсный доломит) на технологические свойства цементных смесей;
- проведение анализа воздействия тестообразующих минеральных добавок (тонкодисперсный доломит) на физико-механические свойства цементного композита;
- проведение анализа воздействия пуццолановых минеральных добавок (тонкодисперсный диатомит) на технологические свойства цементных смесей;
- проведение анализа воздействия пуццолановых минеральных добавок (тонкодисперсный диатомит) на физико-механические свойства цементного композита.

Научной гипотезой стало предположение о том, что повышение связности бетонной смеси и увеличение комплекса физико-механических свойств бетона, полученного из этой смеси, возможно обеспечить введением полифункциональной добавки, состоящей из:

– микродисперсного минерального тестообразующего компонента (доломита), способного выступать центрами кристаллизации, уплотнять цементный композит вследствие закона подобия с клинкерными минералами;

– дисперсной пуццолановой добавки (диатомит) способной снижать количество портландита.

Материалы и методы исследования. В качестве вяжущего вещества использовался портландцемент класса ЦЕМ I прочностью 42,5, быстротвердеющий, выпускаемый компанией ООО «Сухоложск-цемент», расположенной в Свердловской области, город Сухой Лог. Химический и минералогический состав портландцементного клинкера указан в табл. 1 и 2.

1. Химический состав портландцементного клинкера, %

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	$Na_2O + 0{,}658K_2O$	CI	Нерастворимый остаток
22,00	5,40	3,40	59,50	3,30	3,70	0,77	0,02	4,00

2. Минералогический состав в % цементного клинкера

C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
62,5	15,6	6,4	10,3

Основные характеристики цемента представлены в табл. 3.

3. Техническая характеристика портландцемента

№ п/п	Наименование показателя	Требуемое значение	Фактическое значение
1	Тонкость помола (остаток на сите № 008), %	Не нормируется	1,0
2	Удельная поверхность, $м^2/кг$	Не нормируется	406
3	Сроки схватывания:		
	– начало, мин	Не ранее 60	133
	– конец, мин	Не нормируется	219
4	Равномерность изменения объема (расширение), мм	Не более 10	0,67
5	Нормальная густота, %	Не нормируется	28,8
6	Прочность при изгибе:		
	– в возрасте 2 суток, МПа	Не нормируется	5,1
	– в возрасте 28 суток, МПа	Не нормируется	9,3
7	Прочность при сжатии:		
	– в возрасте 2 суток, МПа	Не менее 20,0	27,3
	– в возрасте 28 суток, МПа	От 42,5 до 62,5	57,2

В качестве мелкого заполнителя использовался кварцевый песок, поставляемый ООО «Старица», месторождение которого находится в Новосибирской области, в районе поселка Приобский. Характеристика песка и его зерновой состав приведены в табл. 4 и 5.

4. Характеристика песка

Наименование месторождения	Насыпная плотность, $кг/м^3$	Модуль крупности	Класс песка	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	Содержание глины в комках, %
Карьер «Кучино»	1550	2,21	I	1,5	0

5. Зерновой состав используемого песка

Наименование показателей	Значения показателей					
Размер отверстий контрольных сит, мм	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16
Полные остатки на контрольных ситах А, % по массе	0	5,85	11,84	34,41	73,42	94,66

В качестве минеральных добавок использовались: тонкодисперсный доломит и тонкодисперсный доломит. Характеристики модификаторов приведены в табл. 6 и 7.

6. Характеристика тонкодисперсного доломита

Наименование показателей	Норма по ТУ	Фактические данные
Содержание доли суммы $CaCO_3 + MgCO_3$, %, не менее	н.м. 98,0	99,26
Содержание доли $MgCO_3$, %, не более	н.б. 0,2	0,18
Массовая доля Fe_2O_3, %	н.б. 0,2	0,17
Массовая доля водорастворимых солей, %	н.б. 0,3	0,2
Массовая доля веществ не растворимых в 15% растворе соляной кислоты, %	н.б. 2,0	0,3
Массовая доля влаги, %	н.б. 0,5	0,2

7. Характеристика тонкодисперсного диатомита

Наименование показателей		ТУ	Факт
Насыпная плотность, $кг/м^3$, не более		230	183
Массовая доля остатка на сите:	№ 01	0	0
(по ГОСТ 6613), %, не более	№ 0045	0	0
Массовая доля влаги, %, не более		5,0	3,2
Рн 10% суспензии		6…8	7,0
Массовая доля потерь при прокаливании, %, не более		10,0	5,3
Удельная поверхность, $см^2/г$ (ПСХ)		30 000 ± 3000	30 160
Массовая доля SiO_2, %, не менее		85	86,5
Массовая доля Al_2O_3, не более		7,0	6,8
Массовая доля Fe_2O_3, не более		3,0	2,9

Испытания проводились по ГОСТ 30744–2001. Моделирование составов цементно-песчаных смесей производился методом многофакторного планирования эксперимента.

Эксперимент и его обсуждение. Работа заключается в определении влияния минеральных модификаторов на прочность цементного вяжущего. Для этого в совместном действии использовались две минеральные добавки: тонкодисперсный доломит и тонкодисперсный диатомит. Доломит добавлялся с размером частиц 20, 40 и 60 микрометров, в пропорциях от 3 до 9 процентов от общей массы цемента. Для диатомита был зафиксирован постоянный размер частиц – 5 мкм, а его содержание в цементном растворе варьировалось от 4 до 12 процентов от массы цемента.

Введение в бетонную смесь доломита, способствует:

1) увеличению теста в составе бетонной смеси. Таким образом, в свежеприготовленной бетонной смеси повышается подвижность и снижается расслоение (седиментация) бетонной смеси;

2) уплотнению цементной матрицы композита. Таким образом, в цементном композите изменяется поровая структура и уменьшается пористость;

3) увеличению прочности цементного композита, так как вследствие химического сродства с клинкерными минералами и продуктами их гидратации он выступает центрами кристаллизации гидратных новообразований.

Введение в бетонную смесь диатомита, позволяет за счет его пуццоланического действия, уменьшить количество портландита в затвердевшей цементной системе. Таким образом, увеличивается прочность бетона.

Моделирование составов цементно-песчаных смесей производился методом многофакторного планирования эксперимента. Испытания проведены по плану, приведенному в табл. 8, 9. Для каждого фактора, исследуемого в данном эксперименте, принят условный нулевой уровень.

8. Значения факторов варьирования

Наименование фактора	Условное обозначение	Уровень варьирования факторов		
		–1	0	+1
Количество доломита, мас. % от портландцемента	X_1	3	6	9
Дисперсность доломита, мкм	X_2	20	40	60
Количество диатомита, мас. % от портландцемента	X_3	4	8	12

9. Составы исследуемых цементно-песчаных смесей

Наименование факторов	Номер состава																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Количество доломита, мас. % от цемента	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Дисперсность доломита, мкм	20	20	20	40	40	40	60	60	60	20	20	20	40	40	40	60	60	60	20	20	20	40	40	40	60	60	60
Количество диатомита, мас. % от цемента	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12

Результаты испытаний цементно-песчаных образцов приведены в табл. 10, 11.

10. Результаты испытаний цементно-песчаных образцов (1 сутки)

№ п/п	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при сжатии, МПа	№ п/п	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при сжатии, МПа
Контрольный	2,3	11,5	14	2,9	19,7
1	3,5	20,7	15	2,8	17,1
2	3,7	27,3	16	2,7	15,5
3	3,5	24,5	17	2,8	17,9
4	3,4	18,6	18	2,7	16,0
5	3,6	21,8	19	2,4	12,4
6	3,4	20,7	20	2,6	13,7
7	3,4	17,9	21	2,5	12,1
8	3,5	20,6	22	2,3	11,1
9	3,3	19,8	23	2,3	12,2
10	3,0	17,2	24	2,2	10,8
11	3,1	21,7	25	2,1	9,6
12	2,9	19,2	26	2,1	10,1
13	2,9	16,5	27	2,0	9,3

11. Результаты испытаний цементно-песчаных образцов (28 сутки)

№ п/п	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при сжатии, МПа	№ п/п	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при сжатии, МПа
Контрольный	7,8	39,2	14	8,4	49,2
1	8,8	48,3	15	7,9	42,5
2	9,1	60,8	16	7,9	38,7
3	8,7	55,1	17	8,0	44,8
4	8,6	46,3	18	7,7	39,9
5	8,9	54,2	19	8,1	35,4
6	8,4	51,8	20	8,6	39,2
7	8,5	44,5	21	8,2	34,5
8	8,8	51,6	22	7,5	33,6
9	8,2	49,7	23	7,8	37,1
10	8,7	43,1	24	7,5	32,8
11	8,8	54,3	25	7,1	31,5
12	8,3	48,1	26	7,2	33,6
13	8,2	41,3	27	6,9	33,7

Изучая полученные данные видно, что введение тонкодисперсных минеральных добавок позволяет значительно увеличить прочностные характеристики модифицированного цемента. Прочность на 28 сутки составила 60,8 МПа при сжатии и 9,1 МПа при изгибе. Процент увеличения прочности по сравнению с контрольными испытаниями составил 55,1% – на сжатие и 16,7% для изгиба. Оптимальным соотношением использования минеральных добавок является состав с содержанием доломита дисперсностью 20 мкм в количестве 3-х процентов от массы цемента и диатомита 8-ми процентов.

В результате математической обработки экспериментальных данных составлены уравнения регрессии и графики по ним для прочностных характеристик модифицированного цемента:

– прочность образцов на первые сутки (изгиб):

$$y1_{izg}(x_1, x_2, x_3) = 4{,}07 - 0{,}22x_1 - 0{,}01x_2 + 0{,}12x_3 + 0{,}001x_1^2 - 0{,}01x_3^2;$$

– прочность образцов на первые сутки (сжатие)

$$-y1_{sg}(x_1, x_2, x_3) = 18{,}06 + 0{,}43x_1 - 0{,}18x_2 + 2{,}42x_3 - 0{,}18x_1^2 + 0{,}001x_2^2 - 0{,}14x_3^2;$$

– прочность образцов двадцать восьмые сутки (изгиб)

$$y28_{izg}(x_1, x_2, x_3) = 9{,}26 - 0{,}13x_1 - 0{,}03x_2 + 0{,}29x_3 - 0{,}01x_1^2 + 0{,}002x_2^2 - 0{,}02x_3^2;$$

– прочность образцов двадцать восьмые сутки (сжатие)

$$y28_{sg}(x_1, x_2, x_3) = 40{,}96 - 0{,}57x_1 - 0{,}24x_2 + 5{,}84x_3 - 0{,}19x_1^2 + 0{,}001x_2^2 - 0{,}34x_3^2.$$

В результате математической обработки экспериментальных данных можно констатировать, что фактором, оказывающим максимальное влияние на прочность цементно-песчаных образцов при изгибе и сжатии, является количество диатомита, вводимого раствор.

Заключение. Разработана комплексная упрочняющая добавка для цементных систем, состоящая из двух компонентов:

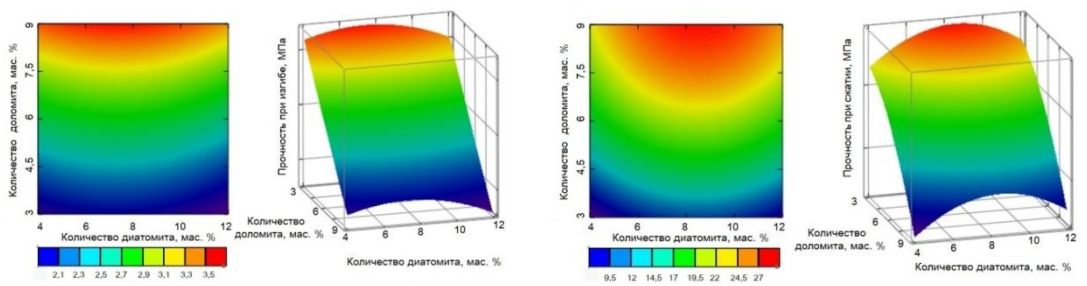
1) тонкодисперсный доломит – отвечает за:
– снижение расслоения бетонной смеси, за счет увеличения теста в составе цементно-песчаного раствора;
– уменьшение пористости цементного камня, за счет уплотнения цементной матрицы композита;
– увеличение прочности, за счет выступления центрами кристаллизации гидратных новообразований.

2) тонкодисперсный диатомит – отвечает за увеличение прочности бетона, за счет его пуццоланического действия, уменьшается количество портландита в затвердевшей цементной системе.

Прочность модифицированных образцов на 28 сутки составила 60,8 МПа при сжатии и 9,1 МПа при изгибе. Процент увеличения прочности по сравнению с контрольными испытаниями составил 55,1% – на сжатие и 16,7% для изгиба.

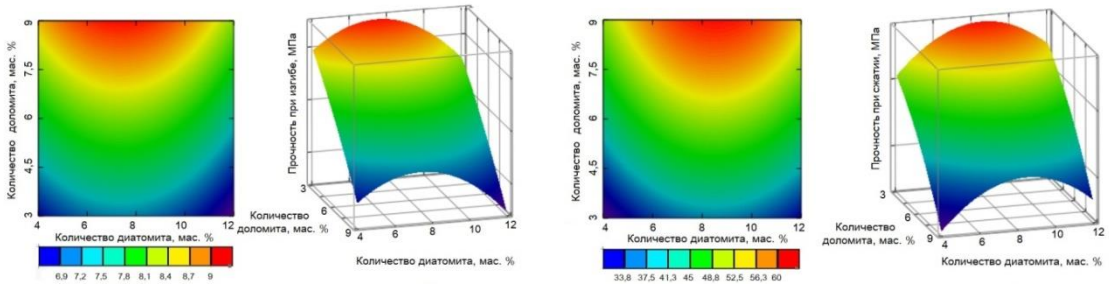
Выявлено оптимальное соотношение использования минеральных наполнителей в смеси – доломит дисперсностью 20 мкм в количестве 3-х процентов от массы цемента и диатомит размером частиц 5 мкм в дозировке 8-ми процентов.

Составлены уравнения регрессии и графики по прочностям для 1-х и 28-х суток твердения. Определено, что основным фактором, влияющим на прочность вяжущего, является количество тонкодисперсного диатомита.



а) *б*)

Рис. 1. Зависимость прочностных характеристик модифицированного цемента от количества и свойств добавок: *а* – изгиб (1 сутки); *б* – сжатие (1 сутки)



а) *б*)

Рис. 2. Зависимость прочностных характеристик модифицированного цемента от количества и свойств добавок: *а* – изгиб (28 сутки); *б* – сжатие (28 сутки)

Список использованных источников

1. Изменение технологических свойств и прочностных характеристик высокоподвижного бетона введением комплексного модификатора / Л. В. Ильина, Г. И. Бердов, Н. С. Вишняков, Д. А. Цекарь // Строительные материалы. – 2024. – № 1-2. – С. 15 – 21.
2. Ильина, Л. В. Повышение физико-механических свойств высокоподвижного тяжелого бетона / Л. В. Ильина, И. Л. Чулкова, Н. С. Вишняков // Эксперт: теория и практика. – 2024. – № 2(25). – С. 18 – 23.
3. Ильина, Л. В. Повышение прочности тяжелого бетона при использовании дисперсных минеральных добавок / Л. В. Ильина, Г. И. Бердов, Н. О. Гичко // Вестник ВСГУТУ. – 2023. – № 1(88). – С. 66 – 72.
4. Ильина, Л. В. Упрочнение цемента путем ввода тонкодисперсных минеральных добавок / Л. В. Ильина, Н. О. Гичко, А. К. Туляганов // Цемент и его применение. – 2022. – № 3. – С. 52 – 55.
5. Высокоэффективные самоуплотняющиеся бетонные смеси и высокопрочные бетоны на их основе / В. Я. Соловьева, Ф. М. Шварц, И. В. Степанова, Д. В. Соловьев // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2019. – № 11(1023). – С. 48 – 50.
6. Садрашева, А. О. Влияние тонкодисперсных минеральных добавок на структуру и прочность цементного камня / А. О. Садрашева, А. В. Песоцкий // Ползуновский альманах. – 2016. – № 1. – С. 181 – 184.
7. Володин, В. В. Самоуплотняющиеся мелкозернистые бетоны с минеральными добавками на основе глинистых и карбонатных пород / В. В. Володин, Т. А. Низина // Эксперт: теория и практика. – 2023. – № 1(20). – С. 63 – 68.
8. Несветаев, Г. В. Влияние некоторых минеральных добавок на свойства мелкозернистых бетонов и строительных растворов / Г. В. Несветаев, И. А. Животкова // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 5(113). – С. 388 – 402.
9. Исследование влияния суперпластифицирующих и минеральных добавок на свойства бетона / А. А. Шепитько, К. К. Серегин, М. А. Вербель, Л. М. Добшиц // Соискатель – приложение к журналу «Мир транспорта». – 2023. – № 3(14). – С. 39 – 43.
10. Эффекты микронаполняющих минеральных добавок в бетоне / А. Шарифов, А. А. Акрамов, У. Х. Умаров и др. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – № 1(49). – С. 150 – 154.
11. Ярбулдыев, Х. Р. Оптимизация подвижности бетона: минеральные добавки / Х. Р. Ярбулдыев // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии : сб. ст. XXVI Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 28–29 марта 2024 года. – Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 542 – 545.
12. Езерский, В. А. Улучшение свойств мелкозернистого бетона с помощью комплексных минеральных добавок / В. А. Езерский, Н. В. Кузнецова, А. И. Дубровин // Строительные материалы. – 2015. – № 6. – С. 4 – 8.

УДК 691.32
67.09.33: Бетоны. Железобетон. Строительные растворы, смеси, составы

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАБОРА ПРОЧНОСТИ В ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ВВЕДЕНИИ КОМПЛЕКСНОГО МОДИФИКАТОРА

Ильина Лилия Владимировна
Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (*Сибстрин*)»
(*г. Новосибирск, Российская Федерация*),
доктор технических наук, профессор, директор института цифровых и инженерных технологий, научный руководитель, профессор кафедры «строительных материалов, стандартизации и сертификации»
e-mail: *nsklika@mail.ru*

Цекарь Денис Анатольевич
Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (*Сибстрин*)»
(*г. Новосибирск, Российская Федерация*), *аспирант*
e-mail: *tsekden@gmail.com*

Кабаков Иван Алексеевич
Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (*Сибстрин*)»
(*г. Новосибирск, Российская Федерация*), *студент*
e-mail: *i.kabakov@sibstrin.ru*

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию влияния состава и количества комплексной модифицирующей добавки, состоящей из минеральной (мелкодисперсные кристаллогидраты портландцемента) и органической (поликарбоксилатный пластификатор) составляющих на прочностные характеристики портландцемента. Используя центрально-композиционное планирование и метод наименьших квадратов, получен ряд регрессионных моделей второго порядка, позволяющих предсказывать прочность бетона при различных сроках твердения. Результаты показывают высокую точность предложенных моделей, подтвержденную высоким коэффициентом детерминации.

Ключевые слова: дисперсные минеральные добавки, цементная матрица, упрочняющая добавка, регрессионные модели, моделирование процессов набора прочности.

Введение. Стратегия развития строительного комплекса России до 2030 года, предусматривает развитие инновационных технологий производства строительных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками. По прогнозам многих ученых, ультра- и нанотехнологии в XXI веке станут одними из наиболее перспективных при производстве строительных материалов [5 – 7, 9, 13]. Применение таких технологий в производстве строительных материалов актуально уже сегодня, так как позволяет существенно расширить возможности использования композиционных материалов на основе цементных вяжущих посредством направленного управления структурообразованием и формированием заданных прочностных характеристик композиционного материала путем введения первичных ультра- и наноразмерных компонентов [4, 8, 14, 15]. Применение ультра- и нано дисперсных минеральных добавок, размеры которых мельче зерен цемента, являющихся центрами кристаллизации гидратных новообразований при твердении цемента, может обеспечить получение плотной и прочной структуры цементного камня.

В настоящее время одним из главных направлений развития строительной отрасли является разработка эффективных энерго- и ресурсосберегающих технологий производства строительных материалов с высокими физико-механическими свойствами. Достижение таких требований связано с научно-обоснованным выбором сырьевых ресурсов, в том числе модифицирующих добавок, формированием оптимальной структуры и свойств композиционных строительных материалов, повышению их конкурентоспособности на российском и на мировом рынках [4 – 6, 9, 13, 15].

Цель настоящей работы – разработка и проверка регрессионных моделей, описывающих зависимость прочности бетона от состава и содержания комплексной модифицирующей добавки, состоящей из минеральной (мелкодисперсные кристаллогидраты портландцемента) и органической (поликарбоксилатный пластификатор) составляющих. Для достижения этой цели использовались методы центральной композиционной плановой процедуры и метода наименьших квадратов [1, 2, 10 – 12].

1. **Методы и материалы.** В качестве вяжущего вещества в работе использовался портландцемент ЦЕМ I 42,5Н ООО «Ачинский цемент» (г. Ачинск, Красноярский край), который имел следующий минеральный состав: C_3S – 67%, C_2S – 11%, C_3A – 5%, C_4AF – 13%. Химический состав клинкера, по данным производителя, приведен в табл. 1.

1. Химический состав портландцементного клинкера, % мас.

CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	SO_3	п.п.п.
65,57	21,56	4,46	4,30	1,86	0,65	0,25

В качестве мелкого заполнителя применялся кварцевый песок Катковского карьера (Новосибирская область), обладающий следующими свойствами: модуль крупности – 1,88; насыпная плотность – 1550 кг/м^3. Остальные показатели соответствовали требованиям ГОСТ 8736–2014.

В качестве суперпластификатора использовался поликарбоксилатный суперпластификатор «ПОЛИПЛАСТ ПК», представляющий собой сополимер на основе полиоксиэтиленовых производных ненасыщенных карбоновых кислот в сухой форме в виде порошка или гранул.

Процесс подготовки дисперсной минеральной добавки включал измельчение цементного камня на мельнице-активаторе планетарного типа АГО-2, полученного из цементного теста нормальной густоты из цемента ЦЕМ I 42,5Н ООО «Ачинский цемент». Цементный камень твердел при этом 28 суток в стандартных условиях. По результатам ранее проведенного эксперимента измельчение производилось в течение 60 секунд до среднего диаметра частиц 5,9 мкм [3].

Для приготовления цементно-песчаного раствора полученную добавку вводили в портландцемент в сухом состоянии. Цементно-песчаный раствор приготавливался соотношения 1:3 нормальной консистенции, из которого затем формировались образцы – балочки размером 40×40×160 мм, с уплотнением состава в форме при помощи вибростола. На 1 и 28 сутки твердения в нормальных условиях образцы подвергались механическим испытаниям. Прочность образцов определялась в соответствии с ГОСТ 310.4–81.

Моделирование состава цементной матрицы и технологических параметров диспергирования минеральной добавки осуществлялось методом многофакторного планирования эксперимента. Для изучения влияния количества добавки и количества пластификатора на прочностные показатели при изгибе применяли метод наименьших квадратов. Метод наименьших квадратов использовался для построения семейств регрессионных моделей второго порядка. Модели включают линейные члены, квадраты факторов и перекрестные произведения.

2. **Планирование, результаты и обсуждение эксперимента.** Для определения оптимального количества минеральной добавки и количества применяемого пластификатора был проведен эксперимент в соответствии с планом, приведенном в табл. 2, 3. По каждому фактору принято нулевое значение. За контрольный состав принят бездобавочный состав.

Доля добавки принималась 1, 2, 3% от массы цемента, доля пластификатора – 0,3, 0,6, 0,9% от массы цемента.

Результаты испытаний приведены в табл. 4.

2. Значения факторов варьирования

Наименование фактора	Условное обозначение	Уровень варьирования факторов		
		–1	0	+1
Количество минеральной добавки, мас. % от портландцемента	X_1	1	2	3
Количество пластификатора, мас. % от портландцемента	X_2	0,3	0,6	0,9

3. Матрица планирования (3^2)

№ состава	Матрица планирования	
	x_1	x_2
1	–1	–1
2	–1	0
3	–1	+1
4	0	–1
5	0	0
6	0	+1
7	+1	–1
8	+1	0
9	+1	+1

Эксперимент выявил, что при модификации (табл. 4) его прочностные характеристики:

- в возрасте 1 суток твердения – при сжатии до 30,1 МПа, а при изгибе до 9,8 МПа;
- в возрасте 28 суток твердения – при сжатии до 98,2 МПа, а при изгибе до 11,3 МПа.

4. Влияние состава модифицирующей добавки на прочностные характеристики цемента

№ состава	Факторы варьирования		Количество воды затворения, мл	Прочностные показатели, МПа	
	количество минеральной добавки, мас. % от цемента	количество пластификатора, мас % от цемента		прочность при изгибе	Прочность при сжатии
Продолжительность твердения 1 сутки					
контр	0	0	220	5,2	12,5
К-1	1	0	216	5,4	20,0
К-2	2	0	211	9,6	23,1
К-3	3	0	204	5,5	22,1
К-0,3	0	0,3	213	5,3	14,0
К-0,6	0	0,6	209	5,3	15,8
К-0,9	0	0,9	203	5,4	13,1
1	1	0,3	208	5,7	27,3
2	1	0,6	204	5,8	28,0
3	1	0,9	198	5,7	26,8
4	2	0,3	204	5,8	28,5
5	2	0,6	200	5,9	30,1
6	2	0,9	194	5,9	29,0
7	3	0,3	199	9,8	26,2
8	3	0,6	194	9,8	26,7
9	3	0,9	189	9,7	25,1
Продолжительность твердения 28 суток					
контр	0	0	220	10,1	43,0
К-1	1	0	216	10,3	67,2
К-2	2	0	211	10,7	77,6
К-3	3	0	204	10,5	71,4
К-0,3	0	0,3	213	10,2	50,1
К-0,6	0	0,6	209	10,3	56,0
К-0,9	0	0,9	203	10,3	58,7
1	1	0,3	208	10,8	88,8
2	1	0,6	204	10,9	91,1
3	1	0,9	198	10,7	87,6
4	2	0,3	204	11,1	94,1
5	2	0,6	200	11,3	98,2
6	2	0,9	194	11,2	95,3
7	3	0,3	199	10,9	84,8
8	3	0,6	194	11,1	87,2
9	3	0,9	189	10,9	81,5

Обработка экспериментальных данных производилась с использованием математических методов. В результате математической обработки экспериментальных данных получены следующие уравнения регрессии, графики изолиний и поверхности (рис. 1, 2) влияния количества добавки и количества пластификатора на прочностные показатели:

– при изгибе для сроков твердения в 1 сутки:

$$y1_{izg}(x_1, x_2) = 4{,}98 + 0{,}56x_1 + 1{,}18x_2 - 0{,}13x_1^2 - 0{,}85x_2^2 - 0{,}07x_1x_2; \quad (1)$$

– при изгибе для сроков твердения на 28 сутки:

$$y28_{izg}(x_1, x_2) = 9{,}69 + 0{,}86x_1 + 2{,}03x_2 - 0{,}19x_1^2 - 1{,}6x_2^2 - 0{,}04x_1x_2\ ; \quad (2)$$

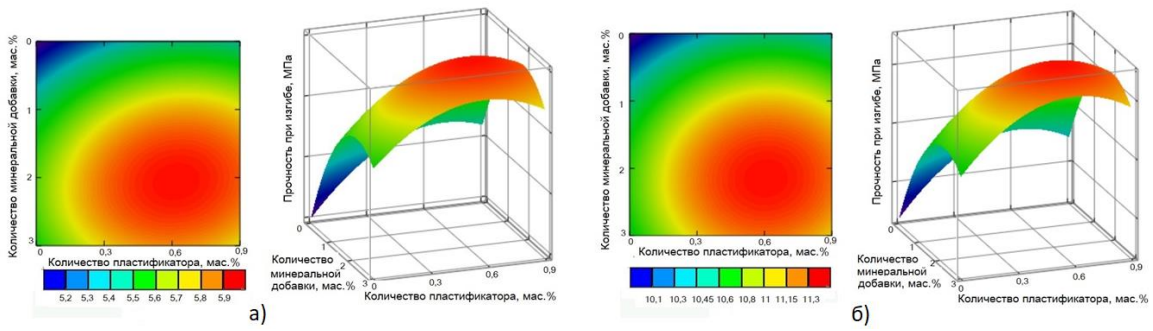


Рис. 1. Графики зависимости прочности при изгибе от количества минеральной добавки и количества пластификатора для времени твердения:
а – 1 сутки; *б* – 28 сутки

– при сжатии для сроков твердения в 1 сутки:

$$y1_{sg}(x_1, x_2) = 8{,}3 + 15{,}74x_1 + 24{,}8x_2 - 3{,}84x_1^2 - 20{,}2x_2^2 - 0{,}73x_1x_2\ ; \quad (3)$$

– при сжатии для сроков твердения на 28 сутки:

$$y28_{sg}(x_1, x_2) = 32{,}01 + 46{,}27x_1 + 77{,}63x_2 - 11{,}14x_1^2 - 54{,}86x_2^2 - 5{,}54x_1x_2. \quad (4)$$

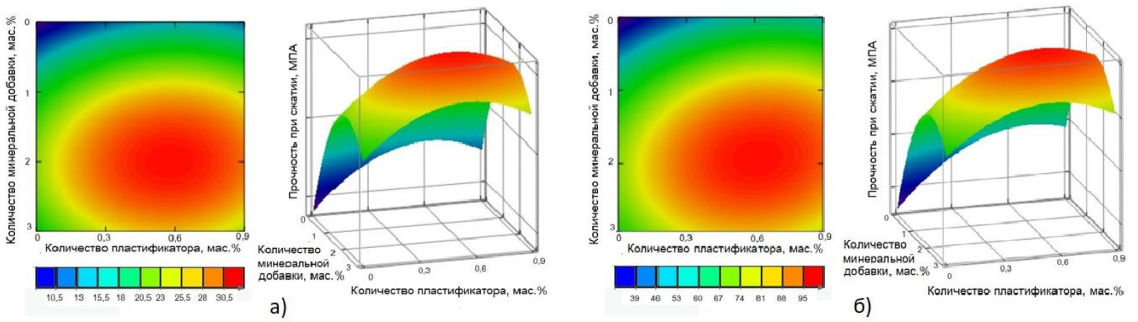


Рис. 2. Графики зависимости прочности при сжатии от количества минеральной добавки и количества пластификатора для времени твердения:
а – 1 сутки; *б* – 28 сутки

Все графики изолиний и поверхности прошли проверку на адекватность. Вычисление коэффициента детерминации (R^2) показало высокую степень соответствия модели экспериментальным данным (R^2 = 0,96 – 0,99), что подтверждает их надежность.

Из уравнений регрессии можно констатировать, что при введении комплексной добавки прочностные показатели цемента (прочность при сжатии и при изгибе) увеличиваются. При этом оба фактора варьирования (количество минеральной составляющей и количество пластификатора) оказывают положительное влияние на упрочнение цемента. Наибольшее влияние на увеличение прочностных показателей оказывает изменение количества минеральной добавки.

Заключение. Проведенные исследования показали, что:

1 Наибольшими прочностными показателями обладает вяжущее, модифицированное комплексной добавкой. При этом, прочность при сжатии в возрасте 1 суток твердения составила 30,1 МПа, в возрасте 28 суток – 98,2 МПа.

2. Наибольшей прочностью при изгибе обладает вяжущее:

- модифицированное комплексной добавкой, состоящей из 3 мас. % минеральной составляющей и 0,3…0,6 мас. % органической составляющей. При этом, прочность при изгибе в возрасте 1-х суток твердения составила 9,8 МПа,
- модифицированное комплексной добавкой в количестве 2 мас. % минеральной составляющей и 0,6 мас. % органической составляющей в возрасте 28 суток твердения – до 11,3 МПа.

3. Упрочняющий эффект от введения добавок объясняется тем, что:

- дисперсная минеральная составляющая комплексной добавки может выступать центрами кристаллизации гидратных новообразований вследствие ее химического сродства с клинкерными минералами и продуктами их гидратации,
- при введении органической составляющей снижается количество воды затворения, что приводит к уплотнению структуры цементной матрицы.

4. Разработанные регрессионные модели позволяют точно прогнозировать количество комплексной добавки, что открывает новые возможности для создания модифицированных цементов с заданными свойствами.

Список использованных источников

1. Кабанов, В. Н. Экспериментальное исследование свойств бетонов, строительных растворов и сухих смесей: учебно-практическое пособие / В. Н. Кабанов, Ю. Н. Николаев ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2015. – 112 с.
2. Воскобойников, Ю. Е. Эконометрика в EXCEL: парные и множественные регрессионные модели : учебное пособие / Ю. Е. Воскобойников. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2016. – 260 с.
3. Ильина, Л. В., Влияние модифицирования цементной матрицы тонкодисперсной минеральной добавкой на ее характеристики / Л. В. Ильина, С. М. Анпилов, Д. А Цекарь // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2025. – № 1(62). – С. 155 – 165.
4. Моделирование процессов кинетики цементных композитов, модифицированных кальций-содержащими добавками / Л. В. Ильина, С. В. Самченко, М. А. Раков, Д. А. Зорин // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – 2023. – Т. 15, № 5. – С. 494 – 503.
5. Изменение технологических свойств и прочностных характеристик высокоподвижного бетона введением комплексного модификатора/ Л. В. Ильина, Г. И. Бердов, Н. С. Вишняков, Д. А. Цекарь // Строительные материалы. – 2024. – № 1-2. – С. 15 – 21.
6. Каприелов, С. С. Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов / С. С. Каприелов, А. В. Шейнфельд, В. Г. Дондуков. // Строительные материалы. – 2017. – № 11. – С. 4 – 10.
7. Бетоны нового поколения на основе сухих тонкозернисто-порошковых смесей / В. И. Калашников, О. В. Тараканов, Ю. С Кузнецов и др. // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 8. – С. 47 – 52.
8. Копаница, Н. О. Комплексные добавки на основе вторичных ресурсов для модификации цементных композиций / Н. О. Копаница, О. В. Демьяненко, А. А. Куликова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334, № 1. – С. 136 – 144.
9. Лесовик, В. С. Композиты нового поколения для специального строительства / В. С. Лесовик, Р. С. Федюк // Строительные материалы. – 2021. – № 3. – С. 9 – 17.
10. Михайлова, Н. А. Множественные регрессионные модели прочности бетона на сжатие / Н. А. Михайлова, И. В. Стефаненко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2017. – № 49(68). – С. 30 – 42.
11. Поляков, С. И. Регрессионные модели прочности контрольных образцов бетона / С. И. Поляков, Д. А. Зимин, С. Ю. Корж // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2020. – № 2(20). – С. 103 – 107.
12. Слободина, В. О. Линейные регрессионные модели в прикладных задачах / В. О. Слободина : редкол. : Е.А. Бойцова (отв. ред.) и др. // Математика и ее приложения в современной науке и практике : сб. науч. ст. VII Междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 54 – 60.
13. Тараканов, О. В. Принципы получения высокопрочных бетонов с использованием местных сырьевых ресурсов / О. В. Тараканов, Х. Б. Фишер // Эксперт: теория и практика. – 2024. – № 3(26). – С. 112 – 117.
14. Dabbaghi, F. Characterizing fiber reinforced concrete incorporating zeolite and metakaolin as natural pozzolans / F. Dabbaghi, A. Sadeghi-Nik, N.A. Libre, S. Nasrollahpour // Structures. – 2021. – № 34. – P. 2617 – 2627.
15. Ilina, L. Aerated dry mix concrete for remote northern territories / L. Ilina, A. Kudyakov, M. Rakov // Magazine of Civil Engineering. – 2022. – № 5(113). Article No. 11310.

УДК 699.865
67.29: Объекты строительства

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРК-ОТЕЛЯ ДЛЯ СЕМЕЙНОГО ОТДЫХА В С. ТУЛИНОВКА

Киселева Олеся Анатольевна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: kiseleva_oa@rambler.ru

Ефанов Вадим Олегович, Уксова Алина Андреевна, Никулина Анастасия Эдуардовна, Козлов Илья Анатольевич, Прокудина Дарья Владимировна, Соколин Евгений Сергеевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», студенты

В настоящее время одним из приоритетных направлений является развитие в России туризма. Так в 2023 году был запущен национальный проект «Туризм и индустрия гостеприимства», который действует по 2030 г. Проект предполагает увеличить количество путешествующих и оборот денежных средств в сфере туризма по России до 140 млн. руб. в год. В Тамбовской области также планируется строительство баз отдыха.

В связи с этим нами был разработан проект парк-отеля, который предполагается разместить рядом с. Тулиновка в лесной зоне недалеко от реки. Проанализировав существующие в Тамбовской области парк-отели и базы отдыха было обнаружено, что в них не хватает инфраструктуры для отдыха с детьми. Это было учтено при разработке нашего проекта.

На территории нашего отеля находятся административное здание с мини гостиницей на втором этаже и пищеблоком, жилые домики на 1 или 2 семьи, конференцзал, различные площадки отдыха, детская площадка, спортивные площадки, предназначенные как для детей, так и для взрослых, небольшой веревочный парк, а также вело и автопарковка (рис. 1).



Рис. 1. Инфраструктура парк-отеля:
а – детская площадка; *б* – гриль-зона; *в, г* – спортивные площадки; *д* – веревочный парк; *е* – беседки

При выборе конструктивного решения зданий было принято взять деревянные конструкции [1, 2], так как они обладают высокой прочностью, хорошими теплофизическими свойствами, экологичностью и хорошо вписываются в лесную зону.

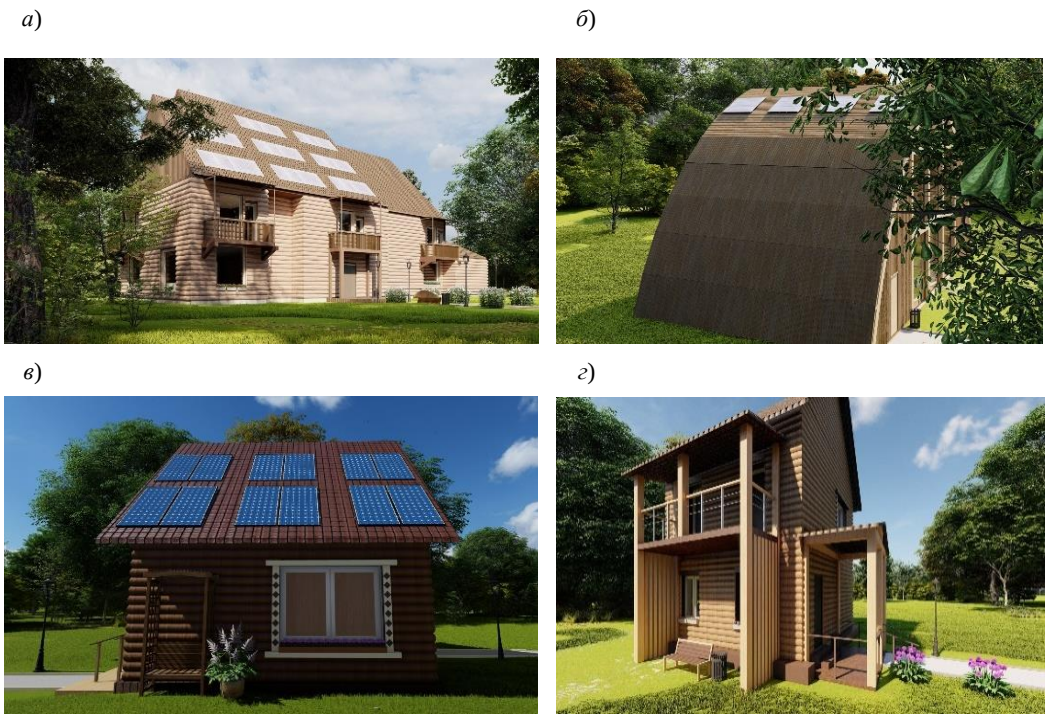
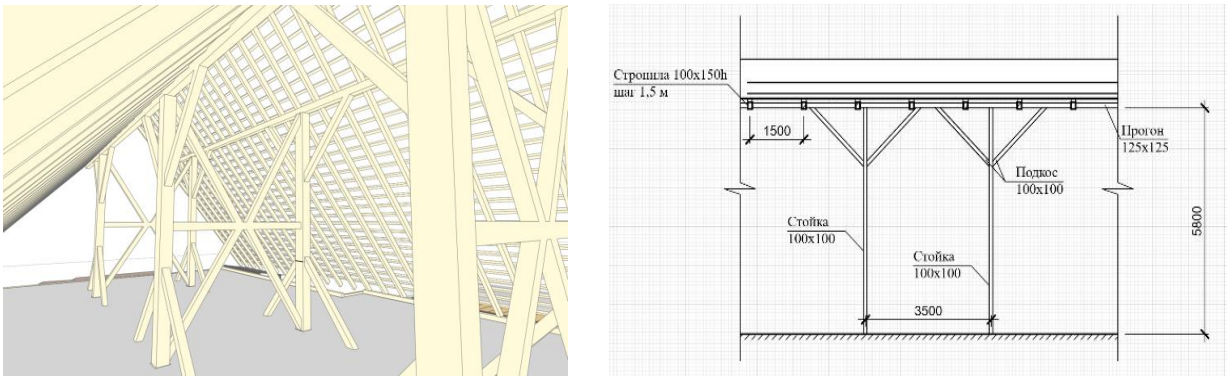


Рис. 2. 3D-модели зданий:
а – административного здания с гостиницей на 2 этаже; *б* – конференцзал; *в, г* – 1- и 2-этажные коттеджи

Административное здание выполнено с неполным каркасом. Оно состоит из несущего остова в виде клеедеревянных колонн и несущих наружных стен из LVL-бруса. В качестве несущих элементов перекрытия выступают деревянные прогоны и ригели. На крыше предусмотрена стропильная система (рис. 3).

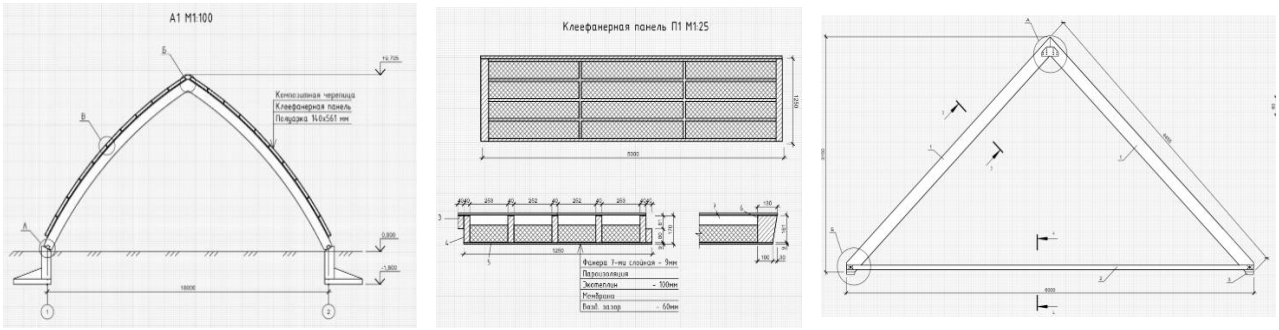


а) *б*)

Рис. 3. Стропильная система крыши административного здания:
а – 3D-модель; *б* – схема

Здания жилых коттеджей имеют стеновую систему и также выполнены из LVL-бруса. Покрытие выполнено из треугольных арок с уложенной по ним щитовой обрешеткой.

Здание конференцзала выполнено из отдельных стрельчатых арок, по которым уложены прогоны. Перекрыто оно клеефанерными панелями. Стены здания выполнены из LVL-бруса.



а) *б*) *в*)

Рис. 4. Конструктивные решения конференцзала и коттеджей:
а – стрельчатая арка; *б* – клеефанерная панель; *в* – треугольная арка

Рассчитанные сечения конструкций приведены в табл. 1

Таблица 1

	Обрешетка	Щитовая обрешетка	Прогон	Стропила	Рама/Арка	Стойка	Колонна	Балки междуэтажные	Балки чердачные	Стены	Ригель перекрытия
Главное здание	60×60h	–	150×150	100×150h	–	100×125	175×175	100×150h	100×200h	200	200×462
Жилые домики	–	Ригели 50×100 (3,5 м); Стойки 50×50	–	–	100×175	–	–				–
Конференц-зал	–	–	–	–	135×608h	–	–	–	–	150	–

Примечание: * – клееная древесина из 6 досок по 16 мм; ** – клееная древесина из19 досок по 32 мм.

Вторым приоритетным направлением является повышение энергоэффективности зданий. Чему тоже отвечает наш проект.

Повышение энергоэффективности достигалось за счет следующих мероприятий:

1. Усиленного утепления ограждающих конструкций. Толщина утепляющего слоя экотеплина (плиты из натурального льняного волокна) составила для стен – 100 мм, для чердачного перекрытия – 150 мм, для пола 1 этажа –100 мм, для фундамента 100 мм [3].

2. Применения для остекления зданий энергоэффективных стеклопакетов PLANIBELTOPN+ 4-16-4И, имеющие сниженные на 60…70% показатели теплопотерь засчет наличия на их поверхности ионов серебра, которые позволяют отражать тепловые лучи, удерживая тем самым тепло в помещении.

3. Применения приточной системы вентиляция с рекуператором.Принцип работы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией основывается на том, что прибор забирает тепло из выходящего потока и передает его поступающему с улицы (рис. 6.).

4. Системы отопления через теплые полы на водяной основе (рис. 5). Она позволяет затрачивать меньшее количество тепловой энергии по сравнению с обычной системой отопления. Теплый воздух всегда устремляется ввверх, поэтому при использовании настенного отопления, для получения оптимальной температуры воздуха у пола, нам необходимо осуществлять нагрев помещения в большей степени, так как человек всегда начинает замерзать с ног. При этом на уровне головы температура воздуха значительно выше и нам становиться душно.



а) *б*) *в*)

Рис. 5. Деревянные водяные теплые полы:
а – принцип работы; *б* – устройство пола; *в* – раскладка пола

5. Применение в качестве энергоресурсов возобновляемых источников энергии [4], которые будут давать эклектическую и тепловую энергию. Это:

- Солнечные панели (конкретно Солнечный модуль FSM 550MTP), которые преобразуют солнечную энергию в постоянный электрический ток. Их устанавливают на скаты кровли с южной стороны. Для получения максимального количества энергии кровля наших зданий запроектирована с уклоном в 45°. Для здания коттеджа достаточно 4 панелей, для административного здания необходимо 7–8 панелей. Полученный летом избыток энергии будет собран в аккумуляторы и использоваться зимой.
- Биогазовая установка, работающая на пищевых отходах и отходах жизнедеятельности человека, а также на растительном сырье (ветки, скошенная трава и т.д.). Она позволит нам получить тепловую энергию и осуществить подогрев воды для административного здания.
- Тепловые насосы, которые получают энергию за счет разности тепловой энергии от грунта и окружающей среды. Тепловой насос накапливает тепло грунта с помощью коллектора, уложенного на глубину около метра, при этом на 1 м трубопровода получается порядка 20…30 Вт энергии. На базе расчета было принято по 2 тепловых насоса WWHRPC30 на здание. Полученная ими энергия будет направлена на отопление и подогрев воды зданий коттеджей.

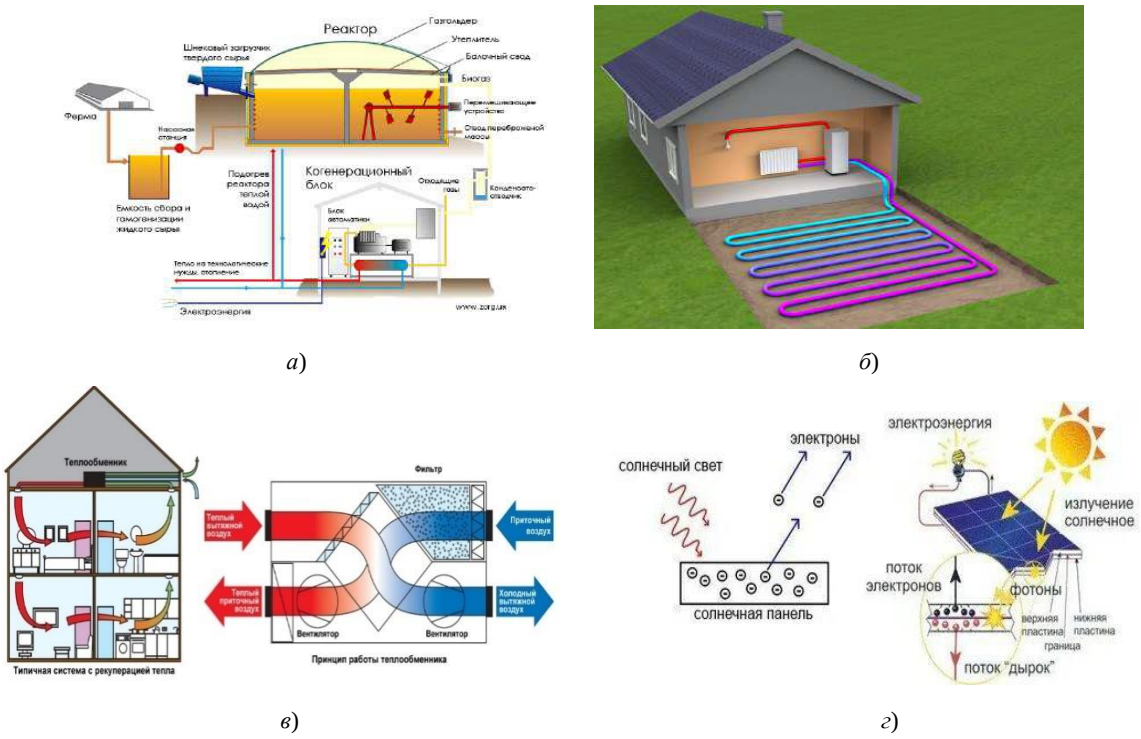
Схемы работы оборудования представлены на рис. 6.

Применение в зданиях усиленной теплоизоляции, энергоэффективного остекления, теплых полов и системы вентиляции с рекуператором позволит нам сократить теплопотери. Так с помощью утепления нам удалось снизить теплопотери зданий через ограждающие конструкции в среднем на20%. Через окна и двери теряется порядка 25% тепла, однако применяя энергоэффективное остекления они сокращаются на 18%. Большой процент тепла до 40% теряется и при естественной вентиляции воздуха, применяя вентиляцию с рекуперации мы их предотвращаем. Таким образом приведенные выше мероприятия позволят снизить общие теплопотери здания вплоть до 60% [5].

Рассчитаем экономию в рублях от принятых решений. Снижение теплопотерь позволит снизить затраты на отопление на 60%, это соответствует 142,8 тыс. руб. в ценах 2024 г. только для административного здания. Для всех зданий парк-отеля это уже 428,4 тыс. руб.

Применение возобновляемых источников энергии тоже дает свои плюсы. Переработка отходов в биогазовой установке позволит сократить расходы на вывоз мусора и сэкономить за счет переработки канализационных стоков, их не придется откачивать и вывозить.

Получение тепловой и эклектической энергии непосредственно на месте также дает экономию за счет исключения дорогостоящих работ по прокладке сетей на дальние расстояния. При этом экономия по услугам ЖКХ составит до 1,2 млн. руб. в год. Более детально цифры приведены в табл. 2.



а) *б*) *в*) *г*)

Рис. 6. Схемы работы энергоэффективного оборудования:
а – биогазовой установки; *б* – теплового насоса; *в* – вентиляции с рекуператором; *г* – солнечных панелей

2. Экономия за счет принятых решений

Наименование	Показатели для типового объекта (в год)	Экономия за счет принятых нами решений (в год)	
		усиленной теплоизоляции	использования возобновляемых источников энергии
Отопление	930 тыс. р.	465 т. р.	465 тыс. р.
Вывоз мусора	180 тыс. р.		144 тыс. р.
Освещение	29 т. р.		29 тыс. р.

Все это позволить полностью окупить стоимость дорогостоящего оборудования за 10 лет. Следует отметить, что часть домиков рассчитано на работу только в летний сезон (примерно 50…60)%, что позволить сэкономить общем количестве оборудования.

Приведем выдержки из сметы по возведению этого объекта:

Стоимость оборудования: 10 882 295 р.

Работы по монтажу и его установке: 280 170 р.

Озеленение территории: 1 059 080р.

Расходы на благоустройство территории: 3 762 162 р.

Возведение административного корпуса: 23 777 548,7 р.

Возведение зданий коттеджа (14 шт.): 16 733 585 р.

Стоимость 1м^2 административного корпуса и здания коттеджа: 48 036 р.

Возведение конференцзала: 6 908 160 р.

Возведение парк-отеля можно будет выполнять поэтапно, постепенно увеличивая площадь. На первом этапе будут возведены административное здание с гостиничными номерами на 2 этаже, детская площадка и спортивная площадка и 5 коттеджей. На втором этапе, через год будут построены конференцзал, остальные коттеджи и веревочный парк. Второй этап при необходимости также можно разбить на 2 года. Такое поэтапное строительство позволит снизить требуемые первоначальные инвестиции.

Список использованных источников

1. Слицкоухов, Ю. В. Индустриальные деревянные конструкции. Примеры проектирования : учебное пособие для студентов строительных вузов / Ю. В. Слицкоухов, И. М. Гуськов, Л. К. Ермоленко.– М. : 1991. – 256 с.

2. Разработка парк-отеля с высоким уровнем энергоэффективности / О. А. Киселева, В. О. Ефанов, А. А. Уксова и др. // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – С. 83 – 87.

3. Ефанов, В. О. Снижение теплопотерь здания гостиницы в деревянных конструкциях / В. О. Ефанов, О. А. Киселева // Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства : сб. докл. VII Национальной науч.-практ. конф. – Пенза : ПГУАС, 2024. – С. 13 – 17.

4. Семенова, Э. Е. Проблемы повышения энергоэффективности зданий / Э. Е. Семенова, А. В. Карманов // сб. науч. тр. по итогам Междунар. науч.-практ. конф. – Самара, 2015. – № 2. – С. 67 – 68.

5. Королев, Д. Ю. Современные методы повышения тепловой защиты зданий / Д. Ю. Королев, В. Н. Семенов. – 2010. – № 3(14). – С. 26 – 29.

УДК 692.232
67.09.05: Общая характеристика и классификация строительных материалов и изделий. Материаловедение

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГОРОДОВ ЛНР И ДНР

Лесовик Валерий Станиславович
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительного материаловедения, изделий и конструкций, Заслуженный деятель науки РФ
e-mail: *naukavs@mail.ru*

Дудченко Валерия Александровна
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», аспирант
e-mail: *Dudchenko.v.a@yandex.ru*

Салил Мурад Яхья Моххамед
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», аспирант
e-mail: king.2020ki@mail.ru

Одним из актуальных направлений современного строительного материаловедения является разработка новых строительных материалов на основе вторичных ресурсов, включая фрагменты разрушенных зданий и сооружений. Данное направление приобретает особую значимость в условиях масштабных разрушений, характерных для регионов, пострадавших от военных действий или природных катастроф. Примерами таких территорий являются Ирак, Сирия, Турция (в частности, районы, пострадавшие от землетрясений), а также освобожденные территории Луганской и Донецкой народных республик (ЛНР и ДНР) [1].

На рисунке 1 демонстрируются последствия разрушительных воздействий, зафиксированные в исследуемых территориях.



Рис. 1. Последствия разрушений г. Мариуполь, г. Луганск, г. Хатае

В 1920 – 1930-е годы Донецк (тогда – Сталино) пережил масштабные изменения в архитектуре и планировке, что стало результатом активного вмешательства советской власти и привлечения ведущих архитекторов того времени. Эти преобразования заложили основу современного облика города.

Развитие застройки Донбасса началось с Всесоюзного конкурса 1923 года, организованного Московским архитектурным обществом. В нем участвовали известные архитекторы, такие как братья Веснины, А. Бекетов, Л. Голосов и другие. Для региона были разработаны типовые проекты жилых домов, общежитий и Дворцов культуры. Однако не все идеи прижились: попытки обобществления быта, например, отказ от кухонь в жилых домах, не нашли поддержки среди рабочих, сохранявших связь с сельским хозяйством.

К 1927 году появился первый долгосрочный план развития Сталино. Предполагалось соединить город с Дмитриевском электрифицированной дорогой, создать культурный центр и благоустроить долину реки Кальмиус. Эти идеи легли в основу генеральных планов 1932 и 1937 годов. В 1932 году Сталино стал областным центром, что ускорило его развитие. Город был разделен на три планировочных района: Центральный, Восточный и Западный.

Генплан 1932 года предусматривал зонирование территории на промышленную, жилую, парковую и рекреационную зоны. Архитектурно-планировочная структура оказалась настолько удачной, что стала основой последующего развития города.

В 1930-е годы в городе появились знаковые здания, спроектированные выдающимися архитекторами. Среди них:

Главпочтамт (А. Г. Мордвинов),

Донецкий театр оперы и балета (Л. И. Котовский),

Дворец культуры (А. И. Дмитриев),

Политехнический институт (Я. А. Штейнберг).

Особую роль в развитии города сыграл Петр Головченко, разработавший проект «Большого Сталино», который определил дальнейшее развитие архитектурных ансамблей. После его смерти в 1938 году работу продолжил Л. И. Котовский.

Ускоренному развитию города способствовало строительство железных дорог. Все поселки и предприятия региона были связаны железнодорожной сетью. В 1931–1932 годах начались проектные работы по созданию новой железнодорожной магистрали, соединяющей Донбасс с Москвой.

Архитектурное и градостроительное наследие 1920 – 1930-х годов стало фундаментом для современного Донецка. Несмотря на сложности того времени, город получил уникальный облик благодаря таланту архитекторов и продуманному планированию.

Первые шаги в развитии городской инфраструктуры ЛНР связаны с деятельностью Луганского чугунолитейного завода. Уже к 1800 году завод произвел первый чугун, а к 1833 – 1835 годам население поселка достигло 7853 человек. Застройка проводилась хаотично: вертикальные улицы назывались линиями, а горизонтальные получили персонализированные названия. Первой улицей города считается Английская, где проживали иностранные специалисты, работавшие на заводе. Именно здесь в 1801 году родился Владимир Иванович Даль, известный составитель Толкового словаря русского языка.

В 1882 году Луганский завод получил статус уездного города, а в 1896 году началось строительство крупнейшего паровозостроительного завода под руководством немецкого промышленника Густава Гартмана. К началу XX века город насчитывал более 200 улиц и три площади, а его население превысило 77 тысяч человек.

В 1935 году Луганск был переименован в Ворошиловград в честь маршала Советского Союза Климента Ворошилова. В этот период город стал областным центром и активно развивал свою промышленную базу. Однако оккупация немецкими войсками в 1942–1943 годах привела к значительным разрушениям. После освобождения начался период восстановления, который продолжался до конца 1950-х годов. К 1956 году население города достигло 250 тысяч человек, а его промышленность стала одной из ведущих в регионе.

В 1961 – 1973 годах под руководством Владимира Васильевича Шевченко город получил современную инфраструктуру, включая автовокзал, железнодорожный вокзал, аэродром, цирк и спортивные сооружения. В 1990 году город вернул свое историческое название – Луганск.

История архитектурного и градостроительного развития ЛНР и ДНР наглядно демонстрирует, как масштабные преобразования 1920 – 1930-х годов заложили основу современного облика города. Начав с конкурсов и разработки типовых проектов для рабочих, регионы постепенно превратились в важные промышленные и культурные центры.

Для научного обоснования процесса переработки строительных отходов был проведен анализ исторической застройки городов ЛНР и ДНР, сформированных преимущественно в период существования СССР. Установлено, что большинство жилых домов в этих регионах представляют собой многоэтажные здания советской постройки, выполненные из железобетона на основе цементного вяжущего, гранитного щебня, песка, воды и добавок. Помимо бетонных конструкций, значительная часть зданий и сооружений была возведена с использованием силикатного и керамического кирпича [2].

В рамках исследования были проанализированы как уже освобожденные территории, так и районы, которые планируется освободить в ближайшее время. Для лабораторных испытаний были отобраны пробы различных строительных материалов, включая бетон, силикатный и керамический кирпич, доставленные с освобожденных территорий. Эти материалы рассматривались в качестве потенциальных компонентов для создания новых строительных смесей, в том числе в роли заполнителей или добавок [3].

Исследования показали перспективность применения керамического кирпичного боя (ККБ) при производстве современных строительных композитов. Согласно работам С-А. Ю. Муртазаева, В. Х. Хадисова и других ученых, опубликованным в 2019 году, разработаны эффективные технологии использования ККБ для создания легких керамобетонов [4].

Важным направлением является использование ККБ в производстве мелкоштучных стеновых блоков. Исследования показали, что применение разработанных материалов на основе ККБ позволяет снизить затраты на треть по сравнению с традиционным кирпичом при сохранении необходимых теплотехнических параметров.

Для повышения эффективности кладочных растворов при возведении стен из блоков на основе ККБ рекомендуется использовать композиционное вяжущее с тонкодисперсным наполнителем из керамической пыли. Это обеспечивает лучшую адгезию между раствором и стеновым материалом за счет сродства их структур [5]

При производстве легких бетонов классов В7,5–В20 на основе ККБ рекомендуется использовать добавки-суперпластификаторы для снижения водопотребности смеси, обусловленной высокой открытой пористостью (12 – 14%) заполнителя. Двухстадийный способ приготовления бетонной смеси с вводом суперпластификаторов на втором этапе перемешивания существенно повышает подвижность смеси [6].

Разработанная нормативно-техническая документация, включая стандарты организации на пористые вторичные заполнители из ККБ, успешно применяется при производстве строительных материалов различного назначения. Экономический эффект от использования мелкоштучных стеновых блоков из легкого керамобетона на основе ККБ вместо керамзитобетонных камней составляет более 30%.

В настоящее время активно ведутся работы по разработке композиционных вяжущих на основе совместного помола цемента с различными видами вторичного сырья. В частности, исследуются следующие композиции:

– цемент и дробленый керамический кирпич;
– цемент и силикатный кирпич;
– цемент и отсев дробления бетона.

Актуальность данных разработок подтверждается их согласованием с организациями, занимающимися восстановлением городов ЛНР и ДНР. Полученные материалы могут быть использованы для строительства новых объектов, что позволит решить проблемы нехватки ресурсов и минимизировать экологическое воздействие за счет утилизации строительных отходов.

Применение вторичных строительных материалов в производстве композиционных вяжущих позволяет:

– снизить затраты на сырье (стоимость щебня из ККБ составляет 1,2 р./кг против 2,05 р./кг для керамзитового щебня);

– уменьшить энергоемкость производства за счет исключения этапа обогащения и фракционирования вторичных заполнителей;

– минимизировать экологическое воздействие за счет переработки строительных отходов.

По данным В. Х. Хадисоваи др. [7], использование ККБ в производстве стеновых блоков снижает себестоимость продукции на 30% по сравнению с традиционным кирпичом.

Современные геополитические и социально-экономические условия требуют разработки инновационных решений в области строительства, особенно в регионах, подвергшихся разрушениям. Города Луганской и Донецкой народных республик (ЛНР и ДНР) характеризуются высокой степенью застройки многоэтажными домами, построенными преимущественно в советский период. Основными строительными материалами того времени являлись бетон на основе гранитного щебня, цемента и песка, а также силикатный и керамический кирпич.

Список использованных источников

1. Володченко, А. А. Состояние и перспективы использования техногенного сырья / А. А. Володченко, В. С. Лесовик // Региональное сотрудничество БРИКС: вопросы рационального природопользования – экология, просвещение, туризм : материалы Междунар. науч-практ. конф. : тез. докл., Петрозаводск, 14–15 сентября 2023 года. – Петрозаводск : Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук», 2023. – С. 15–16.

2. Фомина, Е. В. Особенности внедрения техногенного сырья при производстве строительных материалов / Е. В. Фомина, В. С. Лесовик // Региональное сотрудничество БРИКС: вопросы рационального природопользования – экология, просвещение, туризм : Материалы Междунар. науч.-практ. конф. : тез. докл., Петрозаводск, 14–15 сентября 2023 года. – Петрозаводск : Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук», 2023. – С. 38–39.

3. Лесовик, В. С. К вопросу создания реставрационных растворов для восстановления памятников монументальной архитектуры / В. С. Лесовик, Л. Х. Загороднюк, А. А. Водопьянова // Университетская наука. – 2023. – № 1(15). – С. 84 – 86.

4. Перспективы использования отходов цементной промышленности для получения современных бетонных композитов / С. А. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова, А. Х. Аласханов, Т. С. А. Муртазаева // Строительные материалы. – 2021. – № 5. – С. 54 – 62.

5. Лесовик, В. С. Композиты нового поколения для специальных сооружений / В. С. Лесовик, Р. С. Федюк // Строительные материалы. – 2021. – № 3. – С. 9 – 17.

6. Повышение прочности сцепления штукатурного покрытия с основанием / С. А. Ю. Муртазаев, А. С. Успанова, М. Р. Хаджиев, В. Х. Хадисов // Строительные материалы и изделия. – 2020. – Т. 3, № 6. – С. 17 – 26.

7. Перспективы использования вторичных заполнителей из кирпичного боя в современном строительстве / В. Х. Хадисов, А. З. Абуханов, М. Р. Хаджиев и др. // Фундаментальные основы строительного материаловедения : сб. докл. Междунар. онлайн-конгресса. – 2017. – С. 914 – 920.

УДК 666.972.524
67.09.05: Общая характеристика и классификация строительных материалов и изделий. Материаловедение

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СРЕДЫ НА БЕТОН КОНСТРУКЦИЙ ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ

Малюк Владислав Викторович
Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» Дальневосточный научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт по строительству «ДальНИИС», кандидат технических наук, старший научный сотрудник
e-mail: *info@dalniis.ru*

Малюк Виктор Данилович
Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» Дальневосточный научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт по строительству «ДальНИИС», кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
e-mail: *info@dalniis.ru*

Вавренюк Светлана Викторовна
Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» Дальневосточный научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт по строительству «ДальНИИС», доктор технических наук, член-корр. РААСН, заместитель директора по научной работе
e-mail: *info@dalniis.ru*

Стратегией развития Дальнего Востока до 2035 г. предусматривает модернизацию отечественных морских портов на Дальнем Востоке, развитие Северного морского пути. Это предопределяет необходимость в принятии обоснованных эффективных проектных решений по методам защиты бетона и железобетона в эксплуатационной среде, определяющим фактором агрессивности в которой является морозное воздействие. Поэтому долговечность бетонных конструкций морских сооружений в основном рассматривают с точки зрения стойкости водонасыщенного бетона к воздействию мороза.

Несмотря на большой объем исследований, посвященных морозной коррозии бетона и железобетона, проблема долговечности бетона в условиях морозного воздействия продолжает оставаться одной из сложнейших в бетоноведении как в России, так и за рубежом. Это, очевидно, является основной причиной отсутствия до сих пор для инженерного применения надежных моделей прогноза долговечности бетона в эксплуатационной среде морских сооружений.

Получение бетона с требуемой морозостойкостью до настоящего время представляет длительный и трудоемкий процесс экспериментальных подборов под руководством высококвалифицированных инженерных кадров.

Технологические приемы получения морозостойких бетонов для морских сооружений основаны на традиционном представлении, что разрушение бетона обусловлено многоцикличным замораживанием и оттаиванием в результате его замерзания при отливах и оттаивания при приливах. Методика, основанная на имитации воздействия циклов замораживания-оттаивания (далее – циклов З-О) в приливной зоне морских сооружений, до настоящего время остается базовой для разработки технологии бетонов в условиях морозного воздействия. Результаты исследования морозостойкости бетона по этой методике легли в основу общепринятых теоретических гипотез о механизмах разрушения бетона при морозном воздействии [1 –5].

Исходя из этого, до сих пор стратегия повышения долговечности строится на основе увеличения стойкости бетона к циклам З-О [12].

В настоящее время при исследовании долговечности бетона явно прослеживается тенденция к комплексному подходу, который включает экспериментальные и теоретические методы исследований. Экспериментальные исследования в своей основе направлены в область изучения поведения бетонов именно в конструкциях, поскольку это позволяет раскрыть в многообразии явлений и процессов механизм деструкции, определяющие факторы и граничные условий для разработки моделей прогноза стойкости бетона в эксплуатационной среде морских сооружений. Современное направление в проектировании бетонных конструкций для агрессивных сред основано на учете реальных эксплуатационных условий [6].

Исследования показывают, что долговечность или срок службы бетона определяется сочетанием свойств материала и определенных микроклиматических параметров окружающей среды [7, 8]. Принимая во внимание значимость учета реальных эксплуатационных условий для прогнозирования долговечности бетона в агрессивных средах класса XF4 по плану НИР РААСН в ДальНИИС выполняется исследовательская работа по теме: Разработка методов прогноза долговечности железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений, эксплуатируемых в суровых природно-климатических условиях Дальнего Востока.

В статье представлена информация о показателях эксплуатационной среды портовых сооружений на побережье юга о. Сахалин для раскрытия механизма деградации бетона в реальных условиях.

1. Физико-климатические условия эксплуатации конструкций. Климатические условия побережья о. Сахалин отличается разнообразием и своеобразием. Южная часть западного побережья острова омывается водами Японского моря, остальное побережье – водами Охотского моря [10]. Последнее относится к числу

холодных субарктических морей и является самым холодным из дальневосточных морей. Одновременное влияние холодного Охотского и теплого Японского морей особенно проявляется в южной части острова. Крайняя южная часть моря никогда не замерзает, поэтому интенсивное строительство портовых сооружений ведется на юге Сахалина. Гидрометеорологические условия южной части Сахалина характеризуются следующими показателями:

- море зимой самое неспокойное: средняя повторяемость волнения равна 35 – 50%;
- высота волн достигает 4 – 6 м;
- приливы имеют сложный характер, но наблюдается два основных типа: суточные и смешанные;
- приливная волна входит с юга и юго-востока Тихого океана, величина приливов 0,8 – 2,5 м;
- зимой температура воды на поверхности моря держится около минус 1,0 °С;
- соленость воды на поверхности 31 – 33‰;
- маловетрие и штили в январе и феврале почти отсутствуют, скорость ветра обычно равна 10–11 м/с;
- расчетная зимняя температура наружного воздуха минус 17– 19 °С [13].

В соответствии с классификацией суровости условий эксплуатации портовых сооружений, гидрометеорологические условия на побережье Сахалина относятся к виду тяжелые [9]. Климатические условия создают соответственно суровые условия эксплуатации для бетона. В соответствии с международной и отечественной классификацией агрессивности сред [6, 11], эти условия относятся классу агрессивности XF4, который характеризует высокую нагрузку на бетон от внешних воздействий: замораживание при сильном водонасыщении морской водой.

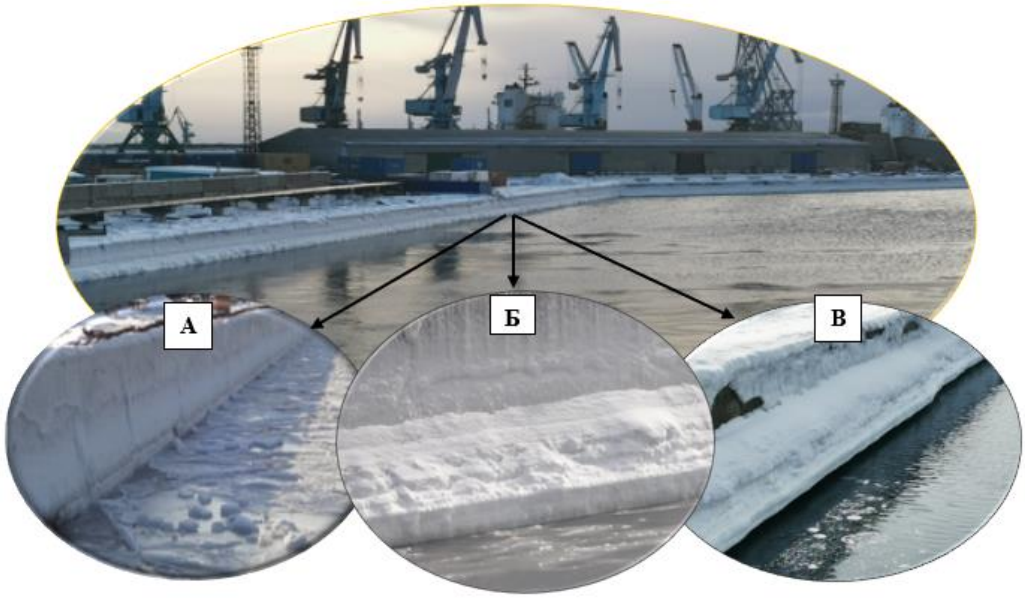


Рис. 1. Общий вид причального сооружения в зимний период с фрагментами обледенения конструкций в зоне переменного уровня:
а – декабрь; *б* – январь–февраль; в – март (о. Сахалин, порт Корсаков)

Мониторинг состояния конструкций морских гидротехнических сооружений (далее – МГТС) в зимний период позволил установить механизм замораживания бетона в зоне переменного уровня воды. Отмечено, что в зоне переменного уровня воды, которая распространяется от наинизшего уровня воды при отливе и до зоны всплеска волны, можно выделить характерные участки конструкций, в которых условия эксплуатации бетона существенно различаются. На участке всплеска волны в начале декабря происходит обледенение конструкций (рис. 1, *а*) и это состояние сохраняется до марта месяца (рис. 1, *в*). На участке действия прилива-отлива в течение зимы образуется наледь, толщина которой достигает 100 см (рис. 1, *б*). Нарост льда сохраняется до марта на участке от низшего уровня до верхнего уровня воды. С начала марта на участке от низшего уровня воды до среднего уровня происходит оттаивания наледи, что явно наблюдается на конструкциях оградительных сооружений (рис. 2, *в*). Однако от среднего до высокого уровня прилива наледь сохраняется (рис. 1, *в*).

В акваториях, защищенных от больших волнений, обледенение происходит на участках действия отлива-прилива (рис. 2, *а*).

2. Температурный режим бетона в конструкциях. Исследования условий эксплуатации портовых сооружений на южном побережье о. Сахалин [14] позволили установить температурный режим бетона в конструкциях зоны переменного уровня на участках всплеска волн (отметка +1,4 относительно верхнего уровня воды в прилив), и на среднем уровне участка действия прилива (отметка 0.0) в течение периода с отрицательной температурой воздуха. Применение специальных регистраторов температуры позволили определить динамику изменения температуры через каждые 5 минут на различны уровнях зоны переменного уровня.

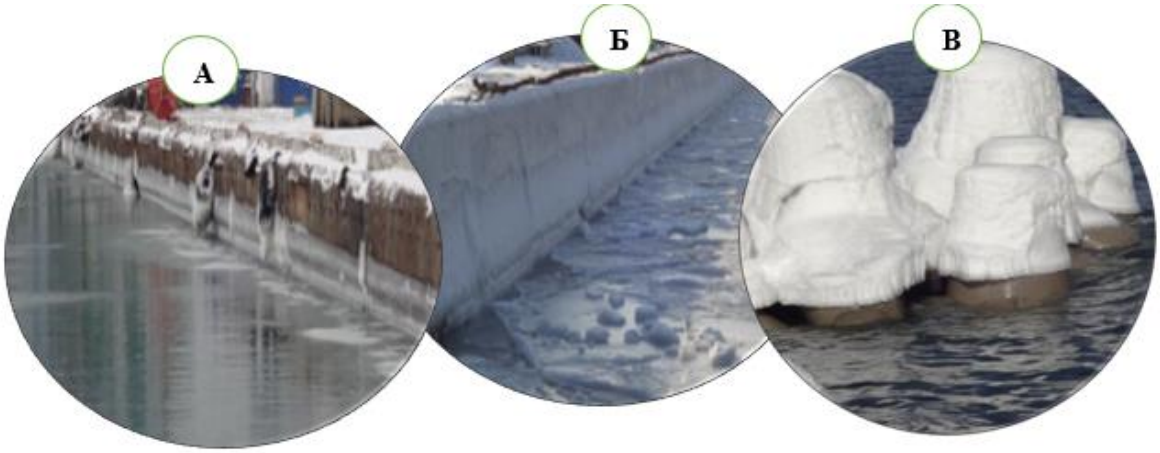


Рис. **2. Условия эксплуатации конструкций портовых сооружений в зимний период:**
а – акватория, защищенная от волн; *б, в* – акватория, не защищенная от волн

Мониторинг температурного режима (табл. 1) позволил определить параметры показателей, которые по общепринятым представлениям характеризуют суровость морозного воздействия на бетон: минимальная температура объекта; число дней с переходом температуры через 0 °С. Дополнительно исследовали период длительного замораживания L (L_1, L_2) без циклов замораживания–оттаивания (табл. 1).

1. Температурный режим воздуха и бетона в конструкциях, 2022–2023 гг.
(порт Корсаков, о. Сахалин, данные авторов)

Объект исследования (индекс объекта)	Параметр воздействия (индекс)	Период года, месяц					
		XI	XII	I	II	III	IV
Воздух на расстоянии 10 м от линии кордона причала (К0)	t_{max}, °С,	–	2	1	3	10	10
	t_{min}, °С,	–	–11	–21	–22	–13	–2
	N_0, циклы	–	3	2	2	12	6
Бетон конструкции в зоне прилива на отметке 0,00 (К1)	$N_{1F\text{-}T}$, циклы	4	10	3	0	7	2
	t_{1max}, °С	10	3	5	–2	22	19
	t_{1min}, °С	–1	–7	–12	–3	–5	–1
	L_1, сутки	0	5	26	28	8	0
Бетон конструкции на отметке +1,4 м от верхнего уровня прилива (К2)	$N_{2F\text{-}T}$, циклы	12	16	1	0	8	0
	t_{2max}, °С	12	6	2	2	17	22
	t_{2min}, °С	–5	–12	–12	–7	–5	–1
	L_2, сутки	0	10	28	28	13	0

Примечания: t_{max}, t_{min} – соответственно максимальная и минимальная температура воздуха, °С; N_0 – число дней с переходом температуры воздуха через 0 °С; $N_{1F\text{-}T}$, $N_{2F\text{-}T}$ – число циклов З–О соответственно для конструкций К1, К2; t_{1max}, t_{2max} – максимальная температура бетона при циклах З–О соответственно для конструкций К1, К2; t_{1max}, t_{2max} – максимальная температура бетона при циклах З–О соответственно для конструкций К1, К2; L_1, L_2 – длительность периода с температурой ниже 0 °С без циклов З–О соответственно для конструкций К1, К2.

Дифференциация циклов З-О по температуре замораживания показывает, что 90% циклов З-О, которым подвергался бетон в конструкциях за период осень-весна, составляют циклы с температурой бетона минус 1 – 5 °С. При этой температуре мала вероятность льдообразования в структуре капиллярных пор. В связи с этим нагрузка от циклов З-О не является определяющей для бетона в эксплуатационной среде МГТС.

Условия долговечности бетона конструкций в эксплуатационной среде морских сооружений. Расчет конструкций на долговечность также, как и расчет конструкций на прочность и устойчивость, должен начинаться с подсчета нагрузок и выбора расчетной схемы действия этих нагрузок [3]. При расчете долговечности конструкций от внешних воздействий, очевидно, необходимо связывать с нагрузками в структуре бетона, которые обусловлены физическими процессами.

Причина деградации бетона при морозном воздействии – это *льдообразование при критической степени насыщения* S_{CR}. При этом полагают, что циклическое замораживание-оттаивание может создать кумулятивный эффект для процесса водонасыщения. Исходя из этого долговечность бетона D_{FN} обеспечиваться за счет сохра-

нения условия $S_{ACT} < S_{CR}$. В этом случае общий вид деградационной функции бетона МГТС при морозном воздействии можно представить выражением:

$$D_N = (S_{CR}) = f(t_f; N_{FN}; S_{ACT}, \text{В/Ц}, \text{Ц}, V_{\text{В.В}}, \alpha), \quad (1)$$

где t_f – температура замораживания бетона; N_{FN} – число циклов замораживания-оттаивания; S_{ACT} – степень насыщения бетона; В/Ц – водоцементное отношение; Ц – содержание цемента; $V_{\text{В.В}}$ – содержание вовлеченного воздуха, α – степень гидратации цемента

Традиционно принято считать, что суровость внешних воздействий для бетона морских сооружений определяют количество циклов замораживания-оттаивания в зоне прилива и температура воздуха в районе сооружения. В связи с этим деградационная функция (1) должна соответствовать эксплуатационным условиям, в которых определяющим фактором воздействия являются многоцикличное замораживание-оттаивание бетона при температуре льдообразования в капиллярных порах. Данное положение является методологической основой для разработки современной технологии бетонов высокой морозостойкости. Поэтому вопрос, связанный с повышением долговечности бетонных конструкций в условиях морозного воздействия, как правило, рассматривается с позиции повышения марки по морозостойкости [12]. Для этого исследуется работа бетона в системе материал-среда, которая имитирует один из возможных механизмов замораживания бетона. Инженерный подход к расчету конструкций по безопасности основан на выборе наиболее неблагоприятного сочетания нагрузок и воздействий в эксплуатационных условиях. Поэтому расчет долговечности бетона по условию (1) должен предполагать поиск неблагоприятного сочетания факторов t_f; N_{FN}; S_{ACT}, при котором достигается условия для льдообразования при критической степени водонасыщения пор бетона S_{CR} в эксплуатационной среде.

Природно-климатические условия побережья юга о. Сахалин создают среду эксплуатации бетона в конструкциях, параметры которой существенно отличается от режима, принятого в стандартных методах оценки стойкости бетона к морозному воздействию марками по морозостойкости.

Реальный механизм замораживания бетона в конструкции существенно отличается от имитационного при стандартных испытаниях. С одной стороны, реальный механизм более мягкий по режиму циклов З-О, с другой – не учитывается цикл длительного замораживания бетона в условиях обледенения (более 60 сут.) без перехода температуры через 0 °С.

Обледенение конструкций в зимний период, с одной стороны, может являться смягчающим фактором, поскольку создается теплозащита от суточных колебаний температуры воздуха, поскольку снижаются максимальные и минимальные значения температуры бетона в конструкциях. С другой, – защитный слой льда не позволяет испаряться воде из поверхностного слоя бетона. Изоляция поверхностного слоя бетона от внешней среды создает условия для более высокой степени водонасыщения поверхностного слоя по сравнению с условиями, когда замораживание бетона происходит на воздухе. Установлено, что моноцикличное морозное воздействие по суровости может значительно превосходить полицикличное замораживание-оттаивание по режиму базового стандартного метода при насыщении бетона минерализованной водой [15]. Поэтому стандартная методика оценки морозостойкости бетона не всегда позволяет оценивать агрессивность длительности морозного воздействия. Это может стать причиной принятия некорректных методов защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций в агрессивной среде класса XF4 как на этапе проектирования, так и на этапе строительства.

В настоящее время нельзя объяснить механизм разрушения бетона при длительном замораживании в минерализованной воде существующими теоретическими положениями о морозном разрушении бетона. Результаты лабораторных и натурных исследований показывают, что длительное замораживание в минерализованной воде является сочетанием факторов, которое необходимо рассматривать как неблагоприятное в эксплуатационной среде МГТС.

Кинетика и вид разрушения бетона при моноцикличном замораживании дает основания считать, что деградация бетона может быть обусловлено только физическими процессами, а может и синергетическим эффектом физических и химических процессов, происходящих в структуре бетона. Поэтому для долговечности бетона в конструкциях морских гидротехнических сооружений фактор критического водонасыщения S_{CR} может быть одним из главных, но не единственным, поскольку не исключено влияние химические процессов. Установлено, что разрушения поверхностного слоя бетона при замораживании в минерализованной воде происходит значительно интенсивней, чем в пресной. Интенсивное разрушение бетона наблюдают при замораживании в 3%- ном минерализованном растворе, т.е. при солености морской воды в дальневосточных морях. В связи с этим деградационную функцию (1) целесообразно адаптировать к реальным условиям МГТС на побережье дальневосточных морей путем замены фактора N_{FN} на фактор длительности морозного воздействия в условиях обледенения конструкций L_F.

В этом случае деградационная функция (1) имеет следующий вид:

$$D_{NL} = (S_{CR}) = f(t_f; L_F; S_{ACT}, \text{В/Ц}, \text{Ц}, V_{\text{В.В}}, \alpha). \quad (2)$$

Безусловно, необходимы дальнейшие лабораторные и натурные исследования для изучения механизма разрушения бетона при моноцикличном замораживании и на этой основе совершенствовать методы оценки стойкости и защиты бетона в агрессивных средах класса XF4. При этом особо следует обратить внимание на такой фактор, как степень гидратация цемента с точки зрения формирования структуры пор бетона в поверхностном слое конструкции. В условиях строительной площадки, как правило, надлежащий уход

за твердением бетона не ведется, поэтому в поверхностном слое бетона формируется сквозная система капиллярных пор. Это создает условие для высокого водонасыщения поверхностного слоя и соответственно условие для разрушения его при замораживании. Разрушение поверхностного слоя соответственно ведет к повреждению защитного слоя арматуры в железобетонных конструкциях.

Установлено, что среда замораживания бетона может существенно влиять на стойкость в условиях морозного воздействия. На рисунке 3 представлены результаты сравнительных исследований морозостойкости при замораживании на воздухе и в минерализованной воде, которые наглядно показывают высокую суровость длительного режима замораживания в минерализованной воде.

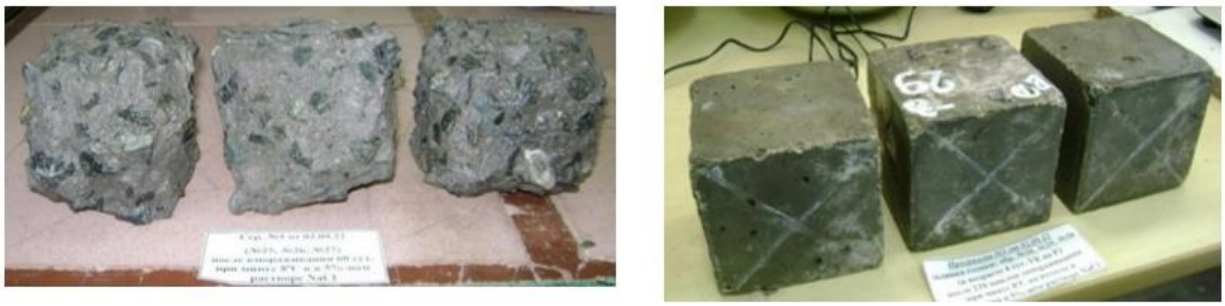


Рис. 3. Образцы (возраст 4 суток) после испытания:
а – замораживание 60 суток в 5%-ном растворе NaCl при минус 8 °С;
б – 350 циклов З-О (температура воздуха при замораживании минус 8 °С)

Механизма замораживания может существенно изменять динамику процесса деградации бетона. Пример, приведенный выше (рис. 3), показывает, что температура замораживания минус 8 °С при многоцикличном замораживании-оттаивании не является агрессивным фактором для бетона в возрасте 4 суток. В эксперименте бетон после 350 циклов З-О не имел внешних изменений и наблюдалось повышение УЗ-скорости на 12%. Следовательно, эти условия являются благоприятными (нормальными) для формирования структуры бетона и агрессивными в условиях длительного моноцикличного замораживания при температуре замораживания минус 8 °С. В последнем случае разрушение сопровождается большой потерей массы.

Пример, приведенный выше, показывает, что суровость обледенения нельзя оценить стандартным методом оценки морозостойкости путем многократного замораживания оттаивания. Поэтому бетон в конструкции причальной стенки может быть стойким в зоне прилива-отлива и разрушаться на участках действия всплеска волны, где возможно длительное обледенение. Этот факт имеет подтверждение на практике [7, 8].

Замерзание минерализованной воды приводит к формированию структуры льда с повышенной концентрацией солей в порах льда бетона. Данные по исследованию морского льда, приведенные в работе [16], показывают, что при температуре –16 °С соленость рассола в ячейках льда возрастает в 6 раза с 34,3 до 184,4‰. Высокая концентрация рассола в порах минерализованного льда может быть одним из факторов агрессивности в условиях обмерзания конструкций, поэтому деградация бетона в условиях обмерзания минерализованным льдом может быть обусловлена синергией физических и химических процессов.

Анализ литературных данных показывают, что в настоящее время рассматривают два вида стойкости бетона в условиях морозного воздействия: морозостойкость и морозосолестойкость. Последний вид стойкости – морозосолестойкость, не имеет достаточно обоснованных теоретических положений, объясняющих механизм разрушения бетона [17]. Результаты, представленные в данной работе, показывают, что долговечность бетонных и железобетонных конструкций МГТС в климатических условиях побережья дальневосточных морей целесообразно рассматривать с точки зрения морозосолестойкости.

Выводы. Мониторинг состояния морских портовых сооружений в зимний период позволил расширить представление о механизме замораживания бетона в конструкциях. Физико-климатические условия на побережье дальневосточных морей формирует эксплуатационную среду для бетона конструкций в зоне переменного уровня МГТС, в которой определяющим фактором морозного воздействия является длительное замораживание бетона в условиях обмерзания морским льдом.

Анализ механизма морозного воздействия на бетон конструкций МГТС на побережье дальневосточных морей дает основание считать, что долговечность бетона для данных условий эксплуатации целесообразно рассматривать с теоретических положений морозосолестойкости. В настоящее время морозосолестойкость, не имеет достаточно обоснованных теоретических положений, объясняющих механизм разрушения бетона, отсутствуют методики и критерии оценки этого свойства бетона.

Направление в изучении морозосолестойкости как показателя качества бетона, безусловно, представляет интерес для развития теоретических положений о механизмах разрушения бетона при морозном воздействии. Это будет является основой для совершенствования методов защиты бетона от коррозии в агрессивных условиях класса XF4, когда бетон подвержен длительному обледенению минерализованным льдом.

Список использованных источников

1. Powers, T. C. and Helmuth, R. A., 1953. Theory of volume changes in hardened Portland cement paste during freezing. Highway Research Board Proceedings 32:285–297.
2. Miguel Ferreira, Hannele Kuosa, Markku Leivo, Erika Holt. Effect of coupled deterioration mechanisms on concrete durability in cold environments. 23rd Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology Manchester, United Kingdom – August 10-14, 2015, Division.
3. Göran Fagerlund Frost Destruction of Concrete – A Study of the Validity of Different Mechanisms. Nordic Concrete Research – Publ. No. NCR 58 – ISSUE 1 / 2018 – Article 3, pp. 35-54. URL : https://doi.org/10.2478/ncr-2018-0003
2. Vesikari, E. Prediction of service life of concrete structures with regard to frost attack by computer simulation. In: Frost resistance of building materials. Proceedings of the 3rd Nordic Research Seminar in Lund, 1999. Lund Insitute of Technology. Report TVBM-3087, p. 101–113.
3. Miguel Ferreira, Hannele Kuosa, Lasse Makkonen. Performance and durability of concrete in extreme cold environment- Literature Review. 2013.
4. Performance-Based Specifications and Control of Concrete Durability: State-of-the-Art Report RILEM TC 230-PSC (RILEM State-of-the-Art Reports (18), Springer; 1st ed. 2016, (October 3, 2015), 391 p.
5. Результаты исследования причин разрушения бетонного покрытия морского пирса на побережье Японского моря / С. В. Вавренюк, Ю. В. Ефименко, В. Г. Вавренюк, А. Э. Фарафонов // Строительные материалы. – 2019. – № 11.
6. Малюк, В. В. Анализ результатов обследования железобетонных конструкций портовых сооружений (о. Сахалин, 1927 – 2018 гг.) / В. В. Малюк, В. Д. Малюк, С. Н. Леонович // Бетон и железобетон. – 2022. – № 1(609). – С. 3 – 9.
7. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. IX. Охотское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / под ред. Б. Х. Глуховского, Н. П. Гоптарева, Ф. С. Терзиева. – СПб. : Гидрометеоиздат, 1998. – 342 с.
8. Славчева, Г. С. Влияние структуры высокопрочных модифицированных бетонов на дилатометрические эффекты при их замораживании / Г. С. Славчева, Е. М. Чернышов // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2015. – № 1(22).
9. Малюк, В. В. Концепция модели морозного воздействия на конструкционный бетон при сильном насыщении морской водой / В. В. Малюк // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: Тез. докл. VIII-го международного симпозиума / ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет». – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2023. – С. 70 – 73.
10. Малюк, В. В. Стойкость бетона в агрессивной среде при морозном воздействии / В. В. Малюк, В. Д. Малюк, С. В. Вавренюк // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы X-й Междунар. науч.-практ. конф. Института архитектуры, строительства и транспорта, посвященной 45-летию Института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета ; отв. ред. П. В. Монастырев ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – Т. 2.

УДК 692.232
67.09.05: Общая характеристика и классификация строительных материалов и изделий. Материаловедение

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЗАЩИТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Михайлова Юлия Рашидовна
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (*Сибстрин*),
Новосибирск, *Россия*, *магистрант*
e-mail: *yu.mikhajlova96@sibstrin.ru*

Введение. Бетон – это строительный материал, который состоит из смеси цемента, воды, заполнителей и, при необходимости, добавок. Он обладает рядом свойств, которые делают его одним из самых популярных материалов в строительстве. Бетон является основой многих строительных конструкций благодаря своим уникальным свойствам и универсальности, но несмотря на свои многочисленные преимущества, также имеет ряд недостатков. Влияние различных факторов снижает его долговечность и эксплуатационные характеристики [1].

Основными факторами, оказывающими влияние на разрушение бетонных конструкций, являются физические и механические воздействия такие как: резкие перепады температур, повторяющиеся циклы замораживания и оттаивания, усадка, вибрации, перегрузки, удары, падение тяжелых предметов, и другое постоянное воздействие динамических нагрузок приводит к усталостному разрушению и образованию трещин. Ошибки при строительстве такие как несоответствие подобранных компонентов, недостаточная плотность, отклонение от нормативных требовании к бетонным составам могут привести к его быстрому разрушению. Так же одним из факторов, вызывающих разрушение, является воздействие химических веществ.

Основные механизмы химического разрушения бетона.

Сульфатное разрушение: чаще всего это происходит в результате реакции сульфатов (например, сульфатов натрия, калия или кальция) с компонентами цемента, такими как трехкальциевый алюминат. Это может приводить к образованию новых продуктов, таких как эттрихромат (осложненная форма сульфата), которые значительно увеличивают объем и могут вызывать трещины в бетоне.

***Алькалино-агрегатная реакция* (*ААР*):** этот процесс может происходить между щелочами, содержащимися в цементе, и определенными минералами, присутствующими в заполнителе (например, кремнеземом). В результате реакции образуются гели, которые способны поглощать воду и увеличиваться в объеме, что также может привести к растрескиванию бетона.

***Карбонизация*:** это процесс, при котором углекислый газ (CO_2) из воздуха проникает в бетон и вступает в реакцию с гидроксидом кальция, образуя карбонат кальция. Это может привести к снижению pH бетона, что, в свою очередь, способствует коррозии арматуры.

***Химическое разрушение от кислот*:** кислоты, такие как серная, соляная или уксусная, могут вступать в реакцию с компонентами бетона, вызывая его разрушение. Это особенно актуально в условиях, когда бетон подвергается воздействию кислот или других агрессивных химических веществ, например, в промышленных зонах или вблизи сточных вод.

Се́рная кислота́ (лат. Acidum sulphuricum, химическая формула – H_2SO_4) – сильная неорганическая кислота, отвечающая высшей степени окисления серы (+6). При обычных условиях концентрированная серная кислота – тяжелая маслянистая жидкость без цвета и запаха, с сильнокислым «медным» вкусом. [2] Обладает исключительно сильной коррозионной активностью, агрессивна по отношению к бетону, поскольку, вступая в реакцию, образует сульфат кальция [3].

Нейтрализация серной кислоты представляет собой химический процесс, в ходе которого ее молекулы реагируют с веществами, обладающими щелочными свойствами. Основной принцип реакции заключается в том, что частицы кислоты (обычно это ионы водорода) вступают в химическое взаимодействие с частицами щелочного вещества (ионами гидроксида). В результате такого взаимодействия образуются нейтральные соединения – вода и соль [4].

В лабораториях и промышленности часто применяются для нейтрализации кислот растворы гидроксида натрия, или едкого натра, гидроксид калия и гидроксид аммония (аммиачная вода) соли которых используются в сельском хозяйстве как удобрение. Процесс нейтрализации в данном случае сопровождается выделением теплоты. Широко распространенным способом нейтрализации серной кислоты является использование гидроксида кальция (известковой воды или гашеной извести), но так как растворимость солей кальция, таких как сульфат кальция (гипс), ограничена, в процессе взаимодействия с кислотой наблюдается выпадение осадка, это является отличительной чертой таких реакций. В промышленности чаще всего применяется нейтрализация H_2SO_4 водой: хотя вода не является основанием в строгом понимании этого термина, она обладает способностью взаимодействовать с кислотой, так как ионы водорода в кислой среде реагируют с молекулами воды, образуя гидроксоний [2]. Технически данный процесс не является нейтрализацией, также стоит отметить, что при добавлении воды к H_2SO_4 выделяется огромное количество тепла – это весьма опасный процесс, который сопровождается брызгами кислоты и интенсивным нагреванием раствора.

Способы восстановления бетонных конструкций, поврежденных серной кислотой. Восстановление бетонных конструкций, поврежденных серной кислотой, требует комплексного подхода, поскольку кислотное воздействие вызывает разрушение цементного камня, вымывание связующих веществ и снижение прочности бетона. В первую очередь проводится оценка повреждений, визуальный осмотр и определение степени разрушения. В случае значительных повреждений проводятся лабораторные испытания образцов бетона, определяется глубина и характер повреждений, обязательно измеряется pH как на поверхности, так и внутри конструкции для оценки уровня кислотного воздействия. Далее выполняется механическая очистка и подготовка поверхности, удаление разрушенных и ослабленных участков бетона, обезжиривание, обработка. После химической нейтрализации вышеописанными способами и нанесения специальных нейтрализующих составов, предназначенных для восстановления кислотно-щелочного баланса, выполняются комплексные мероприятия, направленные на восстановление прочности бетона и защиту от дальнейшей коррозии:

– заполнение поврежденных участков ремонтными составами на основе цемента или специальных ремонтных смесей.

– использование высокопрочных ремонтных смесей с добавками для повышения адгезии и долговечности.

– в случае глубоких повреждений – применение инъекционных технологий для укрепления структуры.

– торкретирование бетонных конструкций – это метод нанесения прочных и износостойких покрытий или укрепления конструкций с помощью распыления цементных смесей (торкрета) под высоким давлением. Этот способ широко применяется для восстановления, усиления и защиты бетонных конструкций, особенно в случаях повреждений, вызванных химическими воздействиями, в том числе серной кислотой.

После проведения восстановительных мероприятий, для предотвращения повторного проникновения агрессивных сред, следующим этапом применяются защитные меры [5].

Способы защиты бетонных конструкций от воздействия серной кислоты.

Для борьбы с проблемой влияния агрессивных химических растворов на железобетонные конструкции, а также для создания защитного слоя за последние десятилетия были разработаны различные типы кислотоупорных покрытий и составов таких как:

– облицовка фундаментов нержавеющей листовой сталью толщиной 3 мм по металлокаркасу из швеллера и уголка (рис. 1);

– гидроизоляция полиизобутиленом с последующим монтажом кислотоупорного кирпича или плитки на противокоррозионную замазку (рис. 2);

– нанесение самовыравнивающихся полиуретан-цементных стяжек для тяжелых условий эксплуатации, безусадочных, быстротвердеющих тиксотропных и наливных составов. Данные составы наносятся поэтапно, на хорошо подготовленную очищенную, зашлифованную и обеспыленную поверхность, чаще всего на вертикальные поверхности в первую очередь выполняется нанесение грунтовочного слоя, полимерного материала, затем всыпка кварцевого песка, следующим этапом наносится второй слой полимерного грунтовочного материала, далее выполняется полиуретанцементная стяжка, с последующим нанесением порозапечатывающего слоя составами на основе эпоксидных или полиуретановых смол. На горизонтальных поверхностях также выполняется механическая обработка основания, фрезерование, устройство анкерных штроб, затем выполняется нанесение грунтовочного полиуретанцементного слоя с последующим нанесением полиуретанцементной стяжки, покрытия. При нанесении подобных защитных составов в местах примыкания горизонтальных и вертикальных поверхностей обязательно выполняется устройство галтелей. Преимуществом таких составов является высокая химическая стойкость, сопротивление к широкому спектру органических и неорганических кислот, щелочей, аминов, солей и растворителей, высокая стойкость к значительному перепаду температур, высокая механическая и абразивная стойкость, а также простота применения (рис. 3).

Для защиты металлоконструкций, подвергающихся воздействию серной кислоты, используются составы со специальными свойствами, покрывные эмали, двухкомпонентные лакокрасочные покрытия холодного отверждения, которые применяются для гидроизоляционной защиты металлических конструкций, эксплуатируемых в агрессивных окружающих условиях (рис. 4).



Рис. 1. Защита фундамента путем обшивки листами из нержавеющей стали



Рис. 2. Защита фундамента кислотоупорным кирпичом и плиткой

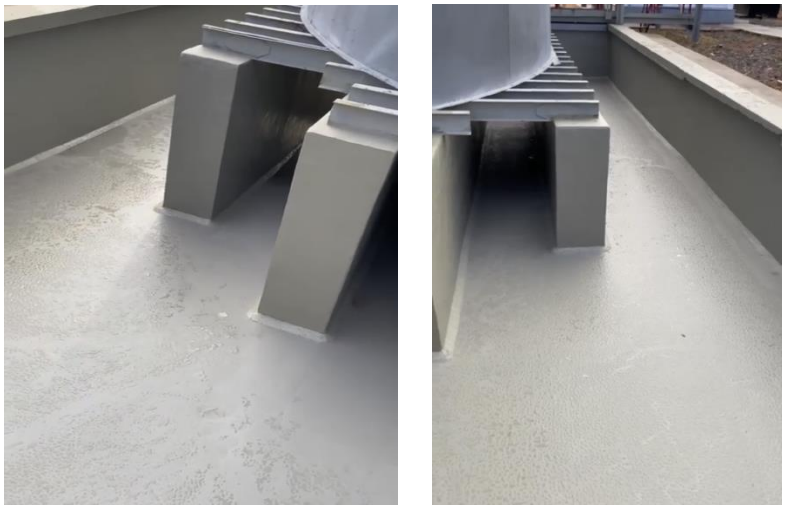


Рис. 3. Защита конструкции самовыравнивающейся полиуретан-цементной стяжкой для тяжелых условий эксплуатации



Рис. 4. Защита металлоконструкции, подвергающихся воздействию серной кислоты

Заключение. На сегодняшний день применяется огромное количество защитных составов и материалов, но не менее важной и перспективной задачей восстановления железобетонных конструкций, подверженных воздействию серной кислоты, является разработка технологии нейтрализации кислоты в теле цементного камня и создание надежного ремонтного слоя, который обеспечит нормальное функционирование конструкции в агрессивной кислотной среде.

Список использованных источников

1. Бетон/Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Бетон (дата обращения: 13.05.25).
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Серная_кислота дата обращения: 13.05.25.
3. Изучение процессов повреждения цементного камня растворами серной кислоты различной концентрации / В. П. Селяев, А. А. Седова, Л. И. Куприяшкина, А. К. Осипов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2015. – № 3(11). – С. 61 – 68
4. https://www.gank4.ru/landings/sernaya-kislota-h2so4-i-ee-pary/ дата обращения: 13.05.25.
5. ГОСТ 31384–2017 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования. – М. : АО «НИЦ «Строительство», 2018. – 49 с.

УДК 692.232
Современные строительные материалы и технологии.

УГЛЕРОДИСТЫЙ БЕТОН И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Мотылев Роман Владимирович
СПБГ ГАСУ «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», кандидат технических наук, доцент, научный руководитель кафедры «организация строительства»
e-mail: *motylev@yandex.ru*

Нечай Алексей Александрович
СПБГ ГАСУ «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», студент
e-mail: *nechaika85@mail.ru*

В наши дни бетон при строительстве и реконструкции используется повсеместно, сейчас трудно представить современное строительство без использования бетона и бетонных конструкций. Бетон заслуженно занимает сейчас одно из лидирующих мест из строительных материалов, которые используются при строительстве. Технологии бетоностроения активно прогрессируют и развиваются. Если посмотреть вокруг, то можно увидеть, что практически все то, что нас окружает сделано из бетона это жилые и промышленные здания, всевозможные технологические площадки, дороги, мосты.

Бетон (от фр. beton) – искусственный камень, строительный материал, получаемый в результате формирования и затвердевания рационально подобранной смеси из минерального (чаще всего это портландцемент) или органического вяжущего вещества, крупного или мелкого заполнителя, воды.

Согласно исследованиям, древних документов, проводимым раскопкам бетон начали применять в Древнем Египте, Риме, Индии, Китае. Также наиболее древнее бетонное сооружение найдено в Югославии это бетонный пол, изготовленный из гравия и красноватой извести.

Применение бетона в Египте это при строительстве гробниц, а именно при строительстве галерей египетского лабиринта (рис. 1) и монолитного свода пирамид за долго до нашей эры. Применение бетона в древнеримском государстве, также активно использовалось при строительстве Колизея (рис. 2) и главной архитектурной особенностью Римского пантеона (рис. 3) – самый крупный в мире купол из неармированного бетона, его диаметр составляет 43,2 метра. Древнеримские сооружения очень прочные так как это достигалось использованием смеси пуццолана (вулканический пепел) и негашеную известь. Эти компоненты при соединении с водой образуют максимально прочную смесь для строительства. А также римский бетон готовился при повышенных температурах.

В древней Руси также использовался бетон одна из первых построек из бетона, которая сохранилась до наших дней это Спасо-Преображенский собор, который заложил Юрий Долгорукий в 1152 году в Спасо-Залеске (рис. 4).

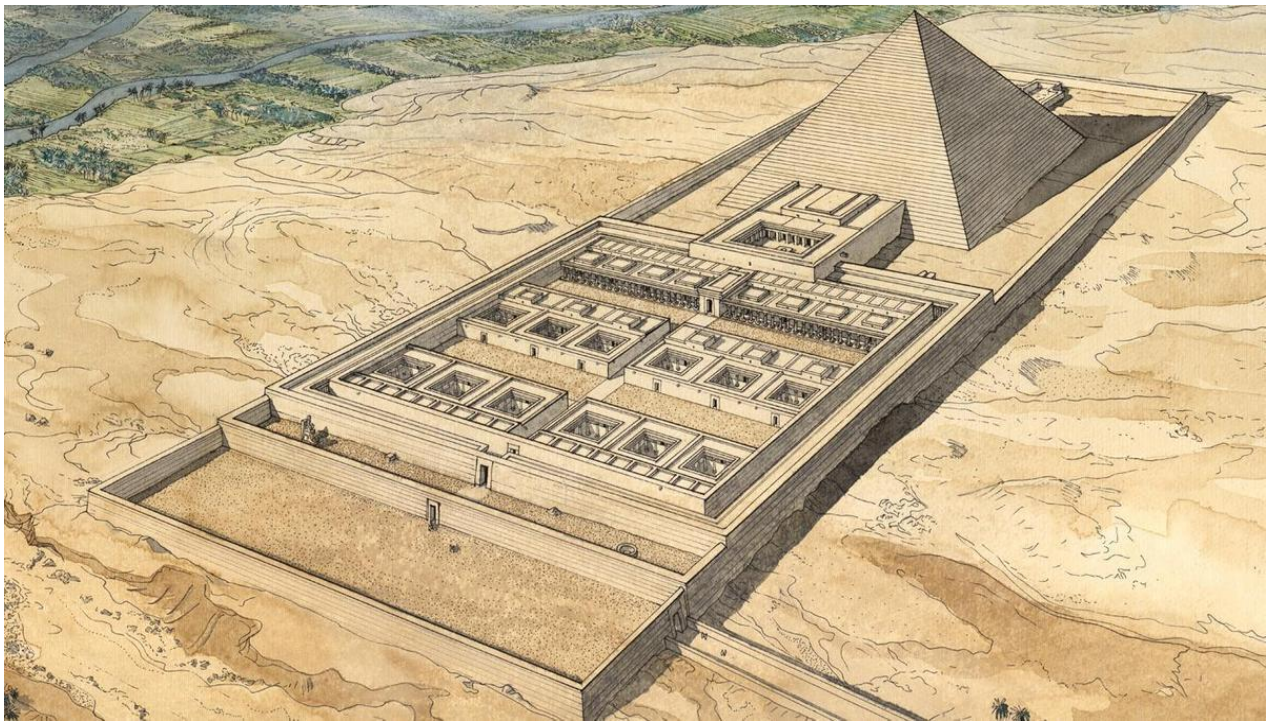


Рис. 1. Египетский лабиринт



Рис. 2. Римский Колизей



Рис. 3. Римский Пантеон



Рис. 4. Спасо-Преображенский собор в г. Спасо-Залеске

В середине VXIII века английский инженер Джон Смитон изобрел способ изготовления цемента, который твердел под водой. Он применил этот материал при строительстве маяка Эддистон в 1759 году.

Патент на «Римский цемент» получил в 1759 году Джеймс Паркер. Паркер получил романцемент – первую в истории марку цемента. Смешанный в определенных пропорциях с гравием, песком и водой такой цемент и образовал бетон.

В первой половине XIX века был разработан портландцемент современного типа. Патент на портландцемент получил в 1824 году Джозеф Аспдина, а в 1844 году Иссак Чарльз Джонсон.

Параллельно росту портландцементу происходило расширение использования цементных растворов и бетона в строительстве.

Впервые укладка железных прутьев вдоль и поперек площади будущего пола стала использоваться в 50-х годах XIX века во Франции и Британии. Такая технология дополнительно связывала стены между собой. Это была идея Франсуа Куанье. В 70-х годах большой вклад в развитие армирования внес Уильям Э.Уорд.

Во второй половине XIX века стало динамично развиваться промышленность, в связи с этим строительный бум, что во многом и сопутствовало мощному технологическому рывку в строительной отрасли. И начинают появляться монолитные несущие системы. Процесс упрощался, тем уже была активно развиты черная металлургия и изготовление сухого цемента.

Французский инженер Ф.Геннебик внес большой вклад в развитие монолитных несущих элементов. В 1892 году он предложил много рациональных идей, создал арматурные чертежи.

Первым зданием с легким бетонным каркасом был дом Огюста Перре на улице Франклина, другая его ранняя работа – гараж на улице Понтье в Париже. (1905 год). Вариант, развивающий каркасный метод – систему бетонных плит на колонах – предложил шведский инженер Роберт Майар. Он же в 1910 году предложил для склада в Цюрихе конструкцию грибовидных колонн, которые расширяются к верху и распределяют, таким образом, вес перекрытий. В здании обувной фабрики «Фагус» в Альфельде-на-Ляйне (1911 – 1916 года) Вальтер Гропиус Адольф фон Мейер полностью освободит наружные стены от несущих конструкций, заменив стены стеклянными панелями навесного фасада. Но принципиальным манифестом несущего железобетонного каркаса стала так называемая «Этажерка» Ле Корбюзье – проект «Дом-Ино» (рис. 5) в 1914 году.

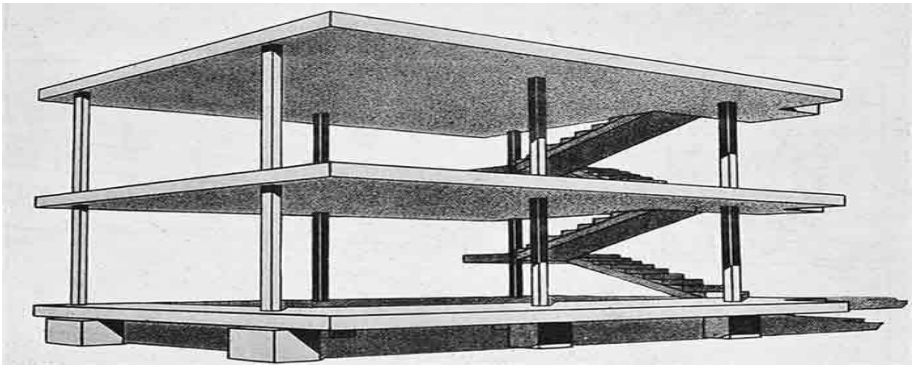


Рис. 5. Дом-Ино

После бетон и железобетонные изделия начинают активно использовать в строительстве.

В 1931 году возведена Вилла Савой полностью из плоских панелей.

В 1940 году построены многоэтажные здания с квартирами в Марселе и Нанте.

В 1957 году Нотр-Дам-дю-О, стены которой представляют собой бетонную монолитную конструкцию, залитую по опалубкам.

В 1959 году доминиканский монастырь недалеко от Лиона Ла-Туретта.

В 1961 году ансамбль правительственных, административных зданий на Чандигарх.

История возведения высотных зданий с использованием ЖБИ технологий начинается с 1904 года. Тогда был построен железобетонный небоскреб Ингаллс. В 1930-х годах по его примеру было возведено множество крупных зданий сюда можно отнести: башня Johnson Wax Tower (высотой 45 метров), башни-близнецы в Чикаго, входящие в комплекс Marina City (высотой 179 метров).

Чикагский бетонный небоскреб возведенный в 1962 году, ничем не уступил по прочности аналогам из металлических конструкций. Бетон повышенной марки прочности позволил наращивать высоту строения, без необходимости делать колоны с огромным основанием. Еще одним яркий пример небоскреб Shell Plaza (построенный в Хьюстоне в 1970 году. Его высота рекордная на то время 217 метров). Здание в Торонто (построенное 1989 году) превзошло ее по высоте достигнув 276 метров. В наше время небоскребы достигают невероятных высот такие как небоскреб Бурдж-Халиф в Дубай его высота составляет 830 метров, небоскреб Merdeka 118 в Куала-Лумпур высотой 679 метров. Сейчас небоскребы строятся во многих индустриально развитых и развивающихся странах. Строительство небоскреба в стране говорит о технологическом развитии страны.

В современном строительстве применяется огромное количество типов и марок бетона. Но, не смотря, на это наука на месте не стоит, и в современности появляются и используются новые типы стройматериалов и в том числе бетона. Такие как: самовосстанавливающийся бетон, токопроводящий бетон, углеродобетон. О котором мы и поговорим более подробнее.

Люди всегда чувствовали потребность развиваться. То же самое и в строительстве. Цемент, а затем и бетон, были нашими строительными материалами уже очень давно. Этот метод строительства получил дальнейшее развитие, когда была добавлена стольная арматура для увеличения прочности бетона на растяжение. К сожалению, не смотря на бетонное покрытие, сталь в какой-то момент заржавеет, и потребуется ее ремонт. Но разве нет другого пути?

Итак, ученные из дрезденского Института монолитного строительства, решили заменить металлическую арматуру в бетоне углеродистым волокном. Вернее, текстильным материалом, полученным из него путем переплетения с получением особой решетчатой структуры. В результате они получили материал, буквально по всем параметрам превосходящий все известные сегодня виды бетонов. С намного большей прочностью, и меньшей удельной массой. Несмотря на кажущуюся простоту изобретения, ученые-химики работали над ним несколько десятилетий, добиваясь, чтобы углеволоконный текстиль надежно сцеплялся с бетонной смесью. Для этого его обрабатывают специальным покрытием, состав которого пока держится в тайне изготовителем.

Композитные материалы давно не удивляют ни строителей, ни заказчиков. Все знают об их уникальных свойствах, способности намного лучше противостоять агрессивным внешним факторам, чем традиционные материалы. Композитные материалы, в которых в качестве армирующего элемента используются углеволокно, применяются в машино- и самолетостроении, производстве спортивного инвентаря, в строительстве.

Углеродобетон это новая модификация железобетона, в которой вместо обычной металлической арматуры используются углеродные волокна и трубки. Они не уступают по прочности металлу, при этом выигрывают в легкости и пластичности.

Углеволокно – материал давно известный и очень востребованный в разных сферах промышленного производства. Но довольно дорогой. Процесс получения графитовых нитей заключается в многоэтапном нагреве полиакрилонитрильных или вискозных волокон в разных средах до стадии обугливания. В результате чего и появляется материал, состоящий из чистого углерода.

Толщина углеродной нити всего 5 – 10 мкм, что тоньше человеческого волоса. Состоит она из выстроенных в кристаллическую решетку цепочек атомов углерода. Для производства волокон, нити соединяются в жгуты, в которые их может быть до 50 000.

Какие же свойства материала привлекли к нему внимание и позволили использовать, работающих в самых сложных условиях эксплуатации? В первую очередь это уникальная прочность на разрыв. Она в четыре раза превышает такой же показатель для лучших марок стали. Чтобы разорвать углепластик толщиной 5 мм, потребуется усилие в 2500 кг. Тогда как такой же стержень из чугуна разрушиться при 150 кг. При этом плотность углеволокна в четыре раза ниже, чем у той же стали. Соответственно и весит материал вчетверо меньше.

Углебетонные плиты изготавливают двумя способами:

– послойная укладка углепластика с дальнейшей заливкой бетонным раствором до получения плиты нужной толщины (рис. 6);

– заливка бетона в опалубку куда предварительно уложено углеродное волокно (рис. 7).



Рис. 6. Послойная укладка углепластика с дальнейшей заливкой бетонным раствором до получения плиты нужной толщины

В обоих методах нужно заботиться о хорошем сцеплении углеродного полотна и раствора, потому что из-за решетчатой структуры композит плохо крепится к бетону. Чтобы повысить адгезию, на армирующий текстиль наносят специальное покрытие.

Другие достоинства углебетона:

– малый вес, отсутствие дополнительной нагрузки на несущее основание; – экономия бетонной смесит (углеволокно не требует покрытия бетонным раствором так как не ржавеет);

– небольшая толщина, позволяющая делать достаточно тонкие и прочные плиты;

– экологичность, безопасность в использовании, отсутствие токсичных компонентов;

– возможность выполнять из углебетона тонкие элементы, конструкции сложной формы с высокими прочностными характеристиками;

– проще производить утилизацию и переработку.

Плюсы углебетона позволяют ускорить процесс строительства, продлевают срок эксплуатации сооружений.

Однако у углебетона есть и минусы такие как высокая цена, углебетон не имеет в РФ стандартизации, мало где применяется в РФ в связи с чем не полностью изучен его жизненный цикл в наших условиях, сложность изготовления углеволокна и адгезическая особенность углеволокна, который необходимо обрабатывают специальным покрытием, состав которого пока держится в тайне изготовителем. Что в своем случае, также несет увеличение стоимость данного материала.

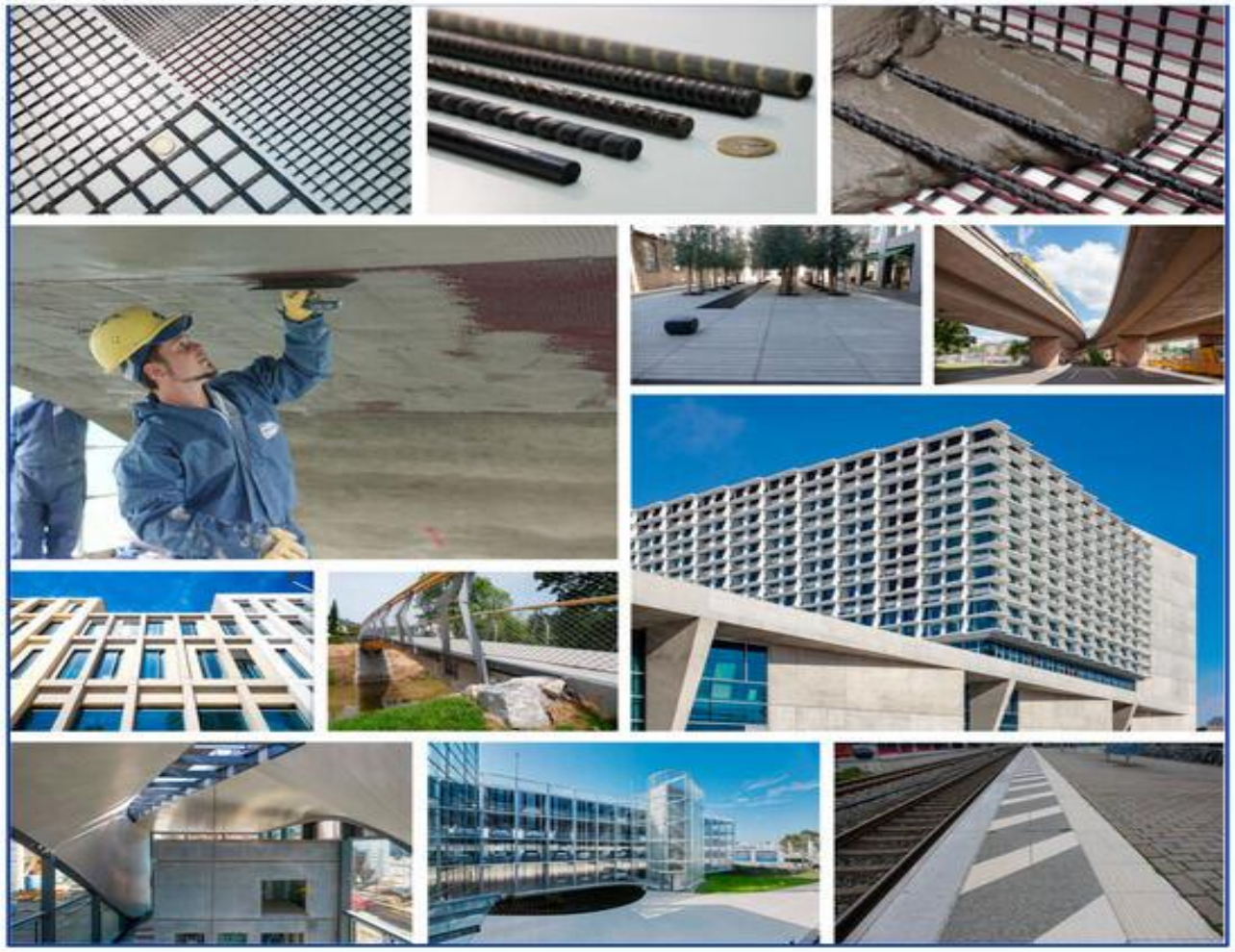


Рис. 7. Заливка бетона в опалубку куда предварительно уложено углеродное волокно

Тем не менее, учитывая технические свойства углебетона в строительстве, можно с уверенностью сказать, что новое решение с лихвой окупает затраты. Во-первых, оно сокращает сроки работ, во-вторых исключает необходимость преждевременного ремонта.

Углебетона подходит для нового строительства, но в РФ он пока чаще используется для реставрации устаревших зданий и памятников. Плиты с высокой прочностью и небольшой толщины помогают восстановить несущие конструкции, придать зданию надежность, сделать их безопасными. При этом можно сохранить исторический облик памятника архитектуры, что принципиально важно для многовековых сооружений.

Пока в России стройматериалы из углебетона набирают популярность. В Америке, Израиле и Германии и других странах уже не раз представили углебетон на презентациях высокотехнологичных строительных решений. Там этот материал задействуют в новых проектах в строительстве мостов, домов и реставрации зданий.

Важно понимать еще один аспект, что изготовление углебетонных плит требует соблюдение четкого алгоритма, иначе свойства готовых конструкций будут хуже планируемых. От качества сырья, выполнении технологий производства напрямую зависит прочности прочность, надежность строительных плит.

Углеродобетон в России без сомнения станет одним из самых практичных материалов для жилых комплексов, промышленных зданий, особенно в районах со сложным климатом. Его устойчивость к внешним фактором вместе со стоимостью к статическим, динамическим нагрузкам – идеальное сочетание для долговременного результата. Поэтому несмотря на высокую стоимость, он будет иметь популярность в строительстве.

Еще одним из положительных факторов углебетона это экологичность и его процесс утилизации и переработки.

Углебетон – это композитный материал состоящий из бетона и неметаллической арматуры, изготовленной из углерода или углеродных волокн. Армирование, в свою очередь, состоит из углеродного волокна, покрытия и пропитки. Углеродобетон имеет срок службы, который намного больше, чем современные железобетонные конструкции, и поэтому представляет собой климатическую альтернативу в строительстве. Метод строительства из углеродного бетона позволяет снизить затраты на техническое обслуживание в течение всего жизненного цикла здания, сэкономить до 80% на сырье, сократить выброс CO2 до 50%. Метод строительства из углеродного бетона в конечном итоге поможет значительно уменьшить воздействие бетонного строительства на окружающую среду и людей. Средний срок службы углеродистого бетона составляет до 200 лет, что во много раз превосходит железобетон.

Для всех отраслей промышленности годовой спрос на углеродные волокна только в Европе вырос с 19 000 тон (2011 году) более чем на 52 000 тоны (2021 году). Что позволяет переработку углеволокна (углепластика) использовать как вторичное сырье. Однако для этого требуется высокотехнологические заводы по переработке углепластика, а также является дорогостоящими объектами.

В реалиях нашего времени данные предприятия в нашей стране только начинают приобретать актуальность, что однако не позволяет самим активно производить углеродобетонные изделия в нашей стране.

Производственная фаза с экономической стороны эта фаза характеризуется высокой степенью зрелости, что отражается например, в извлечении волокон из различных исходных материалов (базальта, углерода, стекла и т.д.), производства волокон с различными морфологическими структурами (AR – стекло, волокна на основе смолы и PAN и т.д.), производства полуфабрикатов с органическими и неорганическими поверхностными покрытиями (эпоксидная смола, стирол-бутадиеновый каучук, термопласты и т.д.) и производство полуфабрикатов и композитов из волокон с различными структурами и формами (матовая или сетчатая, в форме стержня, флиста и т.д.), а также продукции (полуфабрикатные и готовые компоненты для строительства здания).

С научной стороны, существуют такие темы, как устойчивая добыча углеродных волокон на основе возобновляемого сырья лигнина, извлечение CO2 из воздуха, производство из полиэтилена или путем образования богатой липидами биомассы водорослей, производство компонентов из углеродного бетона из перерабатываемых материалов.

Этап сноса и переработки. Этот этап снова зависит от качества ранее используемых материалов. Условие в строительстве из углеродного бетона в основном основано на современном состоянии для переработки обычных материалов из пластика, дерева и минеральных компонентов.

Демонтаж и деконструкция с использованием волокнистых компонентов в строительной отрасли (сортировка материала на основе камер и т.д.) и обработка композитов из волокон (пиролиз, сольволиз, сочетание с термопластичными волокнами и т.д.) для повторного использования при производстве новых полуфабрикатов и изделий (производство пряжи из переработанных углеродных волокон).

Существует юридические обязательные квоты на переработку. Например, неопасные строительные отходы должны быть переработаны на 70% по массе, а пластик должен быть удален на 85% по массе. Чтобы соответствовать эти требованиям, углеродные волокна должны быть отделены с помощью соответствующих процессов обработки и отделены от бетона. Очень важно, чтобы его компоненты, бетон и арматура, изготовленная из углеродных волокон, могли быть эффективно отделены друг от друга, на примере передовой практики было продемонстрированно, что снос компонентов из углеродного бетона может быть реализован в строительстве на практике. И что дробление с почти полным отключением фрагментов, содержащих усиление из бетонной матрицы, успешно реализовано с помощью обычных машинных технологий. Процессы разделения дробей по типу также существуют разные и отвечают необходимым требованиям для крупного внедрения. Согласно результатам, возможность вторичной переработки уже в основном возможна с существующими техническими заводами и процессами. И соответственно вторичное сырье может быть возвращено в цикл материалов. Тем не менее результаты также показывают, что уровень технологической готовности отдельных заводов еще не находится на сопоставимом уровне. Еще одним осложняющим фактором является то, что процессы не согласованы. Следовательно, может быть нехватка материалов, которые не подходят ни для переработки, ни для теплового восстановления. Кроме того, в настоящее время часто не хватает достаточного количества перерабатываемых материалов, которые являются экологически жизнеспособными. В конечном счете, это в свою очередь усложняет меры по оптимизации технологий и процессов объединению заинтересованных сторон (рис. 8).



Рис. 8. Переработка углебетона

Тем не менее, из оценки результатов можно сделать вывод, что использование неметаллического армирования из углеродных волокон является устойчивым и перспективным подходом в строительной отрасли.

Подводя итоги нашей темы хочется отметить, что использование в строительстве углебетона будет только расти и пользоваться спросом в дальнейшем. Однако в реалиях нашего времени использование углебетона в России будет не так масштабно ближайшие 10 лет. Это связано с сложным технологическим процессом производства углебетона. Но перспективы применения углебетона в нашей стране огромны и рано или поздно углебетон займет лидирующие позиции среди строительных материалов в нашей стране.



Рис. 9. Первое здание из углеродного бетона

Список использованных источников

1. Баженов, Ю. М. Технология бетона / Ю.М. Баженов – 5-е изд. – М : Изд-во «АСВ», 2011 – 528 с.
2. ГОСТ 26633–2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – URL : https://nd.gostinfo.ru/document/6135543.aspx#:~:text=ГОСТ%20266332015%20ГОСТ%2026633-2015%20Бетоны, правила%20их%20приемки%2C%20методы%20контроля
3. ГОСТ 27006–2019. Бетоны. Правила подбора состава. – URL : https://internet-law.ru/gosts/gost/71160/
4. Коротченко, И. А. История развития бетона и его будущее / И. А. Коротченко, А. Ю. Пахомова. – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-razvitiya-betona-i-ego-buduschee/viewer
5. Марки бетона и их применение. – URL : https://72taktika.ru/articles/marki-betona-i-ikh-primenenie
6. Новый строительный материал – углебетон. – URL : https://qasr.ru/novyj-stroitelnyj-material-uglebeton/?ysclid=m9k4zmwanp446742284
7. Основные виды железобетонных изделий. – URL : https://dorjbi.com/stati/osnovnye-vidy-zhelezobetonnyh-izdelij/
8. Топ 10 Ведущих Мировых Производителей Бетонных Заводов. – URL : https://www.lyroad.com/ru/top-10-bedushchikh-mirovykh-proizvoditeley-betonnykh-zavodov.html?highlight=WyJcdTA0NDJcdTA0M2VcdTA0M2YiLDEwLCJcdTA0MzJcdTA0MzVcdTA0MzRcdTA0NDNcdTA0NDlcdTA0MzhcdTA0NDUiLCJcdTA0M2ZcdTA0NDBcdTA0M2VcdTA0MzhcdTA0MzdcdTA0MzJcdTA0M2VcdTA0MzRcdTA0MzhcdTA0NDJcdTA0MzVcdTA0M2JcdTA0MzVcdTA0MzkiLCJcdTA0NDJcdTA0M2VcdTA0M2YgMTAiLCJcdTA0MzJcdTA0MzVcdTA0MzRcdTA0NDNcdTA0NDlcdTA0MzhcdTA0NDUgXHUwNDNmXHUwNDQwXHUwNDNlXHUwNDNmXHUwNDM4XHUwNDM3XHUwNDMyXHUwNDNlXHUwNDM0XHUwNDM0XHUwNDM0XHUwNDM0XHUwNDM1XHUwNDNiXHUwNDM5Il0
9. Топ-10 новейших стройматериалов: углеродобетон и другие эксперименты. – URL : https://gge.ru/press-center/news/top-10-noveyshikh-stroymaterialov-uglerodobeton-i-drugie-eksperimenty/?sphrase_id=386204
10. Jan K., Stefan M. Contribution of Carbon Concrete Construction to the Circular and Resource Economy. – URL : https://www.mdpi.com/2075-5309/13/11/2851
11. Lusia, R. Строительство из углеродного бетона – будущее строительства. – URL : https://www.dlubal.com/ru/novosti-i-sobytija/novosti/blog/000089

УДК 691.327.332
67.09.05: Общая характеристика и классификация строительных материалов и изделий. Материаловедение

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОБЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛЫ ТЭЦ: ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Силкин Александр Александрович,
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», Институт архитектуры и строительства, аспирант
e-mail: silkin.aleksandr.00@mail.ru

Газобетон – широко применяемый в современном строительстве материал, обладающий конструкционной прочностью, легкостью и высокими теплоизоляционными свойствами. Актуальным вопросом последних лет является развитие технологии использования промышленных отходов, таких как золы ТЭЦ, при производстве газобетона. Зола ТЭЦ образуется при сжигании угля и представляет собой мелкодисперсный материал, содержащий оксиды кремния, алюминия, железа и кальция [1]. Частичная замена цемента в составе газобетона золами ТЭЦ позволяет снизить себестоимость производства материала без потерь прочностных и теплоизоляционных характеристик, а также способствует решению утилизации золошлаковых отходов, образование которых в России превышает 20 млн тонн в год.

В данной статье рассмотрены современные технологии производства газобетона, дана оценка влиянию золы на свойства материала, систематизированы результаты ключевых исследований по данной теме.

В таблице 1 представлены преимущества использования технологии производства газобетона с применением зол ТЭЦ по сравнению с традиционными способами.

1. Сравнительная таблица технологий производства газобетона

Параметр	Традиционная технология производства газобетона	Технология производства газобетона с применением зол ТЭЦ
Выбросы CO_2, кг	150 – 200 (на производство 1 м^3 газобетона)	90 – 120 (на производство 1 м^3 газобетона)
Себестоимость 1 м^3, р.	3500 – 4500	2200 – 3000
Прочность на сжатие, МПа	2,5 – 3,5	2,0 – 3,0
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,12 – 0,14	0,10 – 0,12
Утилизация золошлаковых отходов ТЭЦ	–	До 1,5 т золы на 10 м³ производимого газобетона

По типу происхождения отходы сжигания топлива ТЭЦ классифицируются на:

1. Зола-унос – это тонкодисперсный порошкообразный материал, образующийся при сжигании угля на тепловых электростанциях и улавливаемый системами газоочистки (электрофильтрами, рукавными фильтрами).

Согласно определения в нормативно-правовом источнике, зола-уноса – мелкая, состоящая преимущественно из шарообразных стекловидных частиц пыль, образующаяся при сгорании мелко смолотого угля и обладающая пуццолановыми свойствами и/или гидравлической активностью [2].

Зола-унос является основным типом отходов теплоэлектростанций, применяемым для производства газобетона, не требующим дополнительной обработки перед применением.

2. Шлак – это крупнодисперсный остаток от сжигания угля на ТЭЦ, который скапливается на дне топочной камеры или под зольными бункерами. В отличие от золы-уноса, не уносится дымовыми газами, а удаляется механически (через шлакоудаляющие системы) [3].

Шлак требует дополнительной обработки, но при правильном применении позволяет создавать экономичный и экологичный газобетон.

Зола-унос, благодаря высокой пуццолановой активности и сферической форме частиц, позволяет замещать до 50% цемента, снижая себестоимость и выбросы CO_2, при этом улучшая удобоукладываемость смеси. Шлак, после дробления и помола, эффективно заменяет песок, повышая теплоизоляционные свойства, но требует дополнительной активации из-за угловатой формы частиц. Комбинирование этих видов отходов ТЭЦ оптимизирует прочность и экологичность газобетона.



а) *б*)

Рис. 1. Типы отходов сжигания топлива ТЭЦ:
а – зола-унос; *б* – шлак

Производство газобетона осуществляется по двум основным технологиям:

– автоклавной;
– неавтоклавной.

Этапы производства автоклавного газобетона:

1. Приготовление смеси

На данном этапе необходимое количество сырья (цемент, песок, вода, известь, алюминиевая пудра) при помощи дозатора подается в смеситель, где тщательно перемешивается.

2. Формование

Подготовленную смесь заливают в формы, где происходит процесс порообразования. Газообразователь (алюминиевая пудра) вступает в реакцию с известью, в результате чего выделяется водород, образуя поры.

3. Предварительное твердение

Формованная смесь выдерживается при 40 – 60 °С в течение 3–4 часов в камере предварительного созревания (так называемый горячий тоннель). На данном этапе происходит начальное схватывание смеси, массив бетона вспучивается и набирает распалубочную прочность.

4. Нарезка блоков

При помощи станков струнной резки массив газобетона нарезается на блоки заданных размеров.

5. Автоклавирование

Нарезанные блоки обрабатываются в автоклаве под давлением 10 – 12 бар и при температуре 200 °С, что обеспечивает набор прочности в более сжатые сроки. Автоклавированный газобетон приобретает повышенную прочность, а полученные блоки имеют точные геометрические характеристики и менее подвержены усадочным процессам.

На рисунке 2 отображена технологическая схема производства автоклавного газобетона.

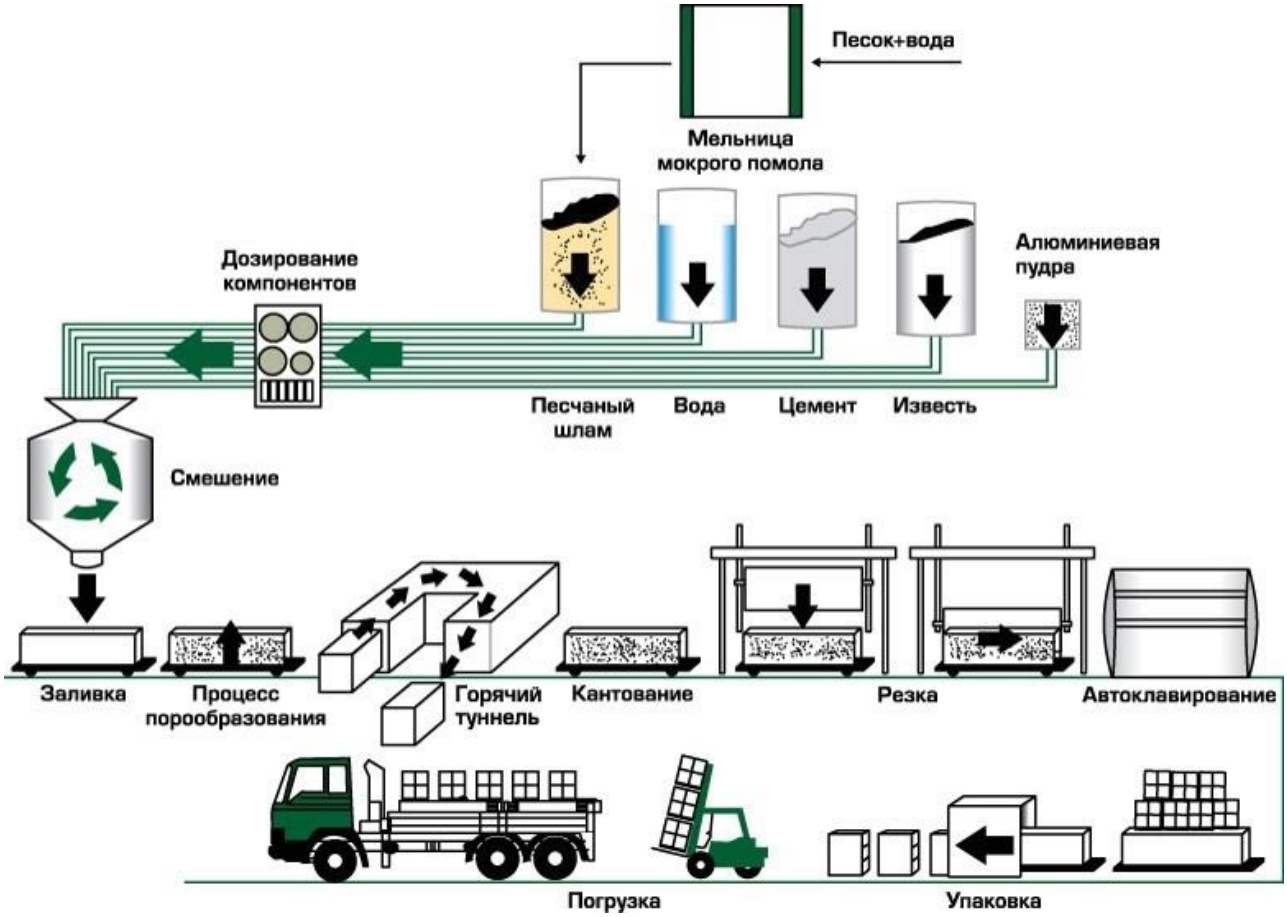


Рис. 2. Технологическая схема производства автоклавного газобетона

Технология производства неавтоклавного газобетона отличается отсутствием последнего этапа обработки – автоклавирования. Неавтоклавный газобетон набирает прочность, необходимую для транспортировки, в течение двух-трех суток после формования. При этом использовать материал можно только спустя 28 дней, после набора марочной прочности.

Неавтоклавный газобетон, по сравнению с автоклавным, отличается пониженной прочностью, подверженностью усадкам, но более низкой себестоимостью.

На рисунке 3 отображена технологическая схема производства неавтоклавного газобетона.

Современные альтернативные технологии предусматривают модернизацию описанных способов следующим образом:

– замена цемента золой (до 70%).
– использование гибридных добавок (например, микрокремнезем).

Использование золы ТЭЦ в производстве газобетона существенно изменяет его ключевые характеристики.



Рис. 3. Технологическая схема производства неавтоклавного газобетона

Прочность на сжатие

При замене 20 – 30% цемента золой-уносом прочность газобетона составляет B2.0-B2.5, а при 40 – 50% замещении – B1.5-B2.0. Для шлака оптимальной является замена 15 – 25% вяжущего. Автоклавная обработка позволяет достичь более высоких показателей (до B3.5) благодаря активному образованию гидросиликатов кальция. Ключевыми факторами, определяющими прочность, являются:

– содержание активного SiO_2 и Al_2O_3 в золе;
– степень дисперсности частиц;
– наличие активирующих добавок (Na_2SiO_3, $CaCl_2$).

Плотность и пористость

Зола-унос, благодаря сферической форме частиц, способствует формированию более однородной пористой структуры, снижая плотность материала на 5 – 10% (до D400-D500). В то же время шлак, имеющий угловатые частицы, может увеличивать плотность на 5 – 8% (D600-D700). Пористость газобетона с золой-уносом достигает 75 – 85%, тогда как со шлаком – 65 – 75%. Оптимальное соотношение открытых и закрытых пор (1:3) обеспечивается при содержании золы-уноса 30 – 40%.

Теплопроводность

Использование золы-уноса позволяет достичь значений коэффициента теплопроводности 0,10 – 0,12 Вт/(м·К) благодаря:

1. Мелкодисперсным сферическим частицам, создающим равномерную пористую структуру.
2. Увеличению доли закрытых пор (до 80%).
3. Снижению средней плотности материала.

Для шлака этот показатель составляет 0,14 – 0,16 Вт/(м·К) из-за наличия более крупных и неравномерно распределенных пор.

Таким образом, применение золы ТЭЦ позволяет существенно модифицировать свойства газобетона, но несмотря на это, существует ряд технологических сложностей, требующих особого внимания:

1. Основной проблемой применения зол ТЭЦ является нестабильность химического состава золы. Даже в пределах одного месторождения угля содержание SiO_2 может колебаться от 40 до 70%, а CaO от 1 до 15%, что существенно влияет на свойства конечного продукта.

2. Особую опасность представляют коррозионные процессы: при содержании SO_3 более 3% возникает риск сульфатной коррозии, требующий введения специальных ингибиторов.

3. Для некоторых региональных зол, полученных, например, при сжигании угля Кузнецкого и Канско-Ачинского угольных бассейнов, характерно повышенное содержание радионуклидов (урана, тория, радия), что ограничивает их применение в жилищном строительстве [4].

4. Дополнительные сложности создает неоднородность физических характеристик – удельная поверхность может варьироваться от 250 до 600 м²/кг даже в пределах одной партии сырья.

Для минимизации этих рисков необходимы: строгий входной контроль каждой поставки с проведением XRD-анализа, создание системы контроля качества зол ТЭЦ по радиационно-гигиеническому фактору, а также разработка адаптивных рецептур с учетом фактических характеристик сырья.

Перспективные направления развития технологии производства газобетона с использованием золы ТЭЦ включают:

– разработку композитных вяжущих на основе комбинации золы-уноса и шлака с оптимальным соотношением компонентов для улучшения прочностных и теплоизоляционных характеристик;

– внедрение эффективных методов активации золы (механохимическая обработка, химические активаторы) для повышения реакционной способности;

– создание экологичных составов с применением зол с повышенным содержанием CaO для максимального замещения цемента;

– разработку стандартизированных рецептур с учетом региональных особенностей золы различных ТЭЦ;

– внедрение технологий переработки зол с повышенной радиоактивностью для расширения сырьевой базы;

– оптимизацию параметров автоклавной обработки для золосодержащих смесей.

Таким образом, применение золы ТЭЦ в производстве газобетона имеет значительный потенциал развития для снижения себестоимости конечной продукции и решения накопившихся экологических проблем. Дальнейшие исследования должны быть направлены на стандартизацию состава золы, оптимизацию технологических параметров и разработку эффективных методов ее подготовки. Внедрение таких решений позволит создать конкурентоспособный и экологически безопасный строительный материал.

Список использованных источников

1. Белякова, Е. А. Техносферная безопасность утилизации зол-уноса ТЭЦ в бетонах / Е. А. Белякова, В. И. Калашников, Р. Н. Москвин, В. С. Белякова // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2016. – № 1(2). – С. 11 – 15.

2. ГОСТ 25818-2017. Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2017.

3. ГОСТ Р 57789–2017. Золы, шлаки и золошлаковые смеси ТЭС для производства искусственных пористых заполнителей. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2019.

4. Сидорова, Г. П. Радиоактивность углей и золошлаковых отходов угольных электростанций / Г. П. Сидорова, Д. А. Крылов // Энергия: экономика, техника, экология. – 2017. – № 2. – С. 21 – 26.

УДК 691.327.32, 691.327.332
67.09.33: Бетоны. Железобетон. Строительные растворы, смеси, составы

ИЗГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПОКИ ШИПОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Таскалиев Азамат Тюлепкалиевич
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
преподаватель кафедры «Архитектура и строительство», г. Уральск, Республика Казахстан
e-mail: *Taskalievazamat@mail.ru*

Монастырев Павел Владиславович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия,
директор института архитектуры, строительства и транспорта»
e-mail: *monastyrev68@mail.ru*

Ельчищева Татьяна Федоровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия,
заведующий кафедрой «Архитектура и градостроительство»
e-mail: *elschevat@mail.ru*

В статье отражены основные методы и способы по изучению, исследованию и применению в промышленности строительных материалов природного ископаемого – опоки, относящейся к кремнистым породам. Целью научно-исследовательской работы является разработка технологии производства строительных материалов на основе опоки Шиповского месторождения Западно-Казахстанской области для гражданского и промышленного строительства в Республике Казахстан. В статье освещается природа происхождения опоки, ее месторож-

дения и анализ запасов. В результате изучения Шиповского месторождения опоки, расположенного в Западно-Казахстанской области Республики Казахстан, был проведен отбор нескольких десятков проб с разной глубины в разных точках по периметру месторождения. Физико-механические свойства опоки изучались путем лабораторных исследований методами минералого-петрографического, физического, химического и других видов анализов. Опока изучалась как самостоятельный материал для получения строительных материалов, таких как термиз, теплопорит и опокогазобетон (ячеистый бетон) и как сырье для изготовления термолита, используемого в качестве заполнителя при изготовлении термолитобетона. Термолит был изготовлен в лабораторных условиях путем высокотемпературного обжига опоки при температуре 1150 °С. В результате проведенных научных исследований были определены основные физико-механические свойства лабораторных образцов строительных материалов, изготовленных на основе опоки и термолита.

Введение. Задачей научного исследования опоки Шиповского месторождения Западно-Казахстанской области и продукта из опоки – термолита является анализ возможности применения опоки строительными организациями в гражданском и промышленном строительстве, разработки технологии производства строительных материалов на основе опоки.

Промышленное использование кремнистых пород основано на ряде их физических и химических свойств, из которых главными являются их высокая пористость, малая объемная масса, значительная термостойкость, наличие «активного» кремнезема и химическая стойкость по отношению к кислотам. Эти разнообразные свойства делают кремнистые породы сырьем многоцелевого назначения. Основным потребителем кремнистых пород (более 70% добываемого сырья) является цементная промышленность [1].

Из кремнистых пород производят легковесный кирпич, применяемый для кладки наружных стен малоэтажных зданий, устройства внутренних перегородок, а в сочетании с обычным строительным кирпичом – в качестве теплоизоляционной прослойки – тепловкладыша. Кремнистые породы, обладают высокой адсорбционной способностью и применяются в пищевой промышленности для очистки и осветления сахарных сиропов, вин, фруктовых соков и растительных масел [2].

Крупным разведанным месторождением опоки в Западно-Казахстанской области Республики Казахстан является Шиповское месторождение, которое расположено в районе станции Шипово [3]. Месторождение находится в Прикаспийской впадине и располагается горизонтально в виде пластов палеоценового возраста [2]. Запасы опоки Шиповского месторождения составляют около 21619 тыс. $м^3$ [3].

В современном строительстве опока Шиповского месторождения используется для строительства грунтовых дорог, в качестве основания дорожного полотна и устройства насыпи дорог с асфальтобетонным покрытием.

В настоящее время опока Шиповского месторождения Западно-Казахстанской области используется для строительства грунтовых дорог, пешеходных дорожек и тротуаров, в местах, где отсутствует твердое покрытие дорог, вызванное высокой стоимостью и отсутствием денежных средств для строительства дорог с твердым покрытием.

В населенных районах, особенно между небольшими населенными пунктами, где отсутствуют автомобильные дороги с твердым покрытием, использование опоки для строительства дорог без твердого покрытия нашло широкое применение.

В 2018 году участок автомобильной дороги общего пользования республиканского значения второй категории в районе станции Шипово Западно-Казахстанской области был реконструирован (рис. 1).



Рис. 1. Автомобильная дорога второй категории, расположенная в Западно-Казахстанской области

За все время добычи опоки Шиповского месторождения впервые использовалась опока в таком масштабном строительстве и в больших количествах. Результаты исследований важны для расширения диапазона применения опоки – уникального природного материала не только в качестве сырья для дорожного строительства, но и для производства бетонных, асфальтобетонных, железобетонных изделий и конструкций для гражданского, промышленного и дорожного строительства в Республике Казахстан.

В современном производстве строительных материалов одной из важнейших экономических задач является снижение энергопотребления для жизнеобеспечения зданий и сооружений.

При решении задач исследования предполагалось использование опоки в двух видах. Во-первых, применение опоки как самостоятельного материала для производства бетонных изделий. Во-вторых, применение продукта переработки опоки – термолита в составе бетонных изделий.

Для проведения научных исследований использовались приборы и оборудование лаборатории строительных материалов и строительной теплофизики кафедры «Архитектура и строительство» Западно-Казахстанского инновационно-технологического университета.

Объект исследования. Для успешного проведения научных исследований была прежде изучена история происхождения опоки Шиповского месторождения. Опока относятся к кремнистым породам и состоит из минералов группы оксидов кремния – опала – аморфного кремнезема [4]. Опока состоит из микрозернистого опала, являющегося продуктом растворения и переотложения кремнистого вещества, прилипшего к скелетам диатомей (диатомеи, или диатомовые водоросли, представляют группу водорослей, отличающихся наличием у клеток «панциря» из диоксида кремния).

Основным материалом для панцирей диатомовых водорослей является кремнезем, который попадал в воду за счет выветривания горных пород или в результате последствий землетрясений [5]. В природе диатомовые водоросли в основном одноклеточные, они являются основой для морского планктона и создают до 25% органического вещества планеты. В клетки диатомовых водорослей кремний попадает через белки транспорта кремниевой кислоты. Диатомовые водоросли встречаются практически во всех водоемах, почве, содержатся в большем количестве во льдах Арктики и Антарктики [6].

Шиповское месторождение опоки длиной до 1200 м, шириной около 400 м и мощностью до 30 м находится в районе станции Шипово, восточнее г. Уральска на расстоянии 80 км (фото 2). Запасы месторождения опоки составляют 21619 тыс. м^3 [1]. Месторождение находится в Прикаспийской впадине и располагается горизонтально в виде пластов палеоценового возраста [2]. Способ добычи опоки – открытый (рис. 2).



Рис. 2. Шиповское месторождение опоки

После изучения Шиповского месторождения опоки был проведен отбор нескольких десятков проб материала для проведения научных исследований на различной глубине и в различных точках по периметру месторождения.

Методика и методы исследования

Определение физико-механических свойств опоки и термолита

Изучение свойств опоки проводились в соответствии с ГОСТ 22263–76 «Щебень и песок из пористых горных пород. Технические условия». Физико-механические исследования опоки определялись в соответствие с ГОСТ 8269.0–97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний» [19].

Изучение физико-механических свойств опоки проводилось для фракций до 5 мм. Результаты лабораторных исследований определения физико-механических свойств опоки следующие. Насыпная плотность опоки (песка опочного) составляет 925 кг/м^3, а теплопроводность – 0,14 Вт/м·К.

Для проведения исследований использовали опоку (рис. 3) и термолит (рис. 4) с размерами зерен менее 5 мм. Термолит (песок термолитовый) был получен путем обжига песка опочного при температуре обжига 1150 °С в электропечи СНОЛ 6,7/1300 [7 – 9]. По результатам исследований были определены следующие физико-механические свойства термолитового песка. Его насыпная плотность составила 1050 кг/м^3, а теплопроводность – 0,12 Вт/м·К.

Определение химического состава термолита

В лаборатории инженерного профиля «IPГЕТАС» Восточно-Казахстанского государственного технического университета имени Д. Серикбаева, Республика Казахстан, был проведен анализ всех элементов песка термолитового в 5 спектрах с использованием растрового электронного микроскопа JSM 6390LV по ГОСТ Р 8.631–2007 «Государственная система обеспечения единства измерений. Микроскопы электронные растровые измерительные. Методика поверки» (рис. 5) [10].



Рис. 3. Опока (песок опочный)



Рис. 4. Термолит (термолитовый песок)

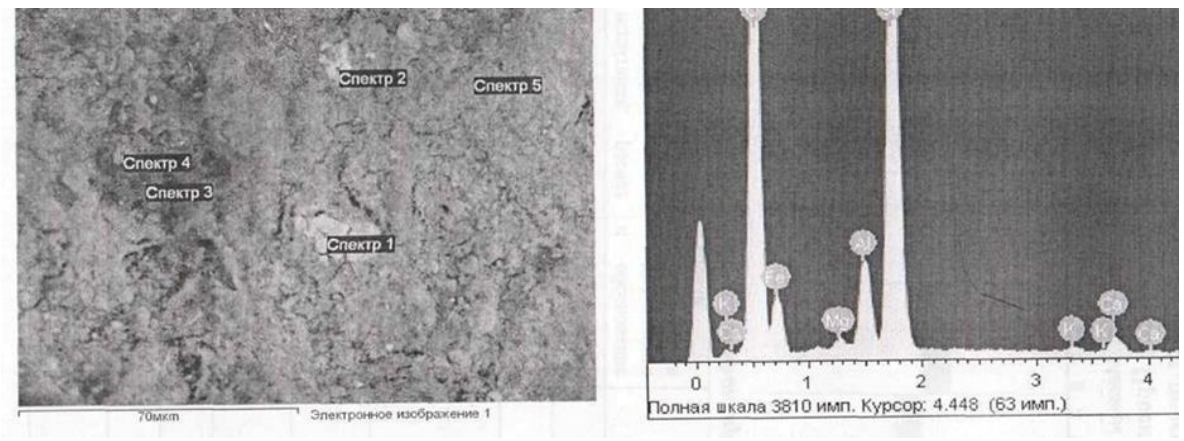


Рис. 5. Спектральный анализ термолитового песка

Получены следующие результаты химического состава термолитового песка: кислород O (54,43 – 61,40%), натрий Na (0,63 – 2,52%), магний (0,57 – 1,01%), алюминий Al (3,73 – 4,82%), кремний Si (19,92 – 30,94%), сера S (0,46%), хлор (0,24 – 2,05%), калий (0,29 – 1,68%), кальций Ca (0,54 – 0,99%), титан Ti (0,16 – 0,19%), железо Fe (2,49 – 19,01%) (табл. 1).

По результатам проведения исследования термолитового песка в его химическом составе содержание различных элементов составляет, %: кислорода – 61,40, кремния (Si) – 30,94, железа – 19,01, алюминия – 4,82, натрия – 2,52, хлора – 2,05, калия – 1,68, магния – 1,01, кальция – 0,99, серы – 0,46 и титана – 0,19.

1. Химический состав термолитового песка

Спектр	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe
Спектр 1	55,07		0,57	4,15	19,92			0,29	0,99		19,01
Спектр 2	54,77		0,75	4,07	22,85			0,53	0,57	0,19	16,26
Спектр 3	54,43	2,52	0,73	3,73	30,94	0,46	2,05	1,68	0,98		2,49
Спектр 4	61,40	0,63	0,87	4,37	27,06		0,24	0,76	0,54	0,17	3,97
Спектр 5	58,85		1,01	4,82	28,19			0,67	0,58	0,16	5,71
Макс.	61,40	2,52	1,01	4,82	30,94	0,46	2,05	1,68	0,99	0,19	19,01
Мин.	54,43	0,63	0,57	3,73	19,92	0,46	0,24	0,29	0,54	0,16	2,49

Далее проводились исследования применения вышеперечисленных материалов в технологии производства бетонных изделий.

Проектирование составов бетонных изделий. Изучение свойств бетонных изделий на основе песка опочного и термолитового проводилось в соответствии с ГОСТ 25820–2000 «Бетоны легкие. Технические условия» и ГОСТ 25485–2019 «Бетоны ячеистые. Технические условия»

Для получения опытных образцов теплопорита, термиза и опокогазобетона использовался песок опочный, для термолитобетона – песок термолитовый. В качестве вяжущего применялся цемент М500 (ГОСТ 31108–2020 «Цементы общестроительные. Технические условия») производства ООО «АККЕРМАНН ЦЕМЕНТ», г. Новотроицк, Российская Федерация. Для изготовления опокогазобетона, относящегося к группе неавтоклавных газобетонов, использовалась алюминиевая пудра в качестве газообразователя, каустическая сода (для усиления реакции газообразования в газобетонном массиве) и сульфат натрия (для ускорения процесса твердения газобетонной смеси). Вода затворения применялась по ГОСТ 23732–2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия».

В результате проведенных исследований в соответствии с требованиями ГОСТ 25820–2000 были запроектированы составы теплопорита, термиза, термолитобетона, опокогазобетона:

1. Состав теплопорита: песок опочный – 900 кг, цемент – 350 кг, песок крупностью до 2 мм (по ГОСТ 8736–2014 «Песок для строительных работ. Технические условия»), Желаевское месторождение Западно-Казахстанской области, Республика Казахстан – 100 кг, вода – 90 л.
2. Состав термиза: песок опочный – 795 кг, цемент М500 – 358 кг, вода – 110 л.
3. Состав термолитобетона: песок термолитовый – 900 кг, цемент – 350 кг, вода – 80 л.
4. Состав опокогазобетона (по ГОСТ 25485–2019): песок опочный – 460 кг, цемент – 520 кг, алюминиевая пудра ПАП 1 (по ГОСТ 5494–2022 «Пудра алюминиевая. Технические условия») производства компании «НПК», г. Екатеринбург, Российская Федерация – 1 кг, каустическая сода (по ГОСТ Р55064–2012 «Натр едкий технический. Технические условия») производства АО «Каустик», г. Павлодар, Республика Казахстан – 6 кг, сульфат натрия (по ГОСТ 214.58–75 «Сульфат натрия кристаллизационный. Технические условия») производства ТОО «Индастриал Мануфактуринг Компани», г. Алматы, Республика Казахстан – 10 кг, вода – 40 л.

Определение физико-механических свойств теплопорита, термиза, термолитобетона и опокогазобетона

Согласно ГОСТ 18105–2018 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» определение физико-механических свойств бетонных изделий осуществлялось через 28 суток с момента укладки смеси в формы.

Результаты исследований физико-механических свойств лабораторных образцов теплопорита, термиза, термолитобетона и опокогазобетона приведены в таблице 2. По результатам проведенных исследований физико-механических свойств теплопорита, термиза, термолитобетона и опокогазобетона установлено, что наибольшей прочностью обладает термолитобетон М75 (В5), наибольшим водопоглощением – термиз – 25,5%, наибольшей средней плотностью – термиз – 1630 кг/м^3 и наименьшей теплопроводностью – опокогазобетон – 0,086 Вт/м·К.

2. Физико-механические свойства теплопорита, термиза, термолитобетона и опокогазобетона

Наименование строительного материала	Средняя плотность, кг/м3	Водопоглощение, % по массе	Марка бетона по прочности	Класс бетона по прочности	Теплопроводность, Вт/м·К
Теплопорит	1545	21,3	М25	В2	0,138
Термиз	1630	25,5	М35	В2,5	0,094
Термолито-бетон	1365	15,4	М75	В5	0,228
Опокогазобетон	950	10,5	М35	В2,5	0,086

По прочности на сжатие лабораторные образцы теплопорита, термиза, термолитобетона и опокогазобетона согласно ГОСТ 57345–2016 «Бетоны ячеистые. Общие технические условия» и ГОСТ 25485–2019 «Бетоны ячеистые. Общие технические условия» относятся к конструкционно-теплоизоляционным бетонам.

Заключение. По результатам проведенной научно-исследовательской работы было подтверждено, что по уникальным физико-механическим свойствам опока Шиповского месторождения Западно-Казахстанской области пригодна для использования в качестве сырьевого материала в производстве энергосберегающих строительных материалов, обладающих хорошими теплоизоляционными свойствами и достаточной прочностью, соответствующей классу конструкционно-теплоизоляционных бетонов, которые могут использоваться для строительства гражданских и производственных зданий, а также является перспективным материалом для дорожного строительства в Республике Казахстан.

Изучены в основном теплоизоляционные и прочностные характеристики песка опочного и термолитового, используемого в качестве мелкого заполнителя для проектирования составов бетонных изделий и конструкций.

Проведенные научные исследования показали, что опоку Шиповского месторождения, которую используют в настоящее время в основном для строительства грунтовых дорог в качестве основания дорожного полотна и устройства насыпи дорог с асфальтобетонным покрытием, возможно применять для изготовления более востребованных в настоящее время материалов на рынке строительных материалов, а именно энергосберегающих и экологически чистых.

Таким образом, полученные результаты научных исследований, представленные в статье, а именно разработанные технологии производства термиза, теплопорита, термолитобетона и опокогазобетона позволят в будущем расширить рынок производства строительных материалов Республики Казахстан новыми современными теплоизоляционно-конструкционными, энергосберегающими материалами для изготовления изделий и конструкций для гражданского и промышленного строительства.

Список использованных источников

1. Баранова, М.Н. История освоения кремнистых пород / М.Н. Баранова, С.Ф. Коренькова, Н. Г. Чумаченко // Строительные материалы. – 2011. – № 8. – С. 1 – 4.
2. Диатомиты и опоки месторождений Западного Казахстана: литология, структурно-текстурные параметры, потенциал использования / П. В. Смирнов, Б. Е. Жакипбаев, Д. А. Староселец и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334, № 7. – С. 187 – 201.
3. Камалов, С. М. География размещения месторождений природных ископаемых Уральской области и их народнохозяйственное значение / С. М. Камалов, К. А. Ли. – Уральск : Диалог, 1992. – 156 с.
4. Минералы и горные породы СССР / Т. Б. Здорик, Л. Г. Фельдман, И. Н. Тимофеев, В. В. Матиас. – М. : Мысль, 1970. – 488 с.
5. Cecile, S. G. R. Recent decadal trends in global phytoplankton composition / S. G. R. Cecile, W.G. Watson // Journal of Global Biogeochemical Cycles. – 2015. – Vol. 29. – No. 10. – Pp. 1674-1688. DOI: 10.1002/2015GB005139
6. Мусаев, Ф.А. Географическое распространение растений / Ф.А. Мусаев, О.А. Захарова. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2014. – 200 с.
7. Mizuriaev, S. A. Artificial broken stone production for industrial and civil engineering: Technological Parameters / S.A.Mizuriaev, S.A. Montaev, A.T. Taskaliev // Procedia Engineering. Elsevier Ltd. – 2015. – Vol. 111. – Pp. 534-539. DOI 10.1016/j.proeng.2015.07.037
8. Ограждающие конструкции зданий на основе природной опоки / П. В. Монастырев, Т. Ф. Ельчищева, В. Т. Ерофеев, А. Т. Таскалиев // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения : материалы Междунар. академических чтений, Курск, 18 ноября 2024 года. – Курск : ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 95 – 101.
9. Монастырев, П. В. Технология производства термолита и бетонных изделий / П. В. Монастырев, Т. Ф. Ельчищева, А. Т. Таскалиев // Инженерное дело на Дальнем Востоке России : материалы X Всерос. науч.-практ. конф., Владивосток, 27 января 2025 года. – Владивосток : Дальневосточный федеральный университет, 2025. – С. 108 – 115.
10. Prospects of creating the technology of composite adsorbent for water purification based on the composition of siliceous and clay rocks of Kazakhstan / B.T. Shakeshev, K.A. Narikov, A.T. Taskaliev [et al.] // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. – 2018. – Vol. 9. – No. 1. – Pp. 805 – 813.

УДК 60.001.5
67.25.25: Благоустройство населенных мест. Зеленое строительство

ЗЕЛЕНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Шеина Светлана Георгиевна
«*Донской государственный технический университет*», *доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой* «*Городское строительство и хозяйство*»
e-mail: *rgsu-gsh@mail.ru*

Русина Алина Александровна
«*Донской государственный технический университет*», *студент*
e-mail: *alina.rusina.2002@mail.ru*

В современном мире важно оценивать уровень загрязнения окружающей среды во время строительных работ. Это позволяет разрабатывать меры, которые помогут снизить эксплуатационные расходы зданий, уменьшить негативное воздействие на природу, повысить рыночную стоимость и эффективно использовать природные ресурсы.

Зеленое строительство – это подход к проектированию и эксплуатации зданий, который направлен на минимизацию негативного влияния на окружающую среду за счет рационального использования материалов и ресурсосбережения.

В более широком смысле зеленое строительство – это философия создания комфортной и безопасной городской среды, которая способствует улучшению физического и психологического благополучия людей. Для достижения этой цели необходимо модернизировать инфраструктуру, уделять больше внимания озеленению территорий и зданий, проводить работы по очистке и восстановлению водоемов, а также принимать другие меры по улучшению качества воздуха и окружающей среды [6].



Рис. 1. Примеры «зеленого» строительства

Понятие «зеленые технологии» включает в себя разработку и внедрение инновационных решений, которые направлены на снижение выбросов вредных веществ в атмосферу, уменьшение количества отходов и повышение энергоэффективности.

При строительстве и эксплуатации зданий в различных регионах и странах необходимо учитывать экологические стандарты и требования.

При проектировании и строительстве зданий общественного назначения можно выделить основные тенденции использования зеленых технологий:

1. Использование строительных материалов, которые наносят минимальный вред окружающей среде. К таким материалам относятся переработанные и возобновляемые материалы, такие как древесина, бамбук, переработанный пластик, бетон с добавлением вторичного сырья, газобетонные блоки с безопасными компонентами: цементом, известью, гипсом, песком, водой и алюминиевой пудрой [6] (рис. 2).



а)



б)



в)



г)



д)

Рис. 2. Использование стройматериалов, изготовленных с минимальным вредом для окружающей среды:
а – древесина; *б* – бамбук; *в* – переработанный пластик; *г* – бетон с добавлением вторичного сырья; *д* – газобетонные блоки

Кроме того, можно предусмотреть применение материалов с низким уровнем выбросов летучих органических соединений, которые имеют подтвержденные экологические сертификаты.

2. Энергоэффективность зданий и использование передовых инженерных технологий [6] (рис. 3). В частности, речь идет о геотермальном отоплении, эффективном использовании солнечной энергии с помощью солнечных батарей и ветрогенераторов. Также возможна оптимизация систем кондиционирования, вентиляции и отопления.

Применение окон с двойным остеклением и надежным уплотнением, а также утепление фасада способствуют повышению энергоэффективности зданий.



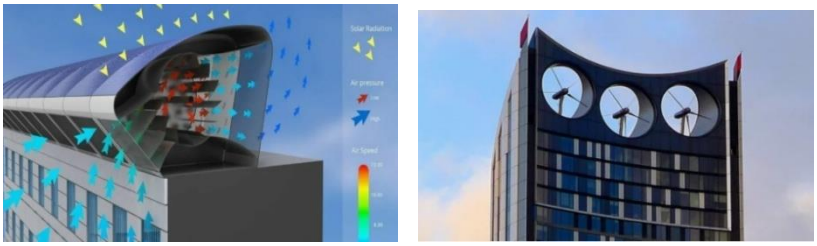
а)



б)



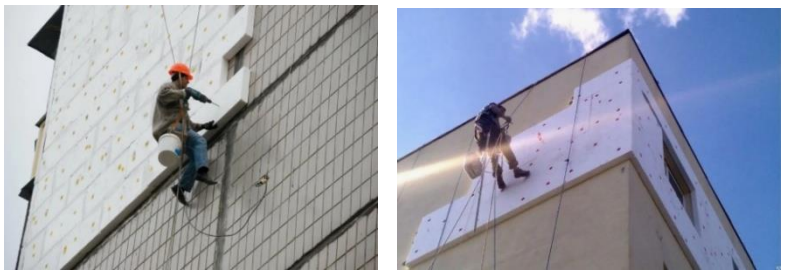
в)



г)



д)



е)

Рис. 3. Энергоэффективность зданий:
а – система геотермального отопления; *б* – солнечные панели; *в* – ветрогенераторы на жилых зданиях; *г* – ветрогенераторы на высотных зданиях; *д* – окна с двойным остеклением; *е* – утепление фасада

В настоящее время можно часто увидеть на фасадах новостроек специальные таблички с латинскими буквами, которые обозначают насколько качественно дом расходует тепло и электричество [6] (табл. 1).

1. Класс энергоэффективности

Уровень расхода тепла и электричества	Величина отклонения значения от базового уровня	Наименование класса энергетической эффективности
A++	-60 включительно и менее	Высочайшая
A+	От -50 включительно до -60	Высочайшая
A	От -40 включительно до -50	Очень высокая
B	От -30 включительно до -40	Высокая
C	От 15 включительно до -30	Повышенная
D	От 0 включительно до -15	Нормальная
E	От +25 включительно до 0	Пониженная
F	От +50 включительно до +25	Низкая
G	+50 и более	Очень низкая

Кроме того, можно улучшить системы водоснабжения и канализации, используя водосберегающие технологии, такие как вентили на радиаторах, которые позволяют регулировать температуру. Сбор и использование дождевой воды для технических целей, таких как полив и смыв в туалетах, а также организация эффективного отвода воды и предотвращение ее утечек.

3. Ответственный подход к выбору земельного участка для строительства, где анализируется плотность застройки, а также доступность общественного транспорта и сервиса электрокаров [6].

Помимо всего прочего широкое распространение обретает устройство «зеленой» кровли (рис. 4) и вертикального озеленения. Такие технологии позволяют улучшить теплоизоляционные свойства зданий, снизить эффект городского теплового острова (рис. 5) и эффективно поглощать вредные вещества из воздуха. И в целом оказывает благотворное влияние на человека путем снижения уровня стресса и улучшения общего внутреннего состояния. (рис. 9). Создание, разработка и внедрение «зеленых фасадов» позволяет накапливать солнечную энергию и уменьшать нагрузку на системы охлаждения. Это может также способствовать созданию более комфортной среды и атмосферы для жильцов.

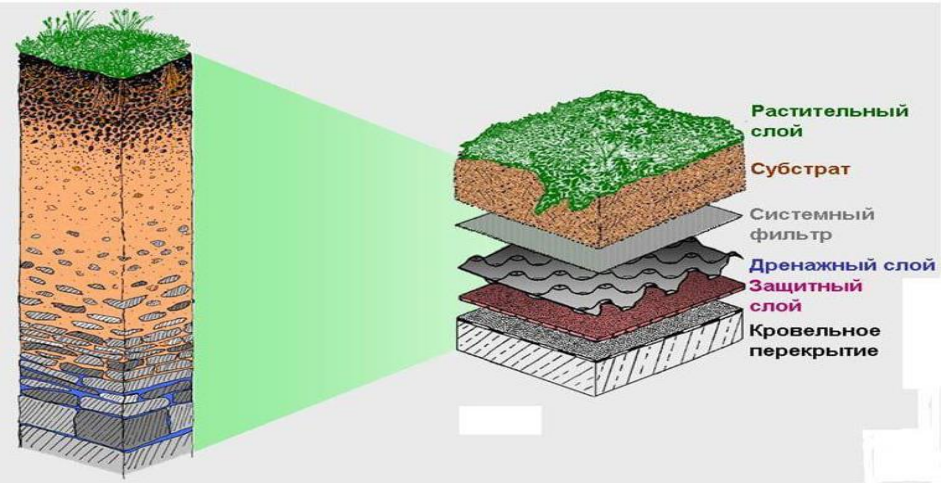


Рис. 4. Пирог кровельного покрытия

Зачастую пирог кровельного «зеленого» покрытия состоит из следующих пунктов (табл. 2).

2. Состав пирога кровельного покрытия

1	Кровельное покрытие (основание)	Несущая конструкция кровли
2	Гидроизоляция	Используется для защиты несущих конструкций
3	Барьер от корней	Защищает кровлю от повреждений, которые могут нанести корни
4	Дренажный слой	Задерживает количество воды необходимое для поддержания жизни растений
5	Фильтрационный слой (системный)	Задерживает избыток осадков
6	Плодородный грунт (субстрат)	Используется на кровле
7	Растительный слой	

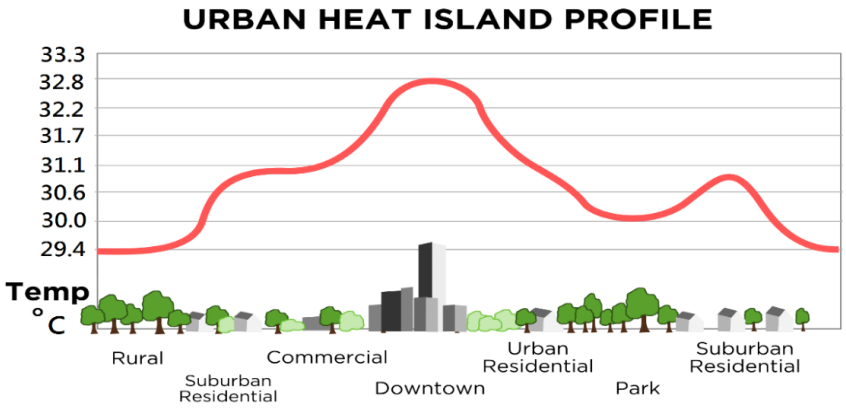


Рис. 5. Городской тепловой остров

Кроме того, озеленение территории способствует созданию комфортной среды для обитания птиц и насекомых, что также способствует сохранению окружающей среды. Важно отметить, что человечеству необходимо научиться эффективно управлять отходами. Это позволит сократить количество отходов на этапе строительства и эксплуатации зданий. Организация раздельного сбора мусора и переработка отходов, а также компостирование органических отходов помогут ускорить процесс переработки различных материалов. Внедрение экологических технологий в строительстве имеет свои преимущества, но также может столкнуться с определенными трудностями. Среди них – более высокая стоимость объектов строительства, необходимость привлечения высококвалифицированных специалистов. Кроме того, внедрение современных экологических технологий может быть сложным, а также существует недостаток информации о преимуществах используемых материалов и ресурсов. Применение экологических технологий в строительстве может обеспечить более благоприятные и защищенные условия для жизни, снизить расходы на содержание зданий и улучшить экологическую обстановку в городах. Преимущества «зеленого» строительства для окружающей среды (табл. 3).

3. Преимущества для окружающей среды

№ п/п	Преимущества	Факторы
1	Повышение уровня экологической обстановки	Благодаря растениям существенно сократится количество парниковых газов и вредных веществ в атмосфере. Все это способствует значительному уменьшению нагрузки на городскую инфраструктуру. Также увеличится количество вырабатываемого кислорода, что также благоприятно скажется на населении.
2	Рациональное использование природных ресурсов	Сократится количество отходов и мусора
3	Увеличение площади и охрана природных территорий, поддержание биологического разнообразия	Благодаря этому перестанут исчезать некоторые виды флоры и фауны
4	Повышение шумоизоляции и теплоизоляции	Создание более комфортных условий, благодаря растениям. Они позволяют регулировать процесс теплообмена и шумоизоляции зданий
5	Повышение срока службы кровельных покрытий, фасадов и сооружений	Благодаря растениям, кровля и фасады в существенной мере защищены от воздействия внешней среды, таких как ветра, дожди, снега, что позволит значительно продлить срок службы строений
6	Эстетический вид	Озеленение в целом выступает как необычное и оригинальное оформление для зданий

Рынок экологичных строительных материалов стремительно растет. Ожидается, что к 2028 году рынок вырастет с темпом годового роста в 9,7% и достигнет 490,8 миллиарда долларов. Это происходит потому, что люди хотят все чаще и больше строить энергоэффективные и экологичные здания, расширяя применение «зеленых» строительных материалов в жилых и коммерческих зданиях. [13, 14]

Современные «зеленые» здания уже сейчас соответствуют будущим строгим экологическим стандартам. Они также способствуют сокращению выбросов углекислого газа и постоянному снижению себестоимости.

Важно отметить, что большинство «зеленых» зданий дороже обычных не более чем на 4%. Однако дополнительная себестоимость может быть уменьшена уже через 3 – 5 лет, и владельцы зданий смогут экономить на эксплуатации, покрывая начальные затраты. Таким образом, в будущем «зеленые» технологии станут наиболее выгодным и востребованным способом строительства.

Многие инвесторы воспринимают неэкологичное строительство как источник увеличения рисков и повышения ответственности.

В заключение можно с уверенностью сказать, что зеленые технологии – это важное направление в развитии строительной отрасли. Они способствуют повышению экономической эффективности, обеспечению экологической устойчивости и укреплению социальной ответственности общества.

Для достижения максимального эффекта необходимо применять комплексный подход, учитывающий все этапы жизненного цикла зданий, от проектирования до утилизации.

Дальнейшее развитие зеленых технологий требует активного поиска и внедрения инновационных решений. Они позволят создавать более экологичные и энергоэффективные здания, которые будут способствовать сохранению окружающей среды и улучшению качества жизни людей.

Список использованных источников

1. Зеленое строительство ждет своего расцвета. – URL : https://www.kommersant.ru/doc/6663338
2. Зеленое строительство: создание комфортной, безопасной и здоровой среды. – URL : https://stroi.mos.ru/articles/zielienoie-stroitiel-stvo-sozdaniie-komfortnoi-biezopasnoi-i-zdorovoi-sriedy
3. Зеленые технологии в жизненном цикле зданий и сооружений : сб. докл. науч.-техн. семинара (г. Москва, 15 марта 2022 г.) – ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022. – С. 141.
4. Актуальные проблемы науки и техники : материалы Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. (Ростов-на-Дону, 16 – 18 марта 2022 г.). – ДГТУ, 2022. – С. 186.
5. Зеленое строительство. – URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Зеленое_строительство
6. «Зеленое» строительство. – URL : https://search.app/wvhLZNWbdt9Q1RkEA
7. URL : https://stroi.mos.ru
8. В Минстрое рассказали, зачем на домах размещают таблички об их энергоэффективности. – URL : https://rg.ru/2023/11/11/v-minstroe-rasskazali-zachem-na-domah-razmeshchaiut-tablichki-ob-ih-energoeffektivnosti.html
9. Применение зеленых стандартов в России: проблемы и перспективы. – URL : https://esj.today/PDF/37SAVN219.pdf
10. . – URL : https://trends.rbc.ru/trends/green/6673dcfd9a79473437d3841b
11. Green Zoom. – URL : https://greenzoom.ru/
12. Использование «зеленых» стандартов в реализации инвестиционно-строительных проектов. – URL : https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/116690/1/978-5-91256-557-1_2022_165.pdf
13. Размер рынка «зеленых» строительных материалов с 2024 по 2032. – URL : https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/green-building-materials-market
14. Отчет о рынке зеленых строительных материалов. – URL : https://insights.made-in-china.com/ru/Basic-Report-on-Green-Building-Materials-Market_UaTtpIkYTnlO.html

СЕКЦИЯ 4

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ, АВТОМОБИЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО, БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

УДК 69.002.5
73.41.41: Техническая эксплуатация и ремонт средств промышленного транспорта

МЕТОД РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ МОЩНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЫСТРОВОЗВОДИМОГО РЕМОНТНОГО ЦЕХА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПАРКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН НА ОБЪЕКТЕ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Алексеенко Евгений Владимирович
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский Государственный архитектурно-строительный университет», аспирант
e-mail: kremedi12.22@mail.ru

Аннотация. Приведен метод расчета оптимальных мощностных характеристик быстровозводимых ремонтных цехов на линейных объектах строительства Крайнего Севера для повышения эффективности эксплуатации транспортно-технологических машин за счет сокращения времени транспортировки машин к местам проведения непланового ремонта. Критерии эффективности обоснованы на основании математического и компьютерного моделирования.

Ключевые слова: быстровозводимый ремонтный цех, внезапный отказ, эксплуатация, надежность, неплановый ремонт, Крайний Север, ущерб, транспортно-технологических машины.

Анализ системы обеспечения работоспособности строительной техники на Крайнем Севере показывает, что сезонный вид ремонта ПСДМ снижает количество внезапных отказов, так как в межсезонье обслуживание техники проводится в стационарных ремонтных базах. Однако удаленность на сотни километров строительной техники во время активной эксплуатации от основных ремонтных баз требует проведение неплановых ремонтов в близи мест производства работ, так как интенсивная эксплуатация техники в 2–3 смены существенно снижает ресурс машин, в следствии чего каждая 3–4 машина из парка за сезон подвергается внезапному отказу, когда известно, что ПСДМ может состоять до 120 машин.

В решении указанной проблемы предлагается использование быстровозводимых ремонтных цехов, каждый из которых способный обслужить до двух строящихся близко находящихся участков, где поток внезапных отказов, приходящий от двух участков, кратно увеличивается. Цехи, базирующиеся в близи участка работ удаленной техники или на ключевых точках между участками также способны перемещаться вместе с движением строительства объекта, что позволяют существенно сократить время доставки техники на неплановый ремонт.

В статье использованы сведения, полученные от одной из крупнейших строительных организаций Северо-Запада РФ – АО «Ленгазспецстрой» (ЛГСС), имеющей более чем пятидесятилетний опыт возведения объектов транспортной инфраструктуры и протяженных линейных объектов, таких как трубопроводные магистрали.

Структура системы обеспечения работоспособности техники ЛГСС

Структура системы обслуживания и ремонта машин содержит все мероприятия, предусмотренные МДС 12-8.2007 [4] для отечественной строительной техники, а также инструкциями по эксплуатации поставщиков импортных машин, однако имеет некоторые особенности, обусловленные спецификой использования в северных условиях и на протяженных линейных объектах (рис. 1).

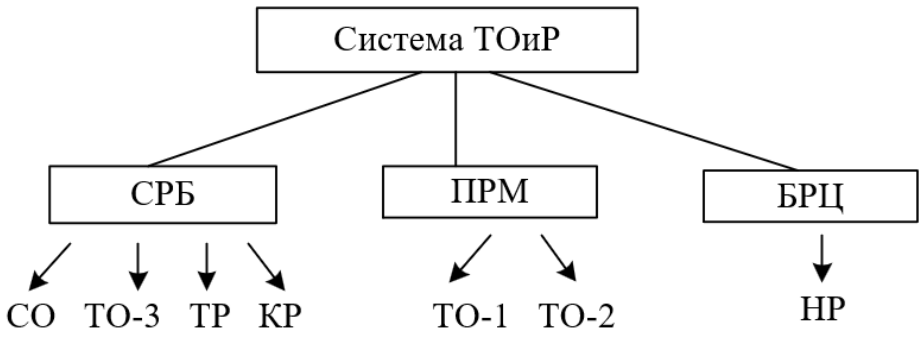


Рис. 1. Типовая структура системы обеспечения работоспособности техники ЛГСС:
СБР – стационарная ремонтная база; ПРМ – передвижная ремонтная мастерская; БРЦ – быстровозводимый ремонтный цех; СО – сезонное обслуживание; ТО-1 – ТО-3 – номерные технические обслуживания; ТР, КР, НР – текущий, капитальный и неплановый ремонты

К основным особенностям эксплуатации машин относится сезонность выполнения работ, только в зимнее время – с октября по апрель, когда зона строительства, представленная, главным образом тундрой, находится в замерзшем состоянии. Только в это время разрешена работа по экологическим условиям, поэтому техника интенсивно используется и работает, как правило, в две смены. Основные мероприятия по восстановлению работоспособности техники производятся в межсезонье на СРБ. Именно в летние месяцы, когда машины не работают, они доставляются специальным транспортом на стационарные ремонтные базы, где производятся все плановые мероприятия ТОиР, максимально возможная разборка машин и ремонт, приближенный по составу работ к капитальному [2, 5]. Следует отметить, что подобный метод ремонта является типичным для сезонно используемых машин.

Такой метод ремонта позволяет максимально восстановить работоспособность техники, минимизировать количество серьезных внезапных отказов в период сезонных работ.

Устранение мелких неисправностей, ТО-1 и ТО-2 на объектах работы машин производят ремонтные бригады ПРМ с участием машиниста.

Основную сложность в обеспечении работоспособности машин представляют серьезные внезапные отказы, устранение последствий которых не решается средствами ПРМ, а требуется доставка в БРЦ с помощью специальных транспортных средств (рис. 2).



а)



б)

Рис. 2. Средства организации проведения непланового ремонта:
а – БРЦ; *б* – специальное транспортное средство

По сведениям ЛГСС, чтобы не доставлять технику на большие расстояния, используются БРЦ, расположенные примерно посередине между соседними строительными объектами протяженного магистрального трубопровода на расстоянии около ста километров. На каждом объекте работает до 120 единиц строительной и транспортной техники.

За сезон работ происходит серьезный внезапный отказ каждой третьей-четвертой машины. Несмотря на проведения НР в БРЦ к концу рабочего сезона оказывается неработоспособной примерно треть парка техники.

Метод расчета оптимальной мощности БРЦ

Задача БРЦ – сократить время пребывания машин в неработоспособном $T_{нр}$ состоянии за счет сокращения времени $T_{пер}$ перемещения машин к месту ремонта и обратно:

$$T_{нр} = T_{рем} + 2T_{пер}. \quad (1)$$

Допущения:

– Время ремонта $T_{рем}$ одинаково на СРБ и БРЦ;

– В работоспособном состоянии машина постоянно работает в течение рабочего времени и приносит часовую прибыль $П_1$, равную выручке $В_1$ за минусом себестоимости машино-часа $С_{мч}$ работы машины;

– В приводимом ниже примере $П_1$, $В_1$ и $С_{мч}$ рассчитываются как средние по парку машин;

– Годовые затраты на БРЦ окупятся, если их превысит прибыль от работы машин, полученная за счет сокращения времени простоев на величину $2T_{пер}$.

Наработка на отказ по парку машин и время ремонта являются случайными величинами, поэтому для математического описания процессов отказов и восстановлений используется теория случайных процессов, а конкретно, одно из ее приложений – теория массового обслуживания (ТМО). Случайный характер указанных процессов приводит к снижению пропускной способности ремонтных постов из-за сгущений и разрежений в потоках отказов и восстановлений, которые нельзя предвидеть заранее.

Все входящие потоки требований в системах массового обслуживания (СМО) образуют случайный процесс, который представляет собой последовательность однородных событий, происходящих одно за другим в случайные моменты времени. Продолжительность нахождения (обслуживания $T_{обс}$) машины в СМО складывается из времени ожидания в очереди $T_{оч}$ и времени восстановления $T_{в}$ (ремонта). Общее число требований в системе равняется числу требований, ожидающих начала обслуживания и находящихся на обслуживании [3].

Потребное число ремонтных постов (РП) зависит от количества m машин, обслуживаемых одним постом. Интенсивность поступления требований на обслуживание определяется как величина, обратная среднему времени наработки машины на отказ $T_{от}$:

$$\lambda(t) = \frac{1}{T_{от}(t)}. \quad (2)$$

Интенсивность обслуживания требований определяется как величина, обратная среднему времени обслуживания одного требования:

$$\mu = \frac{1}{T_{обс}}. \quad (3)$$

Состояние системы массового обслуживания связано с числом требований, находящихся в системе:

– в системе нет ни одного требования – вероятность состояния P_0;

– в системе находится одно требование – вероятность состояния P_1

– в системе находится n требований – вероятность состояния P_n.

Возможные состояния одноканальной СМО удобно представить в виде последовательного графа элементов с вероятностью состояний P_n (рис. 3). Стрелками обозначены переходы между состояниями с интенсивностями λ и μ.

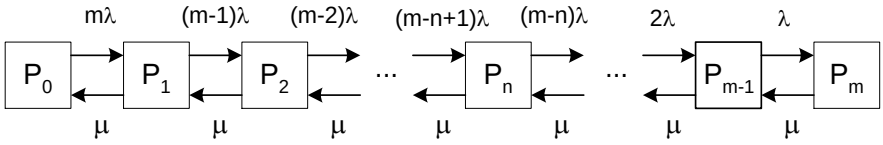


Рис. 3. Граф состояний системы массового обслуживания

На основании составления и решения системы уравнений А. Н. Колмогорова для рассматриваемого варианта СМО в установившемся режиме работы получается значение P_0 [1]:

$$P_0(T_{от}, T_в, m) = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^{m} \frac{m!}{(m-n)!} \psi(T_{от}, T_в)^n}, \quad (4)$$

где $\psi(T_{от}, T_в)$ – коэффициент загрузки канала обслуживания.

Полученная формула (4) позволяет найти:

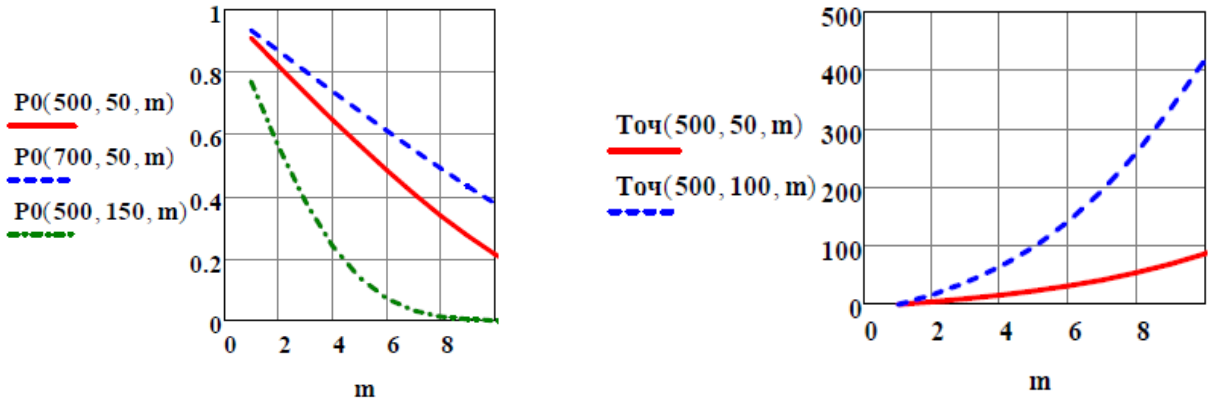
– время ожидания обслуживания в функции количества постов (каналов обслуживания $N_к$) и количества m машин в СМО;

– оптимальное количество постов в СМО с точки зрения минимизации суммы затрат предприятия на содержание БРЦ и ущерба от простоя машин в НР;

– оценить, на каком удалении объекта работы машин от СБР экономически целесообразно использование БРЦ.

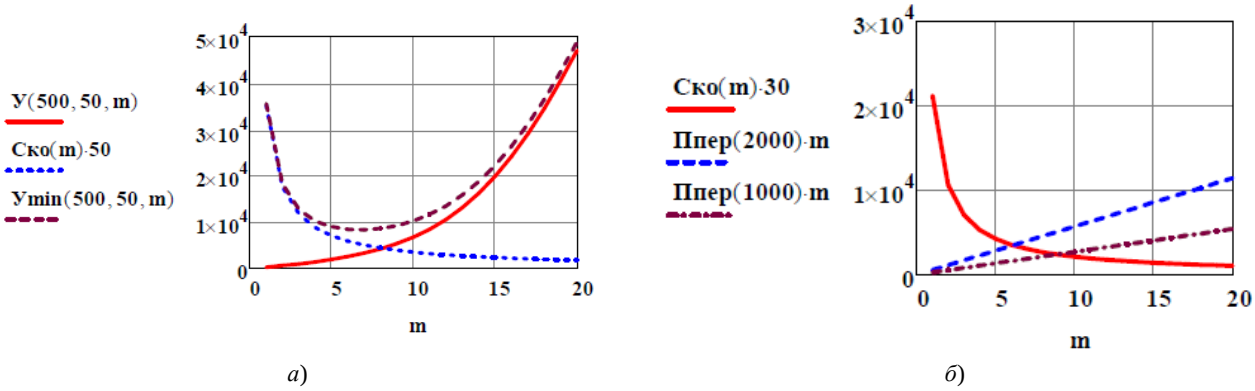
Математическое описание и численное решение указанных задач выполнено на ЭВМ (рис. 4, 5).

Приведенный на рис. 4 расчет выполнен при значениях (первая строка значений P_0) $T_{от}$ = 500 час, $T_в$ = 50 час.



а) *б*)

Рис. 4. Вероятность P_0 отсутствия требований на обслуживание в СМО (*а*) и время ожидания (*б*) в очереди на обслуживание $T_{оч}$ ($T_{от}$, $T_в$, m) в зависимости от количества обслуживаемых машин m



а) *б*)

Рис. 5. Расчет оптимального количества *m* машин в СМО (*а*) и расчет влияния расстояния удаления объекта работы машин от СБР для оценки экономически целесообразного использования БРЦ (*б*) в зависимости от количества обслуживаемых машин *m*:

У($T_{от}$, $T_в$, m) – ущерб от простоя машин в НР за время пребывания в СМО, тыс. р.;

$С_{ко}(m)\cdot T_в$ – затраты на канал обслуживания за время восстановления машины $T_в$ = 50 ч, тыс. р.;

У($T_{от}$, $T_в$, m) – минимальное значение ущерба (сумма У($T_{от}$,$T_в$, m) и $С_{ко}(m)\cdot T_в$), тыс. р.;

$П_{пер}(L_{пер})$ – прибыль предприятия за счет сокращения расстояния перемещения $L_{пер}$ машины при использовании БРЦ

Ущерб от простоя машин в НР за время пребывания в СМО определяется произведением времени простоя на часовую прибыль от выработки машин плюс затраты на канал обслуживания. Оптимальное количество обслуживаемых машин одним каналом определяется минимумом данной суммы. График на рис. 5, *б* показывает, что в зависимости от удаленности от СРБ целесообразно использование БРЦ при количестве машин, обслуживаемых одним каналом, более пяти при $L_{пер}$ = 2000 км и более десяти при $L_{пер}$ = 1000 км.

Список использованных источников

1. Кудрявцев, Е. М. Комплексная механизация строительства / Е. М. Кудрявцев. – М. : АСВ. – 2013. – 464 с.
2. Метод планирования ремонта транспортно-технологических машин / С. В. Репин, А. В. Зазыкин, Н. Н. Кротова, А. В. Савельев // Строительные дорожные машины. – 2017. – № 3. – С. 53 – 57.
3. Надежность и эффективность эксплуатации транспортно-технологических машин / С. В. Репин, С. А. Евтюков, А. В. Зазыкин, К. В. Рулис. – СПб. : Издательский дом «Петрополис», 2017. – 404 с.
4. Рекомендации по организации технического обслуживания и ремонта строительных машин. МДС 12-8.2007 // Госстрой России, ЦНИИОМТП. – М. : ГУП ЦПП. – 2007. – 76 с.
5. Справочник специалиста по ремонту машин / под ред. В. А. Зорина. – М. : Академкнига. – 2007. – 380 с.

УДК 625.712.5
75.31.37: Городские дороги

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ВЕЛОИНФРАСТРУКТУРЫ

Бармина Ольга Владимировна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант,
кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги»
e-mail: olya.barmina.1999@mail.ru

Матвеева Ирина Владимировна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
доцент кафедры «Городское строительство и автомобильные дороги»
e-mail: times02@yandex.ru

Чекалов Руслан Александрович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант,
кафедра «Городское строительство и автомобильные дороги»
e-mail: russlan82-68@mail.ru

Стремительный рост городов приводит к созданию новой окружающей среды. Современные городские улицы должны предусматривать все условия для обеспечения любых видов передвижения [2].

Городские достопримечательности, городской пейзаж при движении на автомобиле воспринимается очень ограниченно в связи с тем, что улицы перегружены автотранспортом. Путь автомобилизации ставит человека в зависимость от нефтеперерабатывающей отрасли, от качества автодорог, от автомобильного производства и

сервиса [1]. К основным проблемам современных городов, связанным с ежегодно возрастающим уровнем автомобилизации, относятся формирование транспортных заторов, ухудшение экологической обстановки, дефицит парковочных мест, а также постоянный ремонт дорог.

В связи с вышеперечисленными проблемами развитие велодвижения в настоящее время актуально для многих городов. Для того, чтобы велосипед стал одним из видов городского транспорта, альтернативой индивидуальному и общественному транспорту, необходимо раскрыть весь потенциал велодвижения, его безопасность и привлекательность. Построение удобной велоинфраструктуры будет способствовать использованию для передвижения по городу средств индивидуальной мобильности, таких как велосипеды, электросамокаты, гироскутеры и т.п.

Адаптация улично-дорожной сети (УДС) с учетом использования различных средств передвижения по городу при внедрении велотранспорта в городскую инфраструктуру может проводиться несколькими территориально-планировочными, функциональными и технологическими методами [2] (см. табл. 1).

6. Методы проектирования велотранспортной инфраструктуры

Методы	Способы реализации
Территориально-планировочный	Поиск возможностей использования территории города для обеспечения мобильности: – реконструкция существующей УДС с целью увеличения пропускной возможности; – перераспределение пассажирских потоков с использованием внеуличных территорий
Функциональный	Повышение эффективности поездок за счет: – дифференцирования потоков по типу транспорта, скорости движения, времени, расстоянию; – разделения или совмещения потоков; – реорганизации дорожного движения; – развития интермодальности
Технологический	Внедрение новых видов транспорта и транспортных решений

Анализ зарубежной практики планирования велоинфраструктуры выявил следующие принципы ее функционирования: принцип непрерывности; принцип безопасности; принцип экологичности; принцип мобильности; принцип доступности [3]. Далее подробно рассмотрим практическую реализацию этих принципов при создании городской велоинфраструктуры.

Принцип непрерывности обуславливается безбарьерным передвижением пользователей. Данный принцип учитывает непрерывное преодоление ландшафтных препятствий, транспортных пересечений, минимальные продольные уклоны трассы. При этом приветствуется проектирование велопутей в разных уровнях с автомобильным транспортом. Примером может служить веломост Dafne Schippers Bicycle Bridge в Утрехте (Нидерланды), проходящий по крыше университета, обеспечивая непрерывное движение через Рейн-канал, что позволило избежать транспортные развязки и проблемные зоны в оживленном городе [6] (рис. 1).



Рис. 1. Веломост через Рейн-канал в Утрехте (Нидерланды)

В Китае построена самая длинный веломост в мире протяженностью 8 км. Его ширина составляет 5 м, пропускная способность 2023 чел./час. По ходу маршрута расположены станции проката и велопарковки. Автомобильные, велосипедные и пешеходные потоки не пересекаются за счет разделения на разные уровни (см. рис. 2). Веломагистраль связывает пять спальных районов и три бизнес – центра г. Сямынь. На ней расположены 11 спусков с лифтами, ведущими к станциям метро и автобусным остановкам.



Рис. 2. Веломагистраль в г. Сямынь (Китай)

Принцип безопасности обеспечивает защищенность велосипедистов во время движения, заранее предупреждая их о препятствиях на пути следования. При проектировании велоинфраструктуры предполагается, что она способна обеспечить удобное и безопасное передвижение всех участников дорожного движения. Основу безопасности при этом составляет визуальное или физическое разделение потоков (рис. 3).

Безопасность пользования велоинфраструктурой может быть достигнута следующими способами (см. рис. 3):

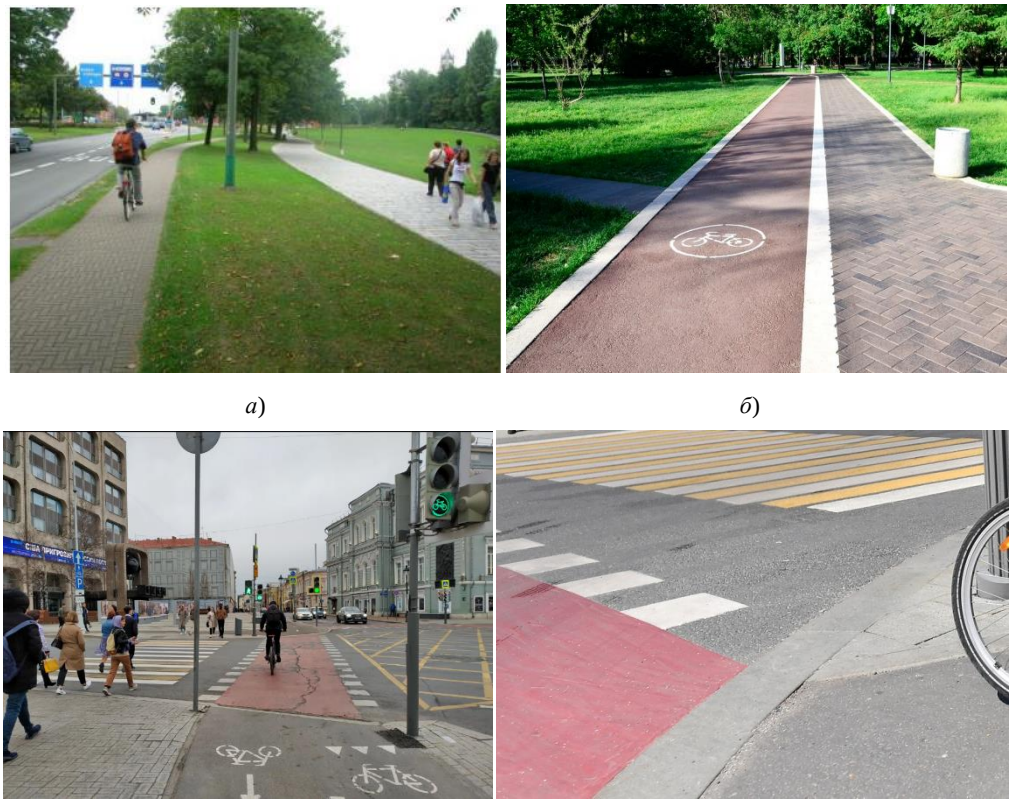
– устройством обособленных велодорожек;

– использованием технических средств организации движения на велополосах, велодорожках и велопешеходных дорожках (дорожной разметки и дорожных знаков);

– использование различных типов дорожного покрытия на разных элементах велоинфраструктуры;

– организация велопереездов и велосветофоров;

– занижение поверхности бортового камня при пересечении велодорожек с проезжей частью улиц.



а) *б*) *в*) *г*)

Рис. 3. Обеспечение безопасности велосипедистов при передвижении:
а – обособленная велодорожка; *б* – различные типы покрытия для велопутей и пешеходных дорожек; *в* – устройство велопереездов; *г* – занижение бортового камня на велопереезде

При пересечении автомобильного и велосипедного потоков, по возможности, необходимо увести велопоток на другой уровень, используя тоннели или мосты. При невозможности рассвести потоки на разные уровни, для велосипедов предусматриваются отдельные фазы светофора.

Принцип экологичности учитывает природные особенности местности, подбор материалов для строительства, улучшение экологической обстановки городского пространства.

Улучшение экологической обстановки в городе может произойти за счет сокращения использования личных автомобилей, что приведет к радикальному снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и, как следствие, к снижению заболеваемости населения городов. Использование велотранспорта сокращает объемы вредных углеродных выбросов на 10 000 тонн в сутки.

Во многих странах велосипед стал основным видом передвижения. Городская инфраструктура перестраивается с учетом велоинфраструктуры. Оборудуются специальные велостоянки и велодорожки. Во многих странах велосипед для передвижения используют дети и пенсионеры. Россия так же улучшает городскую инфраструктуру, чтобы пользователи экологичного транспорта могли безопасно и удобно передвигаться в городской среде.

Велосипед можно считать самым экологичным и полезным для здоровья видом транспорта по нескольким причинам:

1. Велотранспорт не производит в окружающую среду вредных выбросов
2. Благодаря постоянной умеренной физической нагрузке велосипед укрепляет организм.
3. Учитывая утренние и вечерние заторы на дорогах, позволяет в меру безопасно и достаточно быстро добраться до точки назначения, сокращая время в пути по сравнению с автотранспортом и городским общественным транспортом.
4. За счет выработки адреналина и эндорфинов улучшает настроение.
5. На производство одного велосипеда расходуется значительно меньше человеческих и природных ресурсов в отличие от автомобиля.

Известный российский урбанист и блогер Аркадий Гершман отмечает, что «в гонке за городскую мобильность побеждает велотранспорт. Необходимо вернуть общественные пространства и создать город для людей, будет меньше загрязнения, шума, стресса, город станет более пригоден для пеших прогулок».

Принцип мобильности обусловлен экономией времени, которое является для человека одной из главных единиц измерения. Потеря времени в пробках приводит к ухудшению психики человека, к разрушению выстроенных им на день планов. Целостность веломаршрутов предполагает возможность перемещения велосипедистов от начальной точки маршрута до точки назначения без пересадки на общественный транспорт. При этом она велосеть должна быть интегрирована в общую инфраструктуру города, обеспечивая подъезд к основным точкам притяжения (объектам культуры, спорта, учебным заведениям, торгово-развлекательным комплексам и т.п.).

Велосипедные маршруты необходимо выстраивать самым оптимальным путем, сокращая время на его прохождение, и они не обязательно должны повторять полностью конфигурацию улично-дорожной сети.

Принцип доступности позволяет преодолевать горизонтально и вертикально городские и ландшафтные препятствия, используя кратчайшее расстояние от начальной до конечной точки, поэтому велотранспорт в городской среде более комфортный, удобный и мобильный. Комфортность и удобство предполагает возможность перемещения участников движения по маршрутам без значительных физических или эмоциональных затрат (отсутствие препятствий, большого количества пересечений на пути следования, качественное покрытие велодорожек, минимальное количество подъемов и спусков, достаточный уровень освещенности в темное время суток и т.д.) [7].

Вертикальную доступность обеспечивают лифты и подъемники. В столице Сербии Белграде существует специальный лифт для спуска велосипедистов с Бранкова моста (см. рис. 4).



Рис. 4. Лифт, соединяющий веломаршрут с мостом (Сербия, Белград)

Уникальный велоподъемник в Тронхейме (Норвегия) имеет длину 130 метров и используется для подъема на холм велосипедистами, молодыми мамами с детскими колясками и местной детворой (рис. 5). Подъемник представляет собой дорожку с тросом с прикрепленной на нем педалью-ступенькой.



Рис. 5. Велоподъемник (Норвегия, Тронхейм)

Горизонтальную доступность велоинфраструктуры призван обеспечить принцип «человек на уровне земли», то есть наземные переходы для маломобильных групп населения, пешеходов и велосипедистов – это наиболее простое решение доступной городской среды (см. рис. 3).

Поэтапное внедрение велоинфраструктуры, влечет за собой реорганизацию улично-дорожной сети и создание доступной среды для пешеходов, велосипедистов и маломобильных групп населения. Создание велосипедной инфраструктуры является элементом устойчивого развития городов.

На первоначальном этапе при условии небольшой интенсивности велодвижения возможна реализация концепции быстровозводимой инфраструктуры. При этом устраивают *велосипедные полосы* в пределах существующих проезжих частей за счет корректировки разметки полос движения, установки делиниаторов, организации парковочных зон между велополосой и основной проезжей частью улицы. Возможно также устройство *велопешеходных дорожек* в пределах существующих тротуаров с разделением велосипедного и пешеходного потока разметкой. При наличии дублирующих пешеходных путей возможно устройство *велосипедных дорожек,* устраиваемых взамен существующих тротуаров или пешеходных дорожек. В этом случае наносится соответствующая разметка и устанавливаются знаки «велосипедная дорожка».

На следующих этапах развития велотранспорта в рамках капитального ремонта или реконструкции элементов улично-дорожной сети предлагается создание капитальной велосипедной инфраструктуры в виде конструктивно отделенных от пешеходных и транспортных потоков путей для движения велотранспорта взамен быстровозводимых элементов [7].

Список использованных источников

1. Андрианов, К. А. Изменения транспортных ситуаций в средних по численности городах России и оценка их воздействий на окружающую среду (на примере г. Тамбова) / К. А. Андрианов, И. В. Матвеева, В. И. Леденев // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений, Белгород, 08 – 10 октября 2013 года. – Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2013. – Т. 2. – С. 7 – 11.

2. Евгеньев, Г. И. Отчет о научно-исследовательской работе. Разработка методик и стандартов для объектов транспортной инфраструктуры: пешеходного и велосипедного движения / Г. И. Евгеньев. – М. : Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, 2016. – 223 с.

3. Джанет, С. Битва за города. Как изменить наши улицы. Революционные идеи в градостроении / С. Джанет. – М. : Олимп-Бизнес, 2017. – 416 с.

4. Дирк, Д. Велотранспортная инфраструктура. Принципы и практика проектирования / Д. Дирк. – М. : ИНФРА-М. 2016. – 272 с.

5. 10 самых впечатляющих инфраструктурных объектов для велосипедистов // NOVATE.RU : ежедн. интернет-изд. – URL :http://www.novate.ru/blogs/060414 /25954/ (дата обращения: 03.05.2025).

6. This bridge in Utrecht allows cyclists to ride bicycles on the roof of the school. https://www.designboom.com/architecture/next-architects-rudy-uytenhaak-architectenbureau-dafne-schippers-bridge-utrecht-03-31-2017/ (дата обращения: 05.05.2025).

7. Крюкова, А. А. Велоинфраструктура Тамбова: перспективы развития / А. А. Крюкова, И. В. Матвеева // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы X Междунар. науч.-практ. конференции, посвященной 45-летию Института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – С. 70 – 75.

УДК 625.87: Прочие виды покрытий
67.21.17: Инженерно-геологические изыскания в строительстве

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ГРУНТОВ: АНАЛИЗ ПЕРВОНАЧАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭТИХ МАТЕРИАЛОВ

Бондарев Борис Александрович
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», доктор технических наук, профессор, действительный член академии транспорта РФ, почетный дорожник РФ, советник РААСН, профессор кафедры строительного материаловедения и дорожных технологий
e-mail: *gidkov_vova_1999@mail.ru*

Канищев Александр Николаевич
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительства и эксплуатации автомобильных дорог
e-mail: *22ank@mail.ru*

Борисов Артем Евгеньевич
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры строительства и эксплуатации автомобильных дорог
e-mail: *a.borisov1990@yandex.ru*

Введение. В строительстве дорог важно глубоко анализировать характеристики используемых материалов, особенно если это органоминеральные грунты с содержанием гумуса. Эти естественные элементы оказывают значительное воздействие на качество и продолжительность службы дорожного покрытия.

Для точного понимания свойств таких грунтов проводится обширное лабораторное исследование. В процессе анализа устанавливаются основные параметры, такие как содержание гумуса, размеры частиц, а также показатели пластичности, влажности и плотности. Эти данные являются ключевыми для последующих исследований и разработки моделей.

В процессе улучшения свойств грунтов следует начать с отбора подходящих вяжущих средств и добавок после того, как первоначальные данные уже собраны. Особое внимание нужно уделить воздействию гумусов, которое может серьезно усложнить стабилизацию грунта. В частности, сложности возникают при взаимодействии органических материалов с цементом из-за химических реакций между гуминовыми кислотами и кальцием, что приводит к замедлению гидратационных процессов. Это заставляет искать специализированные стабилизирующие добавки, чтобы преодолеть эти препятствия [1 – 4].

Внедрение математического моделирования является ключевым шагом в исследовании. С помощью новейших программных решений становится возможным анализировать как грунт будет вести себя под воздействием разнообразных нагрузок и эксплуатационных условий. Этот процесс значительно ускоряет оценку различных составов грунта, определяя те, которые стоит испытать в лаборатории для получения наиболее обнадеживающих результатов [5, 6].

Экспериментальная верификация теоретических моделей включает испытания на прочность, морозостойкость, водостойкость. Только комбинация теоретических расчетов и практических испытаний обеспечивает достоверный прогноз поведения материала.

Завершающим этапом аналитического цикла является статистическая обработка полученных результатов и проверка моделей на их достоверность. На этом этапе выявляются взаимосвязи между составом грунта, воздействующими факторами и эксплуатационными характеристиками. Важно выделить ключевые параметры, оказывающие наибольшее влияние на долговечность и надежность дорожного покрытия [7 – 10].

В рамках данного исследования рассмотрим методологию изучения грунтов. После отбора материала разрабатывается пошаговый план исследований, включающий предварительную подготовку и последующие лабораторные испытания.

Проведение комплекса испытаний.

1. Первым делом необходимо подготовить образец грунта. Для этого выполняют следующие операции:

– сушка: удаление естественной влаги путем высушивания грунта при температуре 105 °С до постоянной массы. Крайне важно контролировать температуру сушки, чтобы избежать разрушения органических компонентов, что имеет ключевое значение для анализа содержания гумуса;

– измельчение: процесс включает просеивание через сито с отверстиями диаметром 5 мм для удаления камней, корней и других примесей. Для достижения необходимой текстуры грунта обычно используют шаровую мельницу или ступу;

После этого грунт приводится к стандартному уровню влажности путем его увлажнения или подсушивания.

2. Далее следует проведение основных предварительных испытаний, включающих анализ:

– физических свойств грунта. Важно определить гранулометрический состав для оценки распределения частиц по размерам. Также изучаются такие параметры, как влажность, гигроскопичность, пределы пластичности и максимальная плотность грунта.

Для начала проводится оценка **гранулометрического состава** по стандарту ГОСТ 12536–2014, что включает измерение процентного соотношения частиц разной крупности в грунте, а именно:

– частицы глины меньше 0,002 мм;
– частицы ила от 0,002 до 0,05 мм;
– частицы песка от 0,05 до 2 мм;
– частицы гравия более 2 мм.

Анализ таких данных критичен для выбора стратегии укрепления грунта. Например, при высоком содержании глины может потребоваться добавление извести или цемента для улучшения свойств грунта. В случае преобладания песка рекомендуется применение связующих материалов, таких как полимеры или битумы, чтобы обеспечить необходимую устойчивость и долговечность дорожной конструкции. Параллельно с этим анализом, также важно оценить содержание органических веществ, в том числе гумуса, что помогает предсказать поведение грунта в будущем [10 – 12].

Изучение **естественной влажности и гигроскопичности**. В случае высокой гигроскопичности, важно использовать гидрофобизирующие добавки, например, битум или акриловые эмульсии, чтобы уменьшить водопоглощение.

Важно также определить **пределы пластичности** материалов по ГОСТ 5180–2015, такие как граница текучести и граница раскатывания, а также вычислить число пластичности. Это число пластичности, особенно если оно превышает 15, указывает на высокую пластичность грунта, что требует введения таких материалов, как известь, для ее снижения. Эти измерения необходимы для определения подходящих методов обработки и улучшения свойств материалов.

Если показатель пластичности грунта составляет менее 7, такой грунт считается малопластичным и допускает применение цемента без дополнительной подготовки.

– химических свойств грунта. Важно учитывать **содержание гумуса**, проверяемое по ГОСТ 26213–2021 с использованием метода Тюрина, который включает окисление органических соединений бихроматом калия. Результаты следует толковать так: если уровень гумуса превышает 6%, необходима обработка известью в количестве 3-5% для нейтрализации органических кислот. Когда содержание гумуса меньше 3%, достаточно использовать только цемент для укрепления грунта. Также проводится анализ на количественное содержание гумусовых веществ, что важно для понимания будущего поведения грунта в составе дорожных конструкций.

Анализ **кислотно-щелочного индекса грунта (pH)**, измеряемого по ГОСТ 26423–85, играет важную роль, так как он важен для взаимодействия грунта с вяжущими веществами. Результаты анализа показывают, что при pH меньше 6 грунт обладает кислотными свойствами и требует добавления извести для повышения уровня pH, что способствует активации цемента. В то время как при значении pH выше 9 создается щелочная среда, которая может оказывать замедляющее влияние на гидратацию битумных эмульсий.

Особое внимание уделяется **уровню солей**, включая сульфаты и хлориды. При концентрации сульфатов более 0,5%, возникает риск коррозии цемента, что требует введения микрокремнезема для защиты. Кроме того, содержание хлоридов выше 0,1% может ухудшать адгезию полимеров.

– механических свойствах грунта. **Определение максимальной плотности** материала необходимо для правильного расчета уплотнения после добавления добавок. Это включает в себя нахождение оптимальной влажности и плотности, что позволяет точно рассчитать необходимое количество воды и уровень уплотнения.

Важными параметрами являются оценка прочности на сдвиг являются угол внутреннего трения и сцепление. При обнаружении низкого сцепления рекомендуется использование связующих материалов, например, цемента или полимеров. Если же угол внутреннего трения оказывается недостаточным, то целесообразно применение крупнозернистых наполнителей, таких как песок или щебень.

– Возможные дополнительные испытания. **Определение пуццолановой активности** позволяет установить способность грунта вступать в химическое взаимодействие с цементом или известью. Понимание этого параметра важно, поскольку высокоактивные грунты дают возможность уменьшить количество используемого цемента в смеси.

Также может проводиться оценка **эффективности нейтрализации гумуса** через измерение реакционной способности с известью. Методика включает смешивание грунта с известью (в пропорции 2…5%) и последующее измерение изменений пластичности образца через 48 часов после приготовления.

Интерпретация полученных результатов. Возможный выбор вяжущих материалов на основе испытаний (табл. 1) [4 – 12].

Вывод. Для достижения надежных результатов необходимо сочетание лабораторных испытаний, математического моделирования и статистического анализа. Подготовительные испытания грунта являются важным этапом для формирования технически обоснованных и экономически выгодных технологий укрепления грунта. Эти испытания не только помогают в выборе подходящих вяжущих материалов и гидрофобизаторов, но и предотвращают использование несовместимых компонентов, избыточное использование ресурсов и связанные с этим ошибки.

Применение комплексного подхода в разработке составов необходимо для достижения высоких стандартов и экономической целесообразности в процессе строительства и последующей эксплуатации дорожных покрытий, адаптированных к специфическим условиям.

1. Возможный выбор вяжущих материалов на основе испытаний

Параметр грунта	Рекомендуемые вяжущие/добавки
Гумус > 6%	Известь (3…5%) + Цемент (5…8%)
Глина >30%	Известь (4%) + Песок (15%)
Песок >60 %	Цемент 6% + Полимерные волокна 0,3%
pH < 6	Известь (3…4%)
Высокое водопоглощение	Битумная эмульсия 4…5%
Низкая прочнеть на сдвиг	Цемент 7% + щебень 10%

Список использованных источников

1. Безрук, В. М. Основы стабилизации грунтов в дорожном строительстве / В. М. Безрук, А. И. Лысихина. – М. : Дориздат, 1944. – 88 с.

2. Безрук, В. М. Укрепленные грунты (свойства и применение в дорожном и аэродромном строительстве) / В. М. Безрук, И. Л. Гурячков, Т. М. Луканина. – М. : Транспорт, 1982. – 231 с.

3. Бондарев, Б. А. Оценка характеристик подтипов органоминеральных грунтов / Б.А. Бондарев, А.Н. Канищев, А.Е. Борисов // Современные проблемы материаловедения : сб. науч. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф. Липецк, 2025. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, Липецк, 2025. – С. 126 – 142.

4. Бондарев, Б. А. Способы модификации свойств глинистых грунтов с включением органических веществ / Б. А. Бондарев, А. Н. Канищев, А. Е. Борисов // Строительные материалы. – 2023. – № 5. – С. 35 – 39.

5. Борисов, А. Е. Влияние минеральных добавок на физико-механические свойства укрепленных органоминеральных грунтов / А. Е. Борисов, А. Н. Канищев, В. А. Козлов // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2022. – № 2(66). – С. 87 – 93.

6. Исследование влияния полимерной добавки на физико-механические показатели и несущую способность укрепленных цементом грунтобетонных оснований автодорог / А. Н. Канищев, А. Е. Борисов, Ф. В. Матвиенко, А. С. Строкин // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2024. – № 2(74). – С. 107 – 115.

7. Лысихина, А. И. Дорожные покрытия из чернозема / А. И. Лысихина, В. М. Безрук, Л. Н. Ястребова. – М. : Дориздат, 1943. – 88 с.

8. Органо-минеральный грунт. Укрепления органическими вяжущими материалами / Б. А. Бондарев, А. Н. Канищев, А. Е. Борисов, А. В. Жабцев // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы X Междунар. науч.-практ. конф., посвящен-ной 45-летию Института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – С. 29 – 34.

9. Органо-минеральный грунт. Свойства и распространение. К вопросу применения в дорожном строительстве / Б. А. Бондарев, А. Н. Канищев, А. Е. Борисов, Д. А. Хрипунков // Современные проблемы материаловедения : сб. науч. тр. V Междунар. науч.-практ. конф. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2024. – С. 182 – 190.

10. Подольский, Вл. П. Применение укрепленного органоминерального грунта в дорожном строительстве / Вл. П. Подольский, А. Н. Канищев, А. Е. Борисов // Наука и техника в дорожной отрасли. – М. : Изд-во «Дороги», 2016. – № 2. – С. 10 – 13.

11. Указания по строительству дорожных покрытий их чернозема, обработанного вяжущими материалами. – М. : ДОРИЗДАТ ГУШОСДОРА НКВД СССР, 1942. – 24 с.

12. The effect of mineral additives on the physical and mechanical properties of reinforced organic mineral soils / A. Ye. Borisov, A. N. Kanishchev, V. A. Kozlov // Russian Journal of Building Construction and Architecture. – 2023. – № 1(57). – С. 77 – 83.

УДК 625.719
67.01.05: Материалы общего характера

ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Бондарев Борис Александрович
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», доктор технических наук, профессор кафедры «Строительное материаловедение и дорожные технологии»
e-mail: *lnsp-48@mail.ru*

Ярцев Виктор Петрович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор, научный руководитель кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
e-mail: *jarcev21@rambler.ru*

Бондарев Александр Борисович
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительное материаловедение и дорожные технологии»
e-mail: *lnsp-48@mail.ru*

Жидков Владимир Константинович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», аспирант
e-mail: *gidkov_vova_1999@mail.ru*

Колобанов Алексей Сергеевич
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительного производства»
e-mail: *kolobanov_as@stu.lipetsk.ru*

Модуль упругости дорожной одежды является на сегодняшних дней одним из ключевых показателей для определения остаточного ресурса автодороги и прочностных качеств. Согласно действующей нормативной документации, на сегодняшний день существует единственный метод определения остаточного ресурса, разработанный и введенный в действие государственной компанией «АВТОДОР» (СТО АВТОДОР 2.4–2013 «Оценка остаточного ресурса нежестких дорожных одежд конструкций автомобильных дорог Государственной компании «Российские автомобильные дороги». Согласно этому документу, текущий остаточный ресурс автомобильной дороги определяется, как разница суммарного приложения расчетной нагрузки, заложенной на стадии проектирования дорожной одежду, и фактической величины приложения расчетной нагрузки, определенной путем полевых исследований и выяснения текущего транспортного потока (автомобилей/сутки). К расчетной нагрузке равной 115 кН, с применением суммарных коэффициентов, приводятся все проходящие через поперечное сечение дороги транспортные средства (рис. 1).

Также в расчет для повышения точности вычислений вводятся коэффициенты *c*1, *c*2 и *b*, характеризующие изменение продольной ровности (IRI) дорожной одежды в течении срока службы конструкции. Эти показатели позволяют в значительной мере откорректировать суммарный коэффициент, что показывает влияние тяжеловесный транспортных средств не остаточный ресурс [1, 3].

Однако из-за невозможности в ряде случаев определить фактическое число приложения расчетной нагрузки на момент обследования, а также из-за разнородности применяемых предлагается использовать метод, описанный в 8.4 настоящего документа. Согласно нему прогнозирование остаточного ресурса с учетом технического состояния конструкции, так называемы «второй подход», производится согласно закономерностям изменения параметров состояния дорожной одежды – общего модуля упругости всех слоев и дефектности.

Закономерность снижения общего модуля упругости приведена в уравнении ниже:

$$E_t = A + B\left[\log\left(\gamma\omega^0 N_1 \frac{q^{t_{сл}} - q^t}{q-1}\right) - 1\right], \quad (1)$$

где *A, B,* γ – эмпирические параметры, характеризующие изменение показателя расчетного модуля упругости в зависимости от интенсивности транспортного потока; ω^0 – коэффициент, учитывающий влияние погодных условий на состояние слоев дорожной одежды, а также учитывающий интенсификацию развития дефектов; N_1 – интенсивность приложения расчетной нагрузки на 1-й год эксплуатации автомобильной дороги, авт./сут.; $t_{сл}$ – расчетный (межремонтный) срок службы дорожной одежды.

Таким образом, в общий чертах остаточный ресурс можно определить путем сопоставления фактического модуля упругости дорожной одежды и расчетного с внесением данных в диаграмму снижения коэффициента прочности дорожной одежды во времени (рис. 2) [2].

Вид транспортного средства	Sm сум (пуст)	Sm сум (груж)	Sm сум (перегр)
1.Легковой автомобиль	0.0015		
2.Грузовые автомобили:			
2.1.Легкие (грузоподъёмность 1-2т)	0.005		
2.2.Средние (грузоподъёмность 2-5т)	0.002	0.067	0.356
2.3.Тяжелые (грузоподъёмность 5-8т):			
2.3.1 	0.003	0.716	1.597
2.3.2 	0.032	1.495	3.334
2.3.3 	0.076	2.011	4.485
3.Автопоезда с полуприцепом:			
3.1 	0.001	0.968	2.159
3.2 	0.024	1.879	4.192
3.3 	0.073	2.329	5.195
3.4 	0.040	2.523	5.627
3.5 	0.043	2.436	5.434
4.Автопоезда с прицепом:			
4.1 	0.004	0.828	1.848
4.2 	0.070	2.496	5.567
4.3 	0.040	1.653	3.688
4.4 	0.075	3.623	8.080
5.Автобусы			
5.1  (микроавтобусы)	0.0027		
5.2 	0.051	0.314	0.700

Рис. 1. Суммарные коэффициенты приведения транспортных средств к расчетной нагрузке

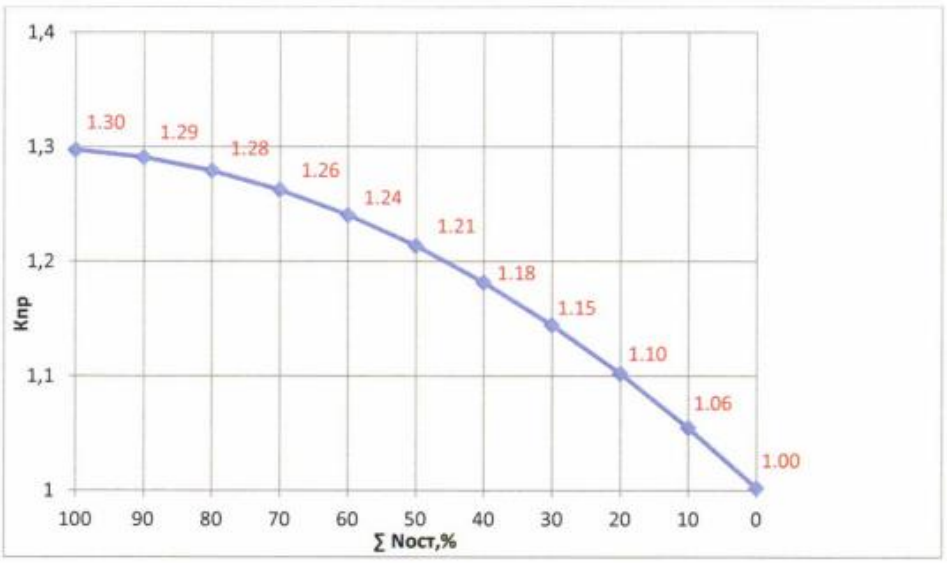


Рис. 2. Кривая снижения коэффициента прочности дорожной конструкции (рис. 8.1 СТО АВТОДОР 2.4–2013)

Для определения фактического модуля упругости дорожной одежды можно пользоваться различными методами, однако, самыми распространенными и апробированными являются: статический штамп, динамический плотномер и передвижная дорожная лаборатория «Трасса» с закрепленной на ней установкой «ДИНА-3М».

Первые два метода используются для определения модулей упругости слоев основания (щебеночного и песчаного) дорожной одежды, динамическая установка в свою очередь служит для определения суммарного модуля упругости всех слоев дорожной одежды (эквивалентного модуля упругости).

Так, согласно ОДМ 218.5.007–2016 испытания с применением статического штампа производятся путем загружения штампа испытательной нагрузкой (табл. 1) с поступательным снятием отчета с прибора, фиксирующего осадку плиты.

1. Ступени нагрузки-разгрузки конструкции

Ступени нагрузки-разгрузки σ, МН/м^2													
Первичное загружение						Разгрузка			Вторичное загружение				
0,08	0,16	0,25	0,33	0,42	0,50	0,25	0,125	0,01	0,08	0,16	0,25	0,33	0,42

На каждой стадии загружения к поверхности вскрытого основания через штамп диаметром 300 мм и площадью S = 0,07065 м^2 прикладывается указанная нагрузка, нагнетаемая с помощью гидравлического домкрата, упертого, как правило, в валец гладковальцового катка (рис. 3).

Металлический диск в форме круглой плиты с центрально расположенным цилиндрическим элементом предназначена для взаимодействия с оборудованием компрессионного типа либо гидроцилиндрами и представляет собой нагружающий элемент испытаний щебеночных и песчаных материалов. Минимальная допустимая величина толщины плиты составляет 25 мм при рабочем диаметре изделия 300 мм, тогда как при увеличенных значениях диаметра (600 и 762 мм соответственно), минимально приемлемый параметр толщины снижается до 20 мм.

Монтажная высота испытательного узла установлена величиной 0,6 м (высота прибора), однако использование стандартных межэлементных удлинительных вставок либо жестких опорных элементов с минимальным коэффициентом деформации под нагрузкой позволяет корректировать монтажную высоту в сторону увеличения вплоть до значений свыше 1,0 м.



Рис. 3. Процесс определения модуля упругости основания дорожной одежды

Однако в ряде случаев определение модуля упругости таким образом невозможно из глубины заложения слоев основания (подстилающих слой может залегать на глубины свыше 1,0 м от поверхности покрытия), что делаем невозможным установку рычага с одометром без значительных повреждений конструкций дорожной одежды. Также значительную роль на точность оказывает человеческий фактор. Так, при некорректной установке рычага или неплотном его опирании расхождение полученных результатов с фактическим значениями может быть весьма велико.

Ряда приведенных недостатков лишен прибор ДПГ-1.2, действие которого основано на определении величины отскока бойка при ударе о штамп в зависимости от коэффициента уплотнения материала и его прочностных свойств. Значения отскока фиксируются датчиками, расположенными на штанге, и выводят полученное значения модуля упругости на экран устройства или дисплей смартфона.

Работа прибора ДПГ-1.2 основана на TP BF-STB Part B 8.3 (German Road Standard), ASTM E2835-11, ГОСТ 59866–2022, СТ СЭВ 5497–86 благодаря чему можно получить в достаточной мере точные и достоверные данные независимо от инженера, производящего измерения. Необходимо только сохранять вертикальность устройства и фиксировать положение бойка перед сбросом его на штамп.



Рис. 4. Общий вид прибора ДПГ-1.2

При использовании плотномера необходимо руководствоваться следующими принципами:

– площадка испытаний должна быть выровнена. Уклон поверхности песчаного или щебеночного слоя не должен превышать 6%;

– штамп должен плотно прилегать всей поверхностью к исследуемому материалу;

– под штампом не должно быть крупных зерен материала, составляющего более ¼ диаметра применяемой плиты.

Однако, что в первом, что во втором случае испытания материалов на эксплуатируемой автомобильной проводить проблематично, так как при снятии слоев асфальтобетона фрезой (рис. 5) происходит нарушение нижележащих несвязных слоев. Это приводит к снижению достоверности получаемых результатов и необходимости предварительной подготовки площадки исследования: выравнивание, уплотнение.



Рис. 5. Снятие слоев асфальтобетонного покрытия фрезой

Ряда вышеуказанных недостаток лишена установка динамического нагружения «ДИНА-3М» (рис. 6), исполненная в виде прицепного устройства. Принцип работы установки основан на определение чаши упругого прогиба конструкции дорожной одежды под действием нагрузки, представленной в виде падающего вертикально груза.



Рис. 6. Передвижная дорожная лаборатория «Трасса» с закрепленной на ней установкой «ДИНА-3М»

На основании данных результатов, полученные значения прогиба с помощью программы «Прочность» программно-измерительного комплекса «Дорога-2011», установленной на компьютере в салоне передвижной дорожной лаборатории, переводятся в фактический модуль упругости (рис. 7) в соответствии с ОДН 218.1.052–2002.

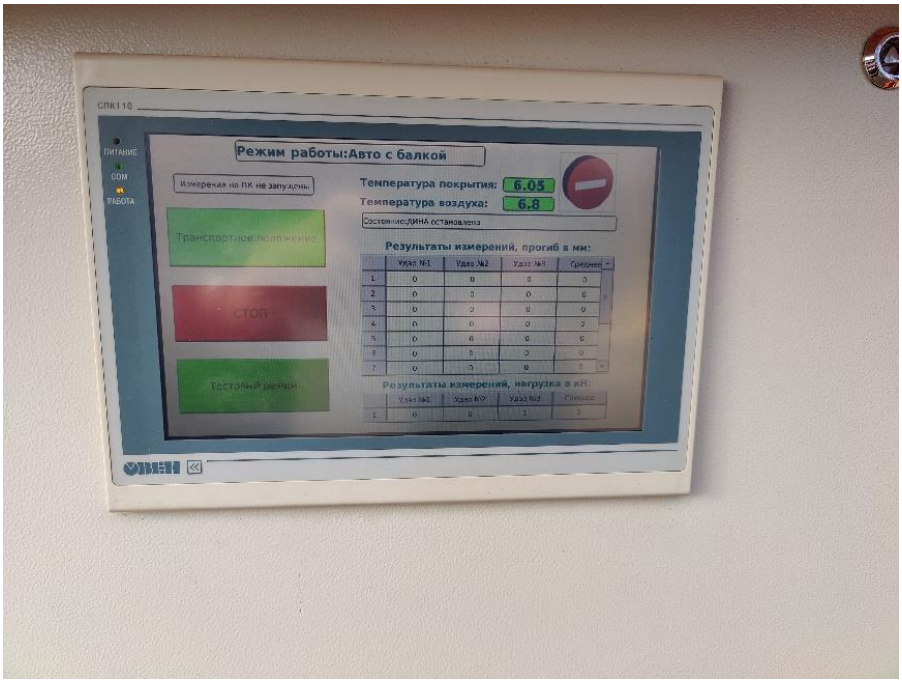


Рис. 7. Дисплей для вывода значений полученного фактического модуля упругости

При определении модуля упругости дорожной одежды в расчетный период года к итоговому значению не вводятся никакие коэффициенты, однако при проведении испытаний в нерасчетный период года необходимо включать понижающий коэффициент, характеризующий влияние низких температур на материалы дорожной одежды, а также для корректировки полученных значений можно использовать коэффициент «К», определяемый согласно рис. 8, и учитывающий наличие разнонаправленных трещин на поверхности покрытия.

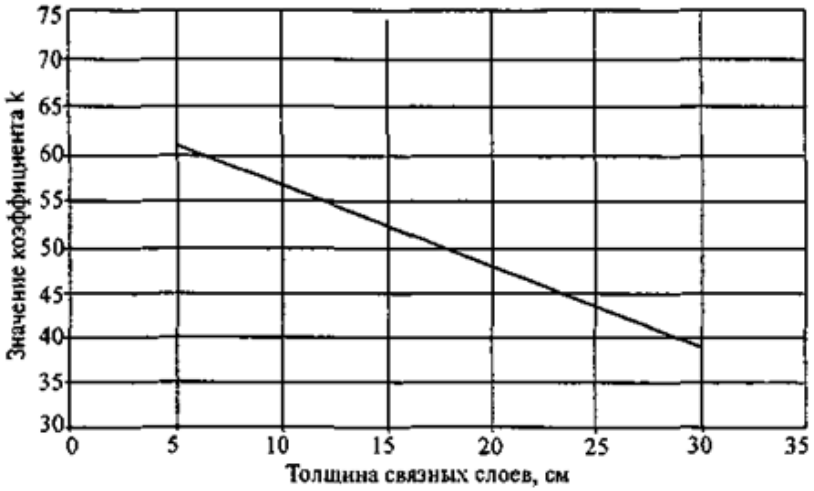


Рис. 8. График для определения коэффициента «К»

При отсутствии информации о распределении температуры по глубине в случае, когда известна общая толщина связных слоев, температурная поправка может быть определена по температуре на поверхности покрытия. Приведенный модуль упругости к расчетной температуре покрытия 10 °С можно рассчитать по следующей формуле:

$$E_{10} = E_э + k\left[n \cdot (T_э) - n \cdot 10\right], \quad (2)$$

где $E_э$ – рассчитанный модуль упругости по зафиксированному установкой динамического нагружения прогибу, МПа; $T_э$ – температура покрытия во время проведения эксперимента, °С; k – коэффициент.

Таким образом, можно заметить, что каждый способ определения конструктивных слоев дорожной одежды имеет своих недостатки и характерные особенности, поэтому при проведении соответствующих испытаний необходимо четко следовать нормативной и технической документации, использовать исключительно поверенные и откалиброванные приборы и проводить испытания должен обученный инженер-дорожник.

Список использованных источников

1. Определение остаточного ресурса жестких дорожных одежд промышленных предприятий / Б. А. Бондарев, А. Б. Бондарев, В. П. Ярцев, В. К. Жидков // Строительные материалы. – 2024. – № 3. – С. 71 – 82.

2. Расчет остаточного ресурса дорожных одежд с использованием эмпирических методов / Б. А. Бондарев, А. Б. Бондарев, В. А. Баязов и др. // Актуальные проблемы науки и техники. 2024 : Материалы Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 19 – 21 марта 2024 года. – Ростов н/Д : Донской государственный технический университет, 2024. – С. 1120 – 1121.

3. Определение остаточного ресурса автомобильных дорог промышленных предприятий / Б. А. Бондарев, В. П. Ярцев, А. Б. Бондарев, В. К. Жидков // Современные проблемы материаловедения : сб. науч. тр. V Междуна. науч.-практ. конф., Липецк, 23 января 2024 года. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2024. – С. 44 – 56.

УДК 625.09
73.01.29: Информационная деятельность

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Бредихин Владимир Владимирович
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», студент
e-mail: *vladimirbredihin64@gmail.com*

Введение. Информационные технологии прочно вошли в повседневную жизнь, затронув и автомобильную отрасль. Количество транспортных средств постоянно увеличивается во всех странах – согласно данным Международного союза автомобильного транспорта (IRU), к 2023 году в мире насчитывалось около 1,47 миллиарда машин [3]. Параллельно растет и протяженность дорожной сети: как указано в Справочнике ЦРУ по странам мира, общая длина дорожного покрытия достигла 64 718 646 километров [1]. Эти тенденции связаны с ростом населения, расширением городов, развитием автопрома и инфраструктуры. Однако ежегодно в мире фиксируется огромное количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП), приводящих к человеческим жертвам и травмам. Согласно Докладу ВОЗ о безопасности дорожного движения за 2018 год, «число смертей

в результате ДТП достигло 1,35 миллиона человек в год» [2]. Именно поэтому сегодня активно внедряются технологические решения, призванные повысить безопасность на дорогах, сохранив удобство транспорта и скорость передвижения. В статье рассмотрены ключевые технологии для достижения этой цели.

Эра-Глонасс. «**ЭРА-ГЛОНАСС**» – российская государственная автоматизированная информационная система (ГАИС) экстренного реагирования при авариях [8]. Она способная анализировать информацию о текущем состоянии автомобиля и в случае дорожного происшествия сообщить различным службам о ДТП.

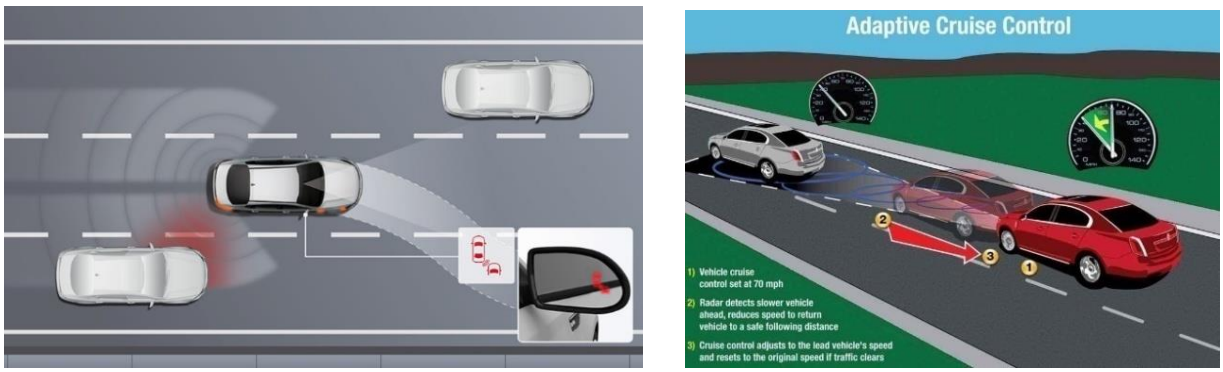


Рис. 1. Принцип действия системы ЭРА-ГЛОНАСС
Источник: К российской системе ЭРА-ГЛОНАСС подключено уже более 8 500 000 транспортных средств [Электронный ресурс] // ТЕХНОСФЕРА РОССИЯ. – URL: https://tehnoomsk.ru/archives/5754 (дата обращения: 10.05.2025

Как показано на рис. 1, система «ЭРА-ГЛОНАСС» представляет собой распределенную инфраструктуру, включающую навигационно-информационную платформу, сети передачи данных и сотовой связи, функционирующую по принципу виртуального оператора. Важным компонентом системы являются устройства вызова экстренных оперативных служб (УВЭОС), устанавливаемые в транспортные средства. При возникновении серьезного ДТП (фронтальное, боковое столкновение или удар сзади, соответствующие критериям ГОСТ) УВЭОС автоматически анализирует тяжесть аварии, определяет координаты транспортного средства с помощью спутниковых систем ГЛОНАСС и/или GPS и устанавливает соединение с инфраструктурой «ЭРА-ГЛОНАСС». Далее устройство передает данные о происшествии в соответствии с установленным протоколом. Такой вызов имеет приоритетный статус: в условиях перегруженности сети он может прерывать обычные звонки, а при отсутствии устойчивого сигнала информация отправляется в виде SMS-сообщения. Автоматический вызов включает передачу цифровых данных объемом 140 байт [8], содержащих ключевую информацию: координаты места аварии, государственный номер автомобиля, показания датчиков удара, количество пристегнутых ремней безопасности (что косвенно указывает на число пассажиров) и временную метку вызова. Эти данные кодируются с помощью частотной модуляции в звуковом канале. Кроме автоматического режима, система предусматривает возможность ручного вызова путем нажатия кнопки SOS в салоне автомобиля. В этом случае оператор контакт-центра уточняет обстоятельства происшествия и, при подтверждении факта аварии, направляет к месту ДТП экстренные службы – спасателей, скорую помощь и сотрудников ГИБДД. Таким образом, «ЭРА-ГЛОНАСС» обеспечивает оперативное оповещение экстренных служб как в автоматическом, так и в ручном режиме, что способствует сокращению времени реагирования и снижению последствий дорожно-транспортных происшествий.

Автоматизированные системы помощи водителю. Автоматизированные системы помощи водителю (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) представляют собой комплекс технологических решений, направленных на повышение безопасности дорожного движения за счет минимизации человеческого фактора (рис. 2). К ключевым компонентам ADAS относятся системы аварийного торможения, адаптивного круиз-контроля, контроля слепых зон и удержания полосы, каждая из которых выполняет специфические функции для предотвращения аварийных ситуаций.

- Аварийное торможение (Automatic Emergency Braking, AEB) – система, автоматически останавливающая транспортное средство при обнаружении риска столкновения с препятствием. Используя данные с радаров, лидаров и камер, AEB анализирует скорость автомобиля, расстояние до объекта и время до возможного контакта. Если водитель не реагирует на предупреждения, система активирует необходимые программы для безопасного торможения, предотвращая или смягчая последствия удара.
- Адаптивный круиз-контроль (Adaptive Cruise Control, ACC) расширяет функции классического круиз-контроля, автоматически регулируя скорость движения для поддержания безопасной дистанции до впереди идущего транспорта. Сенсоры системы непрерывно отслеживают положение соседних автомобилей, а алгоритмы корректируют ускорение или замедление в реальном времени. Также ACC способен удерживать автомобиль в заданной полосе. Это снижает нагрузку на водителя в условиях плотного трафика и минимизирует риск столкновений из-за невнимательности.
- Системы контроля слепых зон и удержания полосы направлены на предотвращение боковых столкновений и съезда с полосы. Датчики и камеры, установленные по периметру автомобиля, отслеживают «мертвые» зоны и подают сигнал (визуальный, звуковой или тактильный) при попытке перестроения с занятой полосы. Система удержания полосы, в свою очередь, корректирует траекторию движения через рулевое управление или подтормаживание колес, если автомобиль пересекает разметку без включенного поворотника.



а) *б*)

Рис. 2. Автоматизированные системы помощи водителю:
а – система контроля слепых зон;
Источник: BCA-R – предотвращение столкновений с автомобилем в слепой зоне сзади [Электронный ресурс] // DRIVE2. – URL: https://www.drive2.ru/l/570270228034880355/ (дата обращения: 11.05.2025)
б – адаптивный круиз-контроль
Источник: Drága, de hasznos és kényelmes extra a tempomat [Электронный ресурс] // Autónavigátor.hu. – URL: https://www.autonavigator.hu/cikkek/draga-de-hasznos-es-kenyelmes-extra-a-tempomat/ (дата обращения: 11.05.2025)

Совокупность этих систем обеспечивает многоуровневую защиту: AEB снижает вероятность фронтальных столкновений, ACC оптимизирует движение в потоке, а контроль слепых зон и полосы предотвращает боковые аварии. Внедрение ADAS способствует не только повышению безопасности, но и формированию основы для развития полностью автономного транспорта, где взаимодействие технологий станет критически важным элементом управления. Таким образом, технологии ADAS могут предотвратить 20 841 смерть в год, или около 62% от общего числа смертей в результате дорожно-транспортных происшествий. На помощь в удержании полосы движения приходится 14 844 из этой экономии, в то время как на автоматическое торможение пешеходов приходится еще 4 106 спасенных жизней [4].

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС). Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) – это комплекс технологических решений, направленных на повышение безопасности, эффективности и экологичности дорожного движения. Они объединяют аппаратные компоненты, программное обеспечение и системы связи, создавая «умную» транспортную экосистему.

1. Датчики, камеры и электронные табло

Современные ИТС активно используют сеть датчиков и камер для мониторинга трафика в режиме реального времени. Высокоточные устройства фиксируют нарушения (превышение скорости, выезд на встречную полосу), распознают номера автомобилей и даже лица водителей с высокой точностью благодаря алгоритмам компьютерного зрения. Современные приложения для навигации, транслируют актуальную информацию о погодных условиях, авариях или ремонтах, что позволяет водителям оперативно корректировать маршруты. Например, в 2019 году тестовое внедрение автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД) на основных магистралях привело к увеличению средней скорости движения на 30% [7].

2. Адаптивные светофоры

«Умные» светофоры анализируют плотность трафика с помощью камер и датчиков, динамически регулируя длительность сигналов. В городах с адаптивными системами, такими как SCOOT (Великобритания) или SCATS (Австралия), время ожидания на перекрестках сокращается на 30…40%, а риск ДТП – на 15%. В Копенгагене аналогичные системы (на базе SCATS) позволили увеличить скорость движения велосипедистов на 10%, а общественного транспорта – на 5…20% [5]. Система в Новосибирске способна прогнозировать трафик на 10 – 20 минут вперед и мгновенно перестраивать работу светофоров при ДТП [6].

3. Технологии связи V2X (Vehicle-to-Everything)

– V2V (автомобиль-автомобиль): Машины обмениваются данными о скорости, направлении движения и авариях через радиоканалы (например, DSRC или C-V2X). В США тестовые проекты Ford и GM показали, что V2V существенно снижает риск столкновений на перекрестках.

– V2I (автомобиль-инфраструктура): Автомобили получают данные от светофоров, дорожных знаков и датчиков. В Китае система Huawei’s RoadReader анализирует поведение пешеходов и передает предупреждения водителям за 500 м до потенциально опасной зоны.

4. Аналитика больших данных (Big Data)

ИТС обрабатывают терабайты данных от датчиков, камер и GPS-трекеров для прогнозирования аварий и оптимизации маршрутов. Например, алгоритмы IBM Intelligent Transportation анализируют ранее произошедшие аварии в данном месте, погоду и трафик, предсказывая «аварийные часы» с высокой точностью. В Лос-Анджелесе внедрение подобных алгоритмов сократило среднее время в пробках за счет перенаправления потоков.

5. Искусственный интеллект и автономные автомобили

ИИ обрабатывает видео с дорожных камер, распознавая опасные ситуации: пешеходов вне зоны перехода, остановившиеся автомобили или дорожные работы. Системы вроде NVIDIA Metropolis способны предупреждать диспетчеров за 10 – 15 секунд до потенциального ДТП. Автономные автомобили, такие как Tesla Full Self-Driving, используют ИТС для минимизации человеческого фактора: по данным Waymo, их алгоритмы существенно снижают риск ошибок по сравнению с водителями-людьми, а процент аварий, приводящих к травмам, снизился на 81% [9].

Вывод. Информационные технологии существенно повышают безопасность дорожного движения, сокращая время реагирования на ДТП (система ЭРА-ГЛОНАСС) и минимизируя человеческие ошибки (ADAS). Интеллектуальные транспортные системы (ИТС), включая адаптивные светофоры, V2X и аналитику данных, оптимизируют трафик и снижают аварийность. Перспективы связаны с интеграцией ИИ и автономных автомобилей, что создаст более безопасную и эффективную транспортную среду в условиях роста городов.

Список использованных источников

1. Всемирная книга фактов ЦРУ [Электронный ресурс] // Википедия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Всемирная_книга_фактов_ЦРУ (дата обращения: 08.05.2025).
2. Всемирная организация здравоохранения. Доклад о положении дел в области безопасности дорожного движения в мире за 2018 год [Электронный ресурс]. – URL : https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684 (дата обращения: 08.05.2025).
3. Международный союз автомобильного транспорта (IRU). Количество автотранспортных средств в мире [Электронный ресурс]. – URL : https://knigastran.ru/statistika/kolichestvo-avto-po-stranam.html (дата обращения: 08.05.2025).
4. Национальный совет безопасности США. Усовершенствованные системы помощи водителю: детали данных [Электронный ресурс]. – URL : https://injuryfacts.nsc.org/motor-vehicle/occupant-protection/advanced-driver-assistance-systems/data-details/ (дата обращения: 10.05.2025).
5. Система «Умный светофор» [Электронный ресурс] // Tadviser. – URL : https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Система_Умный_светофор (дата обращения: 11.05.2025).
6. Умные светофоры [Электронный ресурс] // Наука в Сибири. – URL : https://www.sbras.info/articles/science/umnye-svetofory-pomogut-izbavitsya-ot-probok (дата обращения: 11.05.2025).
7. Цифровизация транспорта [Электронный ресурс] // TransportRussia. – URL : https://transportrussia.ru/razdely/it-tekhnologii/5449-tsifra-menyaet-zhizn.html (дата обращения: 11.05.2025).
8. ЭРА-ГЛОНАСС [Электронный ресурс] // Википедия. – URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/ЭРА-ГЛОНАСС (дата обращения: 10.05.2025).
9. Waymo: беспилотные автомобили [Электронный ресурс]. – URL : https://waymo.com/ (дата обращения: 11.05.2025).

УДК 625.7/.8
67.09.45: Строительные материалы и изделия на основе полимеров

ВРЕМЕННЫЙ ПОВЕРХНОСТНЫЙ ВОДООТВОД С ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА

Жажа Елена Юрьевна
МАДИ ГТУ «*Московский автомобильно-дорожный технический университет*»,
старший преподаватель кафедры «*Гидравлика*»
e-mail: *E.Zhazha@madi.ru*

Морозова Мария Ивановна
МАДИ ГТУ «*Московский автомобильно-дорожный технический университет*»,
студент дорожно-строительного факультета
e-mail: *maria.moroz.2003@mail.ru*

Афонин Илья Валерьевич
ООО «*МИГДОРГРУПП*», *Строительство автомобильных дорог и автомагистралей, инженер 3 категории*
e-mail: *afoninilya@mail.ru*

Процесс строительства автомобильной дороги- сложный технологический процесс, состоящий из большого количества взаимосвязанных технологических операций, которые условно делят все строительство на несколько этапов. Одним из таких этапов является возведение земляного полотна будущей автомобильной дороги. Качественная конструкция земляного полотна является основной и несущей конструкцией, на которую в последствии будут уложены другие конструктивы и искусственные сооружения, являющиеся элементами автомобильной дороги. Одной из возможных проблем при возведении земляного полотна является отсутствие временного поверхностного водоотвода в период строительства.



Рис. 1. Элементы земляного полотна

Система временного поверхностного водоотвода – это система, предназначенная для отвода дождевых или любых других атмосферных осадков с поверхности земляного полотна в период строительного процесса. Правильная организация водоотвода необходима для предотвращения эрозии, подтопления и повреждения строительных конструкций и материалов. Не отведенная вовремя вода влечет за собой размыв откосов насыпи (эрозию), что в последствии приводит к потери устойчивости насыпи, ослабляет ее структуру и провоцирует обрушение или оседание. Регулярные подтопления оказывают негативное влияние на окружающую объект экосистему и уже имеющиеся инженерные сооружения.



Рис. 2. Виды деформаций земляного полотна

Главными источниками увлажнения земляного полотна автомобильной дороги являются: выпадающие осадки, приток воды от дождей и таянья снега со склонов местности, капиллярное поднятие водяных паров из воздуха, перемещение пленочной влаги по поверхности грунтовых частиц.

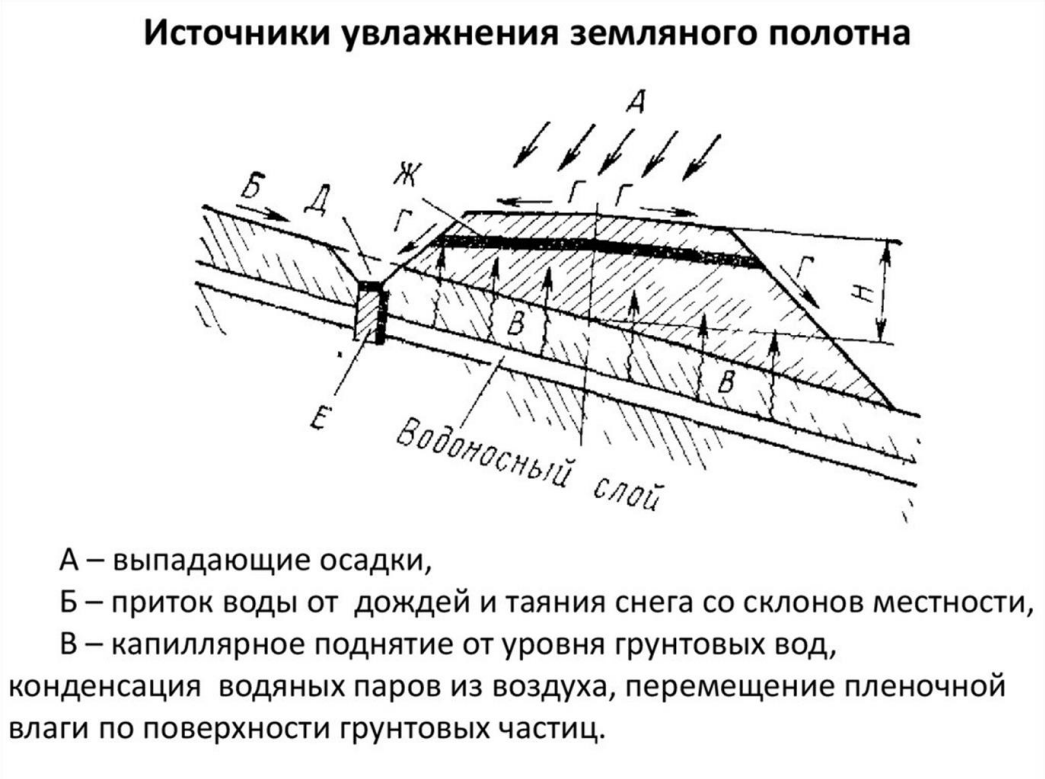


Рис. 3. Источники увлажнения земляного полотна

На данный момент существует большое количество систем поверхностного водоотвода, самыми распространенными являются:

1. Временные канавы

Выемки, вырытые в земле, которые направляют воду в определенное место. Преимущества: простота конструкции и низкая стоимость. Недостатки: требуют регулярного обслуживания и быстро забиваются мусором

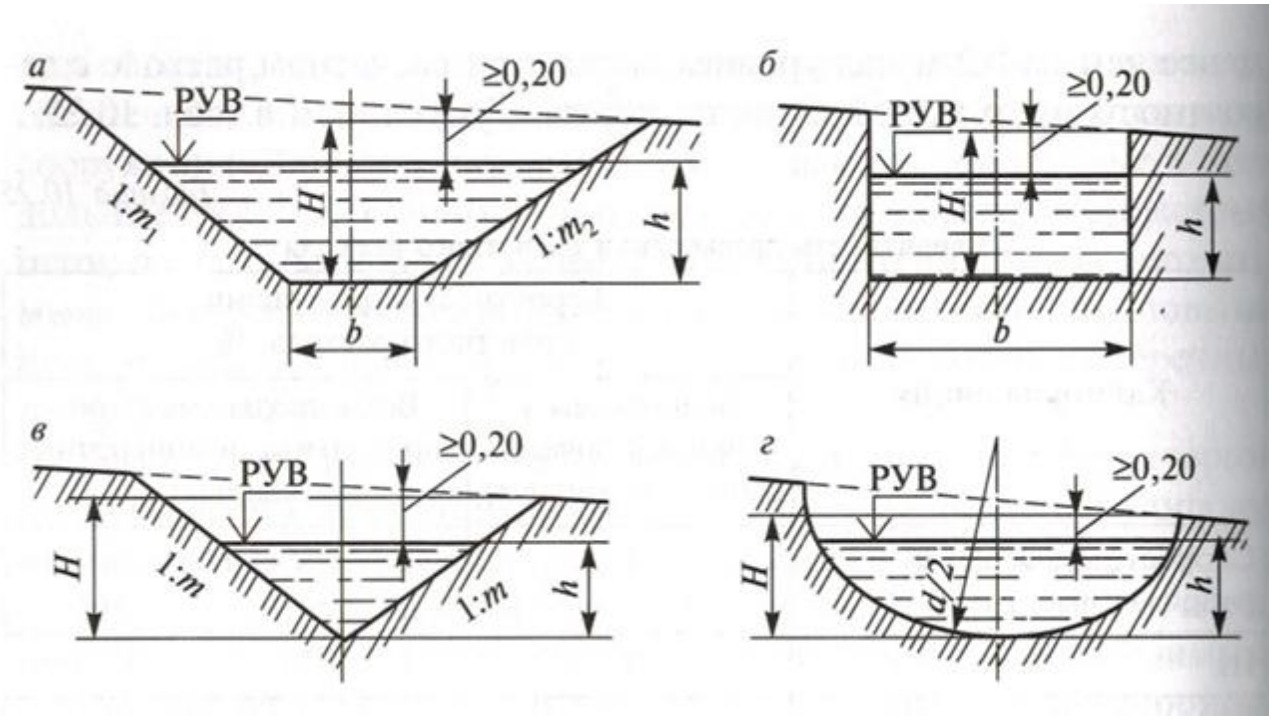
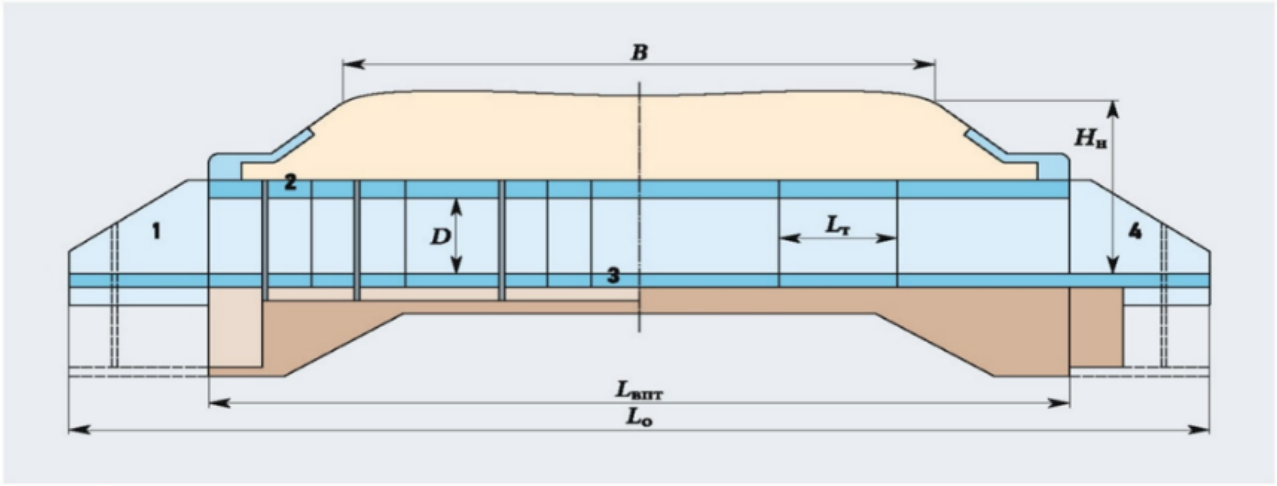


Рис. 4. Временные водоотводные канавы

2. Водопропускные трубы

Искусственное гидротехническое сооружение, которое направляет воду через препятствие или в подземный водный путь

Преимущества: эффективно отводят воду из зон с высоким риском затоплении. Недостатки: требуют установки и могут быть повреждены



Элементы водопропускной трубы на автомобильной дороге (**1** и **4** — оголовки, входной и выходной; **2** — трубы; **3** — фундамент; $L_т$, $L_{впт}$ и $L_о$ — длины, трубы и ВПТ без учёта длин оголовков и с учётом их длины, D — внутренний диаметр, $H_н$ — высота насыпи)

Рис. 5. Конструкция водопропускной трубы

3. Насосные станции

Временные насосы, используемые для откачки воды из затопленных участков Преимущества: быстрое удаление воды из проблемных ЗОН. Недостатки: необходимость в электроэнергии и регулярном обслуживании

4. Временные боновые заграждения

Использование бонов для создания временных преград, которые направляют поток воды Преимущества: легко устанавливаются и перемещаются. Недостатки: могут быть менее устойчивыми к сильным потокам



Рис. 6. Временные боновые заграждения

5. Разделительные дамбы и насыпи

Небольшие насыпи, создаваемые для перенаправления потока воды. Преимущества: эффективно контролируют направление потока. Недостатки: могут быть разрушены при сильных ливнях

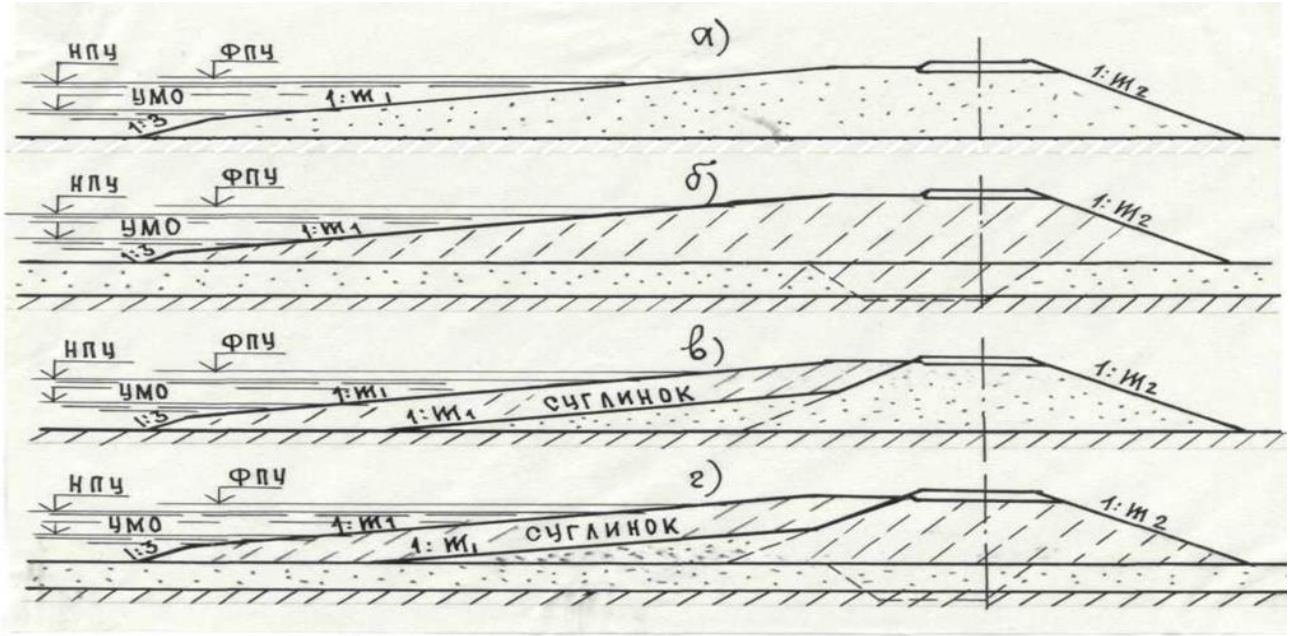


Рис. 7. Поперечный профиль разделительной насыпи

6. Системы сбора дождевой воды

Временные резервуары или контейнеры для сбора дождевой воды. Преимущества: позволяют использовать собранную воду для полива или других нужд. Недостатки: требуют пространства и могут занимать время на установку, предназначены для борьбы не со всеми источниками увлажнения

Поскольку каждый из существующих способов водоотвода имеет определенные недостатки, которые в некоторых случаях могут являться решающим фактором, то мы предлагаем новый вариант организации временного водоотвода: применение временной прослойки из полимерного материала, обладающего хорошими прочностными характеристиками (чтобы не препятствовать движению дорожно-строительных машин так как идет процесс строительства), способного не терять свои физико-механические свойства и не изменять химический состав под воздействием ультрафиолетовых лучей, а так же при попеременной смене температуры окружающей среды и иного атмосферного воздействия. Предлагаемый нами материал будет размещен по всей поверхности земляного полотна и фиксироваться. Основная его задача заключается в том, чтобы задерживать большую часть влаги из атмосферных осадков или других источников увлажнения и не давать ей пропитывать конструкцию насыпи, не позволять стоку воду размывать откосы.

Как пример, мы предлагаем применять пленку Винилит, которая обладает следующими характеристиками:

- Пленка Винилит состоит из полимера, и предназначена для гидроизоляции и герметизации
- Данный материал остается эластичным только при температуре от +10 °С. При более низких температурах материал сохраняет высокую прочность, и за счет низкого коэффициента линейного расширения не создает усадок и напряжений. Его удобно прокладывать даже в небольших острых уголках, например, в скосах и склонах, а также и во внутренних углах. Геопленка не высыхает со временем, таким образом, нет опасности ее разрушения, даже если срок ее эксплуатации уже очень большой
- Срок эксплуатации – более 40 лет. Гарантийный срок составляет 20 лет.
- Винилит прекрасно раскраивается на необходимый формат и между собой быстро и надежно склеивается клеем на основе спирта. Не требует дополнительного оборудования для склейки.
- В течение всего срока эксплуатации рабочие качества геопленки Винилит остаются неизменными. Кроме того, к старой пленке можно легко прикреплять куски новой пленки без какой-либо предварительной подготовки или обработки.

Тема поверхностного водоотвода на период строительства земляного полотна является актуальной на данный момент, поскольку не существует сто процентного варианта ее решения. Применение полимерных материалов может значительно упростить и повысить эффективность всего строительного процесса, избежать возможных деформаций всей конструкции и их последствий, а также дополнительных расходов в процессе строительства для восстановления разрушенного или деформированного земляного полотна. Применение полимерных материалов выгодно, как с технической, так и с экономической точки зрения.



Рис. 8. Возможный вариант применения укрывного материала из полимерных материалов



Рис. 9. Возможный вариант применения укрывного материала из полимерных материалов

Список использованных источников

1. СП 34.13330–2021. Системы водоотведения. Проектирование. – М., 2021.
2. ГОСТ Р 59864.1–2022. Системы водоотведения. Ч. 1. Общие требования. – М., 2022.
3. ГОСТ Р 59611–2021. Системы водоотведения. Общие технические условия. – М., 2021.
4. Пуркин, В. И. Проектирование сооружений дорожного водоотвода : учебное пособие / В. И. Пуркин. – М. : МАДИ, 2023.

УДК 656.01
73.31.21: Автотранспортные предприятия, автостанции, автовокзалы, гаражи, автостоянки

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН ДОРОЖНОГО СЕРВИСА В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Лямин Денис Олегович
ФГБОУ ВО «Тамбовский Государственный Технический университет», магистрант,
email: lyamin.2001@mail.ru

Андрианов Константин Анатольевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский Государственный Технический университет», кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «ГСиАД»
email: konst-68@yandex.ru

В настоящее время прослеживается существенный рост автомобилизации. По итогам 2024 года в ГИБДД зарегистрировано 60,45 млн механических транспортных средств. Относительно 2023 г. прирост транспорта составил +0,5% или +312 тысяч единиц. На фоне растущей автомобилизации и существенном увеличении интенсивности на автомобильных дорогах появляется необходимость строительства многофункциональных зон дорожного сервиса (МФЗ) [1 – 5].

МФЗ способствуют безопасности, эффективности, улучшению условий работы водителей транспортных средств и снижению неблагоприятного влияния на окружающую среду. Многофункциональные зоны являются важной составляющей транспортной инфраструктуры для грузоперевозок и способствуют развитию логистической отрасли.

В таблицах 1 – 3 проведен анализ интенсивности движения на автомобильных дорогах, ведущих в город Тамбов на участках трассы Р-22 км 436+000, Р-208 км 66+000 и А-143 км 50+000. Данные получены методом наблюдения.

Чтобы получить приведенную интенсивность нужно умножить реальную интенсивность на коэффициенты, которые представлены на рис. 1.

Расчет интенсивности в приведенные единицы производится по формуле

$$N_{\text{пр}} = \sum_{1}^{n} (N_i K_{\text{пр}i}), \quad (1)$$

где N_i – интенсивность движения автомобилей данного типа; $K_{\text{пр}i}$ – соответствующие коэффициенты приведения для данной группы автомобилей; n – число типов автомобилей, на которые разделены данные наблюдений.

Чтобы вычислить среднесуточную интенсивность

При исследовании высокоинтенсивных потоков транспорта возникают сложности с точным определением грузоподъемности каждого грузовика. Поэтому можно использовать упрощенный подход, приняв для всех грузовых автомобилей грузоподъемности от 2 до 8 тонн общий коэффициент равный двум.

1. Интенсивность движения в зависимости от времени суток на участке км 436+000 Р-22 в Тамбовской области

Время замера	Направление движения	Интенсивность движения, ед./15 мин			Приведенная интенсивность, ед./час
		Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы	
с 8^{00} до 9^{00} часов					
08:00 – 08:15	В сторону г. Тамбов	81	63	–	1762
08:15 – 08:30		88	42	1	
08:30 – 08:45		74	56	1	
08:45 – 09:00		77	60	–	
08:00 – 08:15	В сторону г. Москва	80	51	–	
08:15 – 08:30		78	59	–	
08:30 – 08:45		87	62	1	
08:45 – 09:00		70	55	–	
Итого		635	448	3	
с 12^{00} до 13^{00} часов					
12:00 – 12:15	В сторону г. Тамбов	55	70	–	1725
12:15 – 12:30		49	59	–	
12:30 – 12:45		61	66	–	
12:45 – 13:00		53	60	–	
12:00 – 12:15	В сторону г. Москва	48	53	–	
12:15 – 12:30		52	74	–	
12:30 – 12:45		66	58	1	
12:45 – 13:00		71	68	–	
Итого		455	508	1	
с 17 до 18 часов					
17:00 – 17:15	В сторону г. Тамбов	51	47	1	1678
17:15 – 17:30		55	68	–	
17:30 – 17:45		70	51	–	
17:45 – 18:00		49	50	–	
17:00 – 17:15	В сторону г. Москва	63	52	–	
17:15 – 17:30		77	63	–	
17:30 – 17:45		50	40	–	
17:45 – 18:00		66	45	–	
Итого		635	416	1	

2. Интенсивность движения в зависимости от времени суток на участке трассы км 66+000 Р-208 в Тамбовской области

Время замера	Направление движения	Интенсивность движения, ед./15 мин			Приведенная интенсивность, ед./час
		Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы	
с 8^{00} до 9^{00} часов					
08:00 – 08:15	В сторону г. Тамбов	22	10	–	507
08:15 – 08:30		34	11	–	
08:30 – 08:45		33	3	–	
08:45 – 09:00		29	18	–	
08:00 – 08:15	В сторону г. Рассказово	26	19	–	
08:15 – 08:30		40	7	–	
08:30 – 08:45		31	16	–	
08:45 – 09:00		34	19	–	
Итого		249	103	–	
с 12^{00} до 13^{00} часов					
12:00 – 12:15	В сторону г. Тамбов	47	40	–	1040
12:15 – 12:30		41	39	–	
12:30 – 12:45		44	47	–	
12:45 – 13:00		50	45	–	
12:00 – 12:15	В сторону г. Рассказово	33	29	–	
12:15 – 12:30		31	17	–	
12:30 – 12:45		36	36	1	
12:45 – 13:00		43	30	–	
Итого		325	283	1	
с 17^{00} до 18^{00} часов					
17:00 – 17:15	В сторону г. Тамбов	41	19	–	
17:15 – 17:30		35	24	–	
17:30 – 17:45		36	21	–	
17:45 – 18:00		42	30	–	
17:00 – 17:15	В сторону г. Рассказово	49	36	–	
17:15 – 17:30		50	28	–	
17:30 – 17:45		46	27	–	
17:45 – 18:00		39	32	–	
Итого		338	217	–	881

Основываясь на данные табл. 1 максимальная часовая интенсивность движения на участке будет составлять 1762 ед./час.

Основываясь на данных табл. 2 среднесуточная интенсивность движения на данном участке будет составлять 1040 ед./час.

Основываясь на данных табл. 3 среднесуточная интенсивность движения на данном участке будет составлять 409 ед/час.

Самая загруженная трасса, ведущая к городу Тамбов является Р-22. Большое количество грузовых автомобилей обусловлено наличием логистического центра, расположенного по направлению к городу Тамбову вблизи населенного пункта Стрельцы. В связи с высокой интенсивностью движения и наличием логистического центра появляется необходимость в строительстве МФЗ на данном участке.

3. Интенсивность движения в двух направлениях на участке трассы км 50+000 А-143 в Тамбовской области

Время замера	Направление движения	Интенсивность движения, ед./15 мин			Приведенная интенсивность, ед./час
		Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы	
с 8^{00} до 9^{00} часов					
08:00 – 08:15	В сторону г. Тамбов	39	3	–	354
08:15 – 08:30		22	7	–	
08:30 – 08:45		36	3	–	
08:45 – 09:00		28	2	–	
08:00 – 08:15	В сторону г. Моршанск	30	9	–	
08:15 – 08:30		27	7	–	
08:30 – 08:45		25	5	–	
08:45 – 09:00		28	11	–	
Итого		203	47	–	
с 12^{00} до 13^{00} часов					
12:00 – 12:15	В сторону г. Тамбов	24	10	–	332
12:15 – 12:30		38	12	–	
12:30 – 12:45		30	9	–	
12:45 – 13:00		21	8	–	
12:00 – 12:15	В сторону г. Моршанск	36	13	–	
12:15 – 12:30		40	11	–	
12:30 – 12:45		29	6	–	
12:45 – 13:00		37	8	–	
Итого		255	77	–	
с 17^{00} до 18^{00} часов					
17:00 – 17:15	В сторону г. Тамбов,	31	19	–	409
17:15 – 17:30		35	13	–	
17:30 – 17:45		28	8	–	
17:45 – 18:00		29	10	–	
17:00 – 17:15	В сторону г. Моршанск	41	16	–	
17:15 – 17:30		43	18	–	
17:30 – 17:45		38	17	–	
17:45 – 18:00		32	11	–	
Итого		277	102	–	

Преимущества многофункциональной зоны дорожного сервиса:

– *обеспечение безопасности*: при высокой интенсивности движения на дорогах увеличивается риск возникновения аварий и других происшествий. Многофункциональные зоны дорожного сервиса – это безопасные места для остановки, отдыха и обслуживания, в первую очередь, грузовых автомобилей. Включают в себя парковки, места для технического обслуживания, заправочные станции, рестораны, отели и прочие объекты, где водители могут отдохнуть и обслужить транспортные средства;

– *эффективность и оптимизация логистики*: многофункциональные зоны дорожного сервиса способствуют оптимизации логистических процессов и улучшению эффективности грузоперевозок. Водители могут планировать свои остановки в заранее оборудованных местах, что сокращает время простоя и повышает производительность. Услуги, присутствующие в многофункциональных зонах, позволяют сэкономить время и ресурсы, так как водители могут получить все необходимые услуги в одном месте;

– *улучшение условий работы водителей*: большое количество грузоперевозок связано с длительным временем работы водителей и стрессовыми условиями. Многофункциональные зоны дорожного сервиса позволяют водителям отдохнуть и восстановить силы перед продолжением работ, что способствует улучшению условий работы водителей;

– *снижение неблагоприятного воздействия на окружающую среду*: многофункциональные зоны дорожного сервиса устраиваются, учитывая требования и рекомендации в области охраны окружающей среды. МФЗ обязаны предоставлять возможность для зарядки электротранспорта или использования альтернативных видов топлива, что необходимо для работы и эксплуатации транспортных средств;

Вид транспорта	Коэффициент приведения к легковому автомобилю
Легковые автомобили	1,0
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т: 2	1,5
6	2,0
8	2,5
14	3,0
свыше 14	3,5
Автопоезда	4,0
Автобусы	2,5
Троллейбусы	3,0
Сочлененные троллейбусы и автобусы	4,0
Микроавтобусы	1,5
Мотоциклы и мопеды	0,5
Велосипеды	0,3

Рис. 1. Коэффициенты приведения интенсивности

Согласно ГОСТ 33062 МФЗ должна быть оборудована следующими объектами инфраструктуры:

– парковка;
– АЗС с различными видами топлива;
– место для организованного приема пищи (кафе, ресторан и др.);
– пункт торговли (мини-маркет и др.), размещаемые отдельно или в составе пункта питания;
– площадку отдыха;
– площадку самообслуживания с обязательным устройством поста для проверки давления воздуха в шинах транспортных средств, а также их подкачки;
– санузлы;
– мусоросборники;
– устройства связи и иные коммуникационные системы (телефон(ы), Wi-Fi и др.).

В целом МФЗ на дорогах общего пользования имеют большую важность в связи с ростом автомобилизации. Они обеспечивают безопасность дорожного движения, комфорт водителей, поддержку логистики и экономики региона.

Список использованных источников

1. Ильин, С. В. Национальный Стандарт Российской Федерации. Многофункциональные зоны дорожного сервиса. Требования к размещению и обустройству / С. В. Ильин, Ю. А. Рюмин. – М., 2018. – С. 7.

2. Стандарт организации дорожного сервиса / И. Д. Лашаков, О. В. Бахошко, Е. О. Погребняк и др. – С. 46–47. – URL : https://krudor.ru/upload/iblock/8a4/5vsqy09ucphi08p58r2re7gjr51905xq.pdf

3. Матвеева, И. В. Многофункциональные зоны дорожного сервиса как фактор повышения комфортности автомобильных дорог / И. В. Матвеева, В. Д. Климов, В. А. Носов // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы 6 Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летнему юбилею Института архитектуры, строительства и транспорта ТГТУ, Тамбов, 22 – 25 мая 2019 года. – Тамбов : Издательство Першина Р. В., 2019. – С. 468 – 472.

4. Матвеева, И. В. Многофункциональные зоны дорожного сервиса в структуре автомобильных дорог Тамбовской области / И. В. Матвеева, В. Д. Климов, В. А. Носов // Актуальные проблемы городского строительства : сб. тр. Всерос. науч.-техн. конф., Пенза, 29–30 января 2019 года ; под ред. А. В. Гречишкина. – Пенза : Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2019. – С. 130 – 136.

5. ООО «Автодор-Девелопмент» Многофункциональные зоны дорожного сервиса. – 2022. – С. 4. – URL : https://arzcrp.ru/wp-content/uploads/2022/09/prezentatsiya-avtodor-2.pdf

6. ОДМ 218.2.020–2012. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. – URL : https://docs.cntd.ru/document/1200092512/titles/7DO0KA

УДК 656.01
73.31.21: Автотранспортные предприятия, автостанции, автовокзалы, гаражи, автостоянки

АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОБЪЕКТАМИ ДОРОЖНОГО СЕРВИСА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Лямин Денис Олегович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
email: lyamin.2001@mail.ru

Андрианов Константин Анатольевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук доцент, заведующий кафедрой «ГСиАД»
email: konst-68@yandex.ru

Тамбовская область располагается посередине умеренного пояса в центре Русской равнины, занимая большую часть Окско-Донской низменности и западные отроги Приволжской возвышенности и входит в зону Центрально-Черноземного района. Средняя высота Окско-Донской равнины составляет 139 м над уровнем моря. Центральные и северо-восточные районы области имеют наклон на север, а остальные районы – на юг и юго-запад. Тамбовская область включает в себя 7 городов областного значения и 23 района.

Выгодное расположение территории Тамбовской области обусловлено следующими факторами (рис. 1):

– центральностью положения на территории Российской Федерации между важнейшими экономическими районами;

– наличием высокоразвитых близлежащих субъектов Российской Федерации.



Рис. 1. Территориальное положение Тамбовской области в Центральном федеральном округе

Через границы Тамбовской области проходят следующие автомобильные дороги:

– Р-22 «Каспий» автомобильная дорога общего пользования федерального значения «Дон» – Тамбов – Борисоглебск – Волгоград – Астрахань (232 км);

– основные территориальные (областные) дороги:

1Р208 «Тамбов – Пенза» (121 км);

1Р193 «Воронеж – Тамбов» (106 км);

1Р119 «Тамбов – Липецк – Елец – Ливны – Орел» (88 км)

1Р209 «Северный обход» (42 км);

1Р209 «Южный обход» (16 км).

Для области так же значим выезд из г. Тамбова по Моршанскому шоссе на автомобильную дорогу «Тамбов – Моршанск – Шацк», как выход на автомагистраль М5 «Урал» – автомобильная дорога федерального значения «Москва – Рязань – Пенза – Самара – Уфа – Челябинск».

Все автомобильные дороги, в том числе и федеральные, взаимосвязаны между собой и представляют единую транспортную сеть области. Все автомобильные дороги, связывающие Тамбов с другими городами, имеют твердое покрытие. Плотность автомобильных дорог с твердым покрытием составляет 295 км/1000 км^2 (2021г.). Протяженность автомобильных дорог общего пользования на территории Тамбовской области составляет 10 124,8 км, из них федерального значения – 612 км, регионального значения – 2056 км, муниципального значения – 7456,8 км. Автодороги характеризуются шириной проезжей части 6…7 м и шириной земляного полотна 10…12 м.

На территориальных автомобильных дорогах области находятся 273 мостовых сооружений общей протяженностью 11898 п.м., в том числе деревянных мостов общей протяженностью 65п.м. Мосты на основных дорогах железобетонные грузоподъемностью 40 – 80 т, на прочих дорогах встречаются деревянные мосты грузоподъемностью 7…10 т. Пропускная способность сети автомобильных дорог – от 2500 до 5500 автомобилей в сутки [1, 2].

Дорожная сеть Тамбовской городской агломерации, в которую входят автомобильные дороги федерального, регионального значения и города Тамбова включает 85% дорог в нормативном состоянии [3]. По плотности железнодорожных путей Тамбовская область занимает 19 место по России, по плотности автомобильных дорог общего пользования – 25 место [4].

На текущий момент имеется информация о наличии 249 АЗС в Тамбовской области, из них 49 на трассах федерального значения 1Р – 193, 1Р – 22, 1Р – 208. На данных трассах не имеется ни одной многофункциональной зоны дорожного сервиса.

Неравномерное развитие транспортной инфраструктуры в регионе создает препятствия для формирования единого экономического пространства страны. Автомобильные дороги Тамбовской области, являясь ключевым элементом транспортно-коммуникационной системы, оказывают значительное влияние на экономическое и социальное развитие региона. Существующее состояние дорожной инфраструктуры не соответствует современным социально-экономическим потребностям.

Важным фактором, который влияет на состояние автомобильных дорог, является «недоремонт» автомобильных дорог, который накапливался с годами. Так, для климатической зоны, в которой находится наш город, межремонтный срок проведения капитального ремонта автодорог составляет 10 – 12 лет. Для выполнения данных условий необходимо ежегодно капитально ремонтировать примерно 10% от общей площади автомобильных дорог [5, 6].

В области на автомобильный транспорт приходится 29 % пассажирооборота (2021 г.), роль в грузообороте невелика из-за коротких расстояний перевозок – 2 %. Автомобильным транспортом перевезено 16,4 млн т грузов (2021 г.; 0,3 % от РФ; в 2020 г. – 18,5 млн т, в 2015 г. – 20,7 млн т, в 2005 г. – 11,3 млн т); грузооборот 1465 млн т-км (0,5 % от РФ; в 2020 г. – 1485 т-км, в 2015 г. – 1766 млн т-км, в 2005 г. – 507 млн т-км). Автобусами перевезены 54,7 млн человек (202 г.1; 0,7 % от РФ; в 2020 – 58,5 млн человек, в 2015 – 108 млн человек, в 2005 г. – 78,7 млн человек), пассажирооборот составляет 757 млн пассажиро-км (2021 г.; 0,7 % от РФ; в 2020 г. – 751 пассажиро-км, в 2015 г. – 1268 пассажиро-км, в 2005 г. – 832 пассажиро-км). Число автобусов общего пользования на 100 тыс. жителей – 88 (54-е место в РФ).

Автодорожная сеть на территории Тамбовской области сформировалась под влиянием территориальной организации расселения населения, хозяйства и его отраслевой структуры, исторических и природно-климатических особенностей территории.

Ниже приведен анализ оценки обеспеченности транспортной инфраструктурой придорожной полосы федеральной дороги Р – 22 «Каспий» в Тамбовской области.

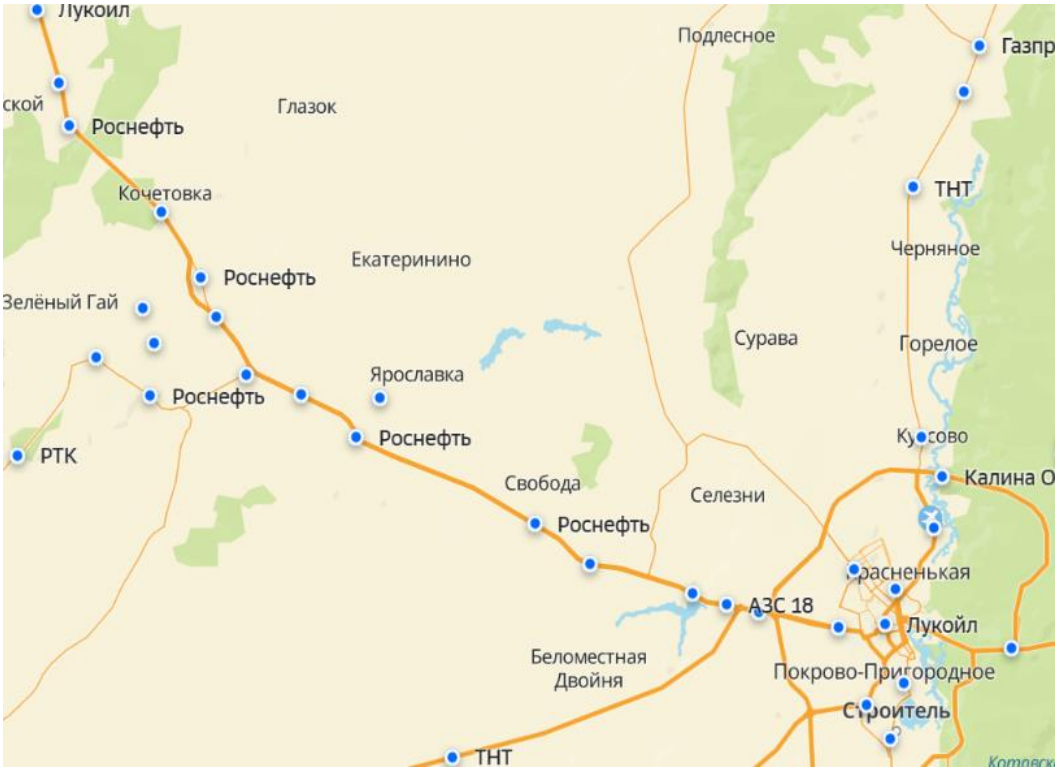


Рис. 2. Схема размещения придорожных автозаправочных станций (АЗС) на трассе Р – 22 «Каспий» в Тамбовской области

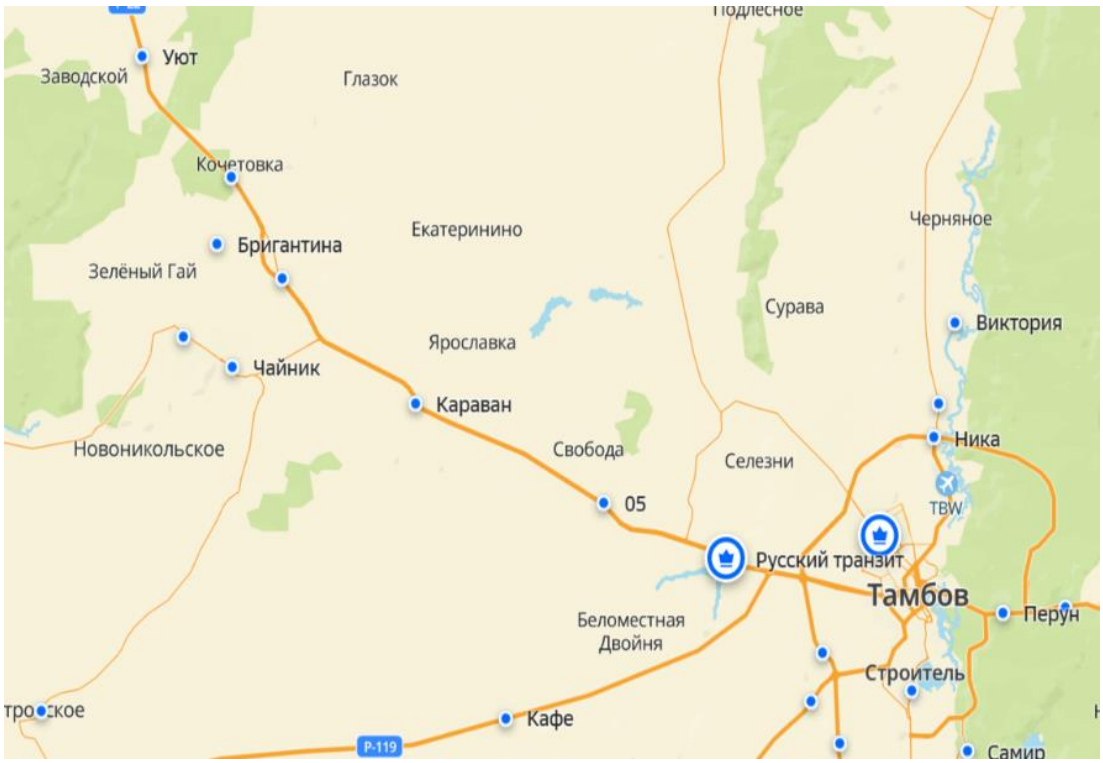


Рис. 3. Схема размещения придорожных кафе на трассе Р – 22 «Каспий» в Тамбовской области

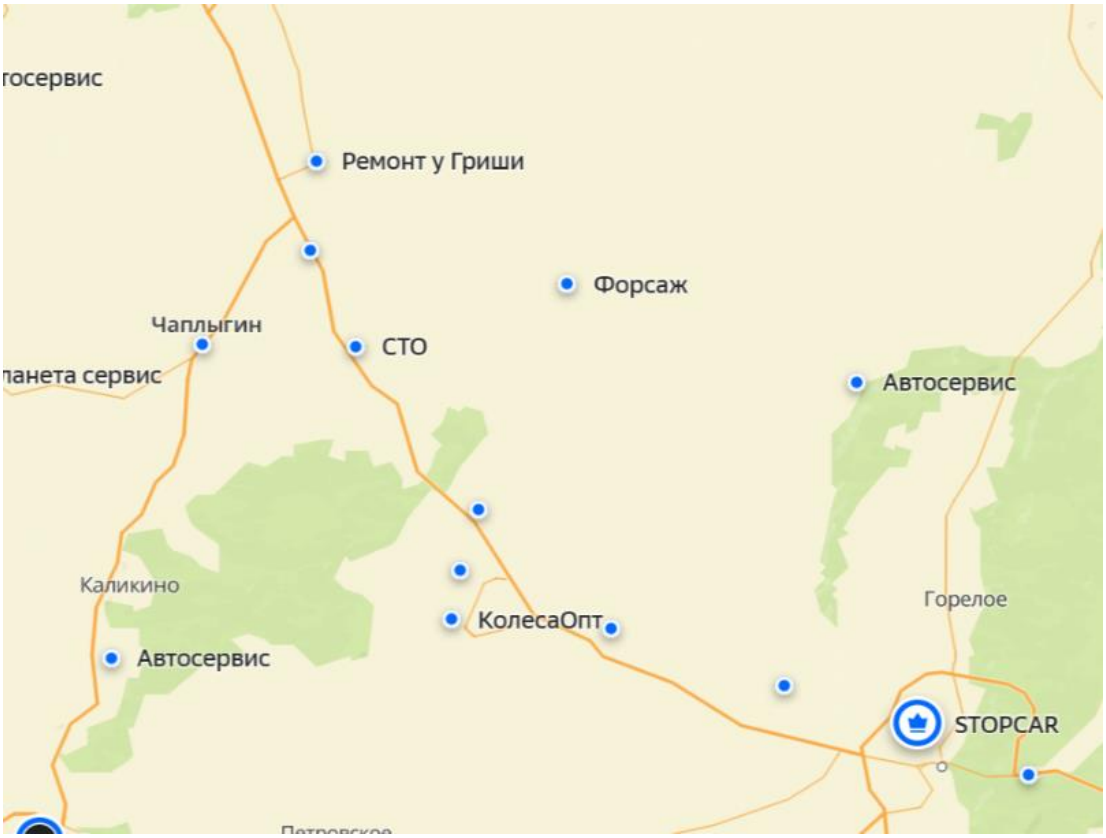


Рис. 4. Схема размещения придорожных станций технического обслуживания (СТО) на трассе Р – 22 «Каспий» в Тамбовской области

На трассе Р – 22 в Тамбовской области в сторону г. Москва находятся 13 АЗС, 6 предприятий питания, 1 СТО, которая не предназначена для обслуживания грузовых транспортных средств.

Объединение объектов дорожного сервиса в единую многофункциональную зону требует от предпринимателей значительных вложений: затраты на строительство, оснащение, подведение коммуникаций, организацию стоянки, дорожного движения, оборудование для автосервиса и т. д. В связи с этим инвесторы предпочитают вкладывать средства в отдельные объекты (СТО, автомойки, АЗС, пункты питания), а не в МФЗ. Допол-

нительные сложности связаны с приобретением земли, длительными процедурами согласования строительства и оформления документов, что снижает инвестиционную привлекательность развития придорожной инфраструктуры. Однако, создание МФЗ на трассах позволит: обеспечить комфорт для жителей и гостей региона; создать новые рабочие места; улучшить культурные и торговые связи между регионами.

Список использованных источников

1. Система обмена туристской информацией. – URL : https://nbcrs.org/regions/tambovskaya-oblast/avtomobilnyy-transport.

2. Матвеева, И. В. Многофункциональные зоны дорожного сервиса в структуре автомобильных дорог Тамбовской области / И. В. Матвеева, В. Д. Климов, В. А. Носов // Актуальные проблемы городского строительства : сб. тр. Всерос. науч.-техн. конф., Пенза, 29–30 января 2019 года ; под ред. А. В. Гречишкина. – Пенза : Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2019. – С. 130 – 136.

3. Правительство Тамбовской области. Управление организации проектной деятельности. – 2025. – URL : https://www.tambov.gov.ru/strateg/news/za-2025-2030-gody-na-razvitie-seti-tambovskih-dorog-planiruetsya-napravit-26-5-mlrd-rublej.html3.

4. ТАМБОВСКАЯ ГОРОДСКАЯ ДУМА ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ. О Программе комплексного развития транспортной инфраструктуры городского округа – город Тамбов. – 2019. – URL : https://docs.cntd.ru/document/561678608

5. Матвеева, И. В. Многофункциональные зоны дорожного сервиса как фактор повышения комфортности автомобильных дорог / И. В. Матвеева, В. Д. Климов, В. А. Носов // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы 6 Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летнему юбилею Института архитектуры, строительства и транспорта ТГТУ, Тамбов, 22 – 25 мая 2019 года. – Тамбов : Издательство Першина Р. В., 2019. – С. 468 – 472.

6. Администрация города Тамбова Тамбовской области. Об утверждении Программы комплексного развития транспортной инфраструктуры городского округа – город Тамбов на 2017 – 2027 годы. – 2017. – URL : https://docs.cntd.ru/document/553351099

УДК 625.748.32
67.01.05: Материалы общего характера

ПРОБЛЕМЫ ПОДБОРА ШУМОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ В ГОРОДСКОЙ ЧЕРТЕ

Макаров Александр Михайлович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Городское строительство и автомобильные дороги»
e-mail: *sascha_68@rambler.ru*

Ермаков Константин Игоревич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», аспирант
e-mail: *konstantin.ermakov2012@yandex.ru*

Шумозащитный экран – протяженная линейная конструкция, представляющая собой искусственную преграду, устанавливаемую на пути распространения звуковой волны от транспортных средств и работающей техники к защищаемому объекту гражданской инфраструктуры. Ширина и толщина конструкции сильно меньше ее высоты. Шумозащитные экраны состоят, как правило, из железобетонного мелкозаглубленного фундамента и шумозащитного полотна, закрепленного на сварном или клепанном каркасе.

Выбор и разработка конструкции применяемых шумозащитных экранов осуществляется на этапе проектирования при разработке раздела «Охрана окружающей среды», а используемые материалы указываются в том числе в разделе «Технологические и конструктивные решения линейного объекта. Искусственные сооружения». В соответствии с Федеральным законом [1] защитные дорожные сооружения являются технологической частью дороги, однако, это правило не работает в отношении временных шумозащитных экранов, являющихся частью элементов строительной площадки.

В общем шумозащитные мероприятия разделяют на два основные типа [2 – 6]:

– пассивные;
– активные.

Пассивными шумозащитными мероприятиями считаются те, которые способствуют общему снижению шумового воздействия без значительных капиталовложений, но с внесением изменений в проект, в том числе перенаправление транспортных потоков, проектирование и строительство объектов дорожного сервиса и прочее.

Оценочная эффективность шумозащитных мероприятий приведена в табл. 1.

1. Оценочная эффективность пассивных шумозащитных мероприятий

Наименование пассивного мероприятия	Теоретическая оценка снижения уровня звука
Трассирование автомобильной дороги на удалении от нормируемых объектов (защита расстоянием)	До 3 дБА при каждом удвоении расстояния (от 3 дБА при расстоянии до 25 м до 15 дБА при расстоянии 400 м)
Учет существующего рельефа местности (прохождение автомобильной дороги в выемках, на холмистой местности и пр.)	До 5 дБА (при прохождении автомобильной дороги в выемке высотой до 2 м) и до 12 дБА (при прохождении автомобильной дороги в выемке высотой до 5 м)
Экранирование существующими постройками (зданиями, сплошными ограждениями и пр.)	До 18 дБА
Устройство участка автомобильной дороги в тоннеле	До нормативных значений
Сохранение существующих зеленых насаждений, соответствующих рекомендациям	До 5 дБА
Ограничение скорости движения	До 2 дБА
Применение в качестве дорожного покрытия малошумного асфальтобетона	До 3 дБА

При ремонтных работах применением пассивных защитных мероприятий возможно лишь в ряде случай, например, при наличии в пределах строительного городка большого объема зданий и сооружения, служащих для расположения в них техники, рабочих и инструментов. В таком случае защитными сооружениями выступают именно эти постройки, однако, ввиду особенностей производства работ на линейном сооружении, для обеспечения должной защиты от шума необходимо регулярно перевозить эти самые постройки, что невозможно. Использование в качестве шумозащитных мероприятий существующих лесных насаждений возможно, но малоэффективно (как видно из табл. 1).

Таким образом, обратимся к активным шумозащитным мероприятиям, которые представляют собой дополнительные шумозащитные конструкции (капитальные или временные), устраиваемые на фундаментах либо на передвижных площадках, а также земляные валы и прочие возводимые сооружения, способствующие отражению или поглощению звуковой волны.

Оценочная эффективность активных шумозащитных мероприятий [2] приведена в табл. 2.

2. Оценочная эффективность активных шумозащитных мероприятий

Наименование активного мероприятия	Теоретическая оценка снижения уровня звука
Посадка шумозащитных зеленых насаждений	До 5 дБА
Устройство земляных (грунтовых) валов или шумозащитных выемок	До 5 дБА (при высоте конструкции до 2 м над проезжей частью) и до 15 дБА (при высоте конструкции до 5 м над проезжей частью)
Устройство шумозащитных:	
– экранов	До 20 дБА
– галерей	До нормативных значений
Звукоизолирующее остекление	До 10 дБА (на нормируемой территории) и до нормативных значений внутри нормируемых помещений)

Как видно из таблицы выше, применение вновь высаженных зеленых насаждений также неэффективно, как и в случае с использованием существующих деревьев и кустарников. Также в условиях городской застройки крайне сложно обеспечить необходимую густоту мелколесья для обеспечения достаточных шумозащитных показателей.

Применение земляных валов в городах невозможно, тем более в качестве временных сооружений, ввиду больших объемов работ и площадей отводимых земель. Наиболее практичными и эффективными являются шумозащитные экраны, выполненные как на капитальном, так и на временной фундаменте с применением различных конструкций.

Шумозащитные экраны, согласно нормативной документации [2], устанавливаются в тех случаях, когда уровень шума на некотором удалении от места производства работ значительно превышает нормативные значения. Технические требования к подобного рода сооружениям, а также рекомендации к расчету приведены в СП 276.1325800.2016, ГОСТ 31295.2–2005.

Шумозащитные экраны, устраиваемые вокруг площадки производства работ, классифицируются по следующим признакам:

– физическому принципу снижения шума;
– конструктивному решению верхней части;
– материалу шумозащитных панелей;
– типу фундамента;
– области применения.

В зависимости от принципа защиты от шумового воздействия экраны можно разделять на: отражающие и поглощающие. Отражающие шумозащитные экраны работают по принципу отражения (преломления) звуковой волны в сторону объекта распространения шума. Подобного рода шумозащитные экраны обладают, как правило, низким весом, простотой монтажа и низкой стоимостью.

Второй тип, экраны, поглощающие или отражающе-поглощающие, работают по принципу рассеивания звуковой волны внутри конструкции экрана путем множественного отражения звуковых волн от материла наполнителя (рис. 1).

В зависимости от применяемых материалов выделяют шумозащитные экраны, выполненные из металла, прозрачные (закаленное стекло, поликарбонат), бетонные, деревянные, композитные, щепобетонные, комбинированные (из частей, выполненных из разнородных материалов).

Критерием отнесения конкретных шумозащитных экранов к отражающе-поглощающим является наличие поглощающих [2] свойств конструкции с коэффициентом звукопоглощения не менее 0,3, подтвержденным протоколами испытаний сертифицированной лаборатории.

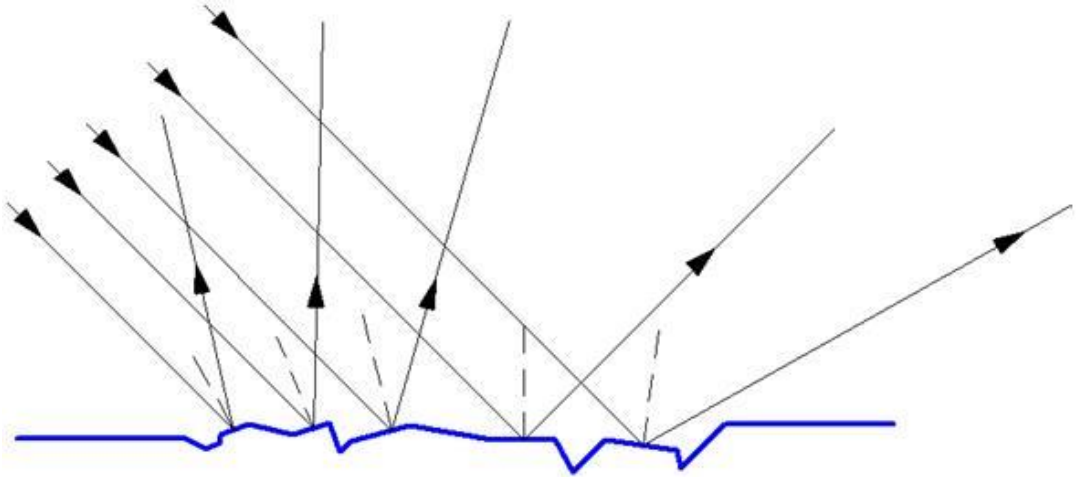


Рис. 1. Отражение звуковой волны от шероховатой поверхности

На рисунке 2 приведены самые распространенные формы шумозащитных экранов в поперечном разрезе.

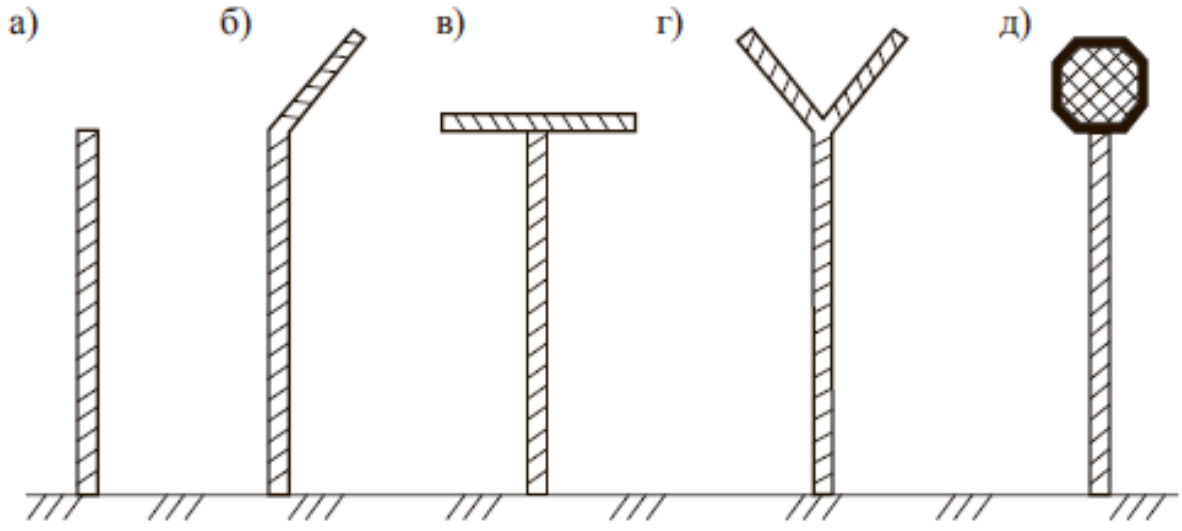


Рис. 2. Формы шумозащитных экранов (поперечный разрез):
а – экран без надстройки верхней граничной поверхности; *б* – то же, с надстройкой в виде наклонного козырька;
в, г, д – то же, с надстройкой в виде соответственно двойного горизонтального козырька,
двойного наклонного козырька, протяженной звукопоглощающей конструкции

По типу фундамента конструкции шумозащитные экраны в целом разделяют на:

– экраны с фундаментами глубокого заложения (свайные);
– экраны с фундаментами мелкого заложения (ленточные, сборно-монолитные или монолитные);
– экраны без капитального фундамента (самонесущее основание, защищенное от опрокидывания (рис. 3).

Само шумозащитное полото для обеспечения требований по звуковому воздействию может быть установлено на искусственных сооружениях (стойках дорожных знаков, опорах мостов и т.д.), однако, конструкции не должны перекрывать необходимую информацию, расположенную на элементах дорожного сервиса.

При использовании в городах наиболее актуальными являются шумозащитные экраны, расположенные на передвижных площадках (рис. 3), не требующие устройства капитального фундамента, тем самым увеличивая скорость производства работ (возможность перемещения экранов вдоль захватки) и снижая ее стоимость.

При производстве работ по ремонту по полосам движения рекомендуется оставлять не менее 0,5 м от оси разметки проезжей части действующей полосы до шумозащитного экрана с устройством знаков 3.24 «Ограничение максимальной скорости 20 км/ч» и знаков 8.22.1, 8.22.2 и 8.22.3 под названием «Препятствие».

В стесненных условиях или при высоких интенсивностях дорожного движения шумозащитные панели необходимо защищать от падения специальными удерживающими устройствами – проволочными тросами либо другими приспособлениями. Требуемая удерживающая способность должна составлять не менее четырехкратного веса элемента с 20% его увлажнением. Удерживающие тросы располагают по четырем углам каждой панели или по двум верхним углам, либо с внутренней стороны конструкции с последовательным закреплением на существующие несущие элементы.



Рис. 3. Общий вид временного шумозащитного экрана

В местах скопления людей на территории, примыкающей к шумозащитному экрану (автобусные остановки, пешеходные переходы, тротуары, магазины и т.д.), рекомендуется применять в составе экрана панели с прозрачными вставками и антивандальным покрытием.

По возможности, элементы обустройств автомобильных дорог располагают с внешней стороны шумозащитного экрана, либо дублируют их в виде временных исполнений.

При выборе конструкции шумозащитного экрана обращают внимание на: общий вес и стоимость конструкции, шумопоглощающие и отражающие характеристики, наличие (отсутствие) бликов конструкции, долговечность материалов. Исходя из вышеперечисленных требований наиболее предпочтительными являются композиционные слоистые шумозащитные экраны, высотой, определенной расчетом на опрокидывания. Возможно использование ограждения как в стальной (рис. 4), так и в деревянной или композитной оболочке.

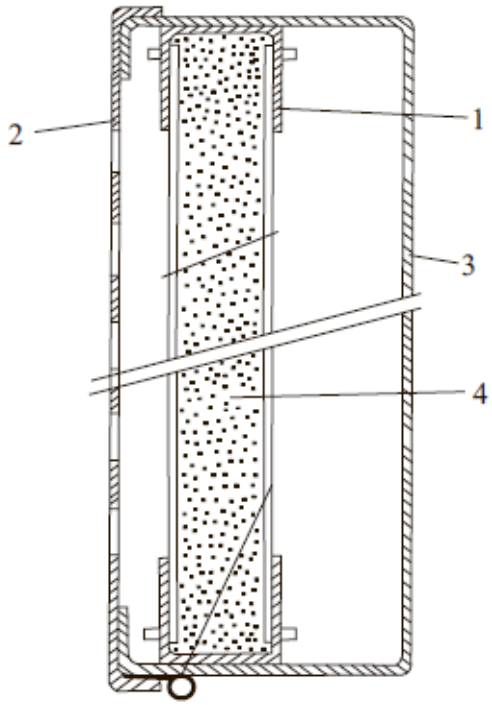


Рис. 4. Пример исполнения металлической шумозащитной панели:
1 – несущий каркас; *2* – передняя облицовка; *3* – задняя облицовка; *4* – звукопоглощающее наполнение

Акустические характеристики панелей экранов рекомендуется определять акустическими расчетами на стадии разработки проектной документации в разделе 7 проектной документации в соответствии с постановлением [1]. При расчетах необходимо учитывать повышенное шумовое воздействие от дорожной строительной техники (дорожная фреза, асфальтоукладчик, вибрационные катки) с возможным включением дополнительных прослоек материалов сверх расчета. В том числе необходимо обеспечить 10-ти или 20-ти кратную оборачиваемость применяемых конструкций для обеспечения экономической эффективности шумозащитных экранов.

Список использованных источников

1. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные Российской Федерации : федер. закон Российской Федерации от 8 ноября 2007 г. № 257-ФЗ.

2. ОДМ 218.8.011–2018. Методические рекомендации по определению характеристик и выбору шумозащитных конструкций автомобильных дорог.

3. Ботов, Д. Н. Особенности проектирования шумозащитных экранов в сложившейся городской среде провинциальных городов / Д. Н. Ботов, О. А. Медведева, В. И. Леденев // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы X-й Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 45-летию Института архитектуры, строительства и транспорта ТГТУ, Тамбов, 13–14 июня 2024 года. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2024. – С. 21 – 24.

4. Гребенкин, А. М. Проектирование шумозащитных экранов как многофакторный процесс их интегрирования в среде городской застройки / А. М. Гребенкин, Е. В. Гребенкина, С. В. Баженов // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., Тамбов, 20 – 22 сентября 2021 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2021. – С. 196-199.

5. Проблемы и задачи снижения шума на межмагистральных территориях провинциальных городов / О. А. Жоголева, А. С. Латышев, В. И. Леденев, А. А. Сергеева // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы 6 Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 40-летнему юбилею Института архитектуры, строительства и транспорта ТГТУ, Тамбов, 22 – 25 мая 2019 года. – Тамбов : Издательство Першина Р. В., 2019. – С. 268 – 272.

6. Гребенкин, А. М. Морфология шумозащитных экранов и ее влияние на процесс их интеграции в городской среде / А. М. Гребенкин, Е. В. Гребенкина, И. Л. Шубин // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2016. – № 1(13). – С. 60 – 67.

УДК 629.3.01
39.33-01: Теория автомобиля

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ РАЗГОНА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ ПОМОЩИ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Наместников Никита Сергеевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта»
e-mail: *namestnikov-nikita@mail.ru*

Хольшев Николай Васильевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта»
e-mail: *xhb@live.ru*

Глазков Владислав Юрьевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», студент кафедры «Информационные системы и защита информации»
e-mail: *vglazkov2003@mail.ru*

Букина Маргарита Александровна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», студент кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств»
e-mail: *mangle.fazber@bk.r*

Совершенство любого транспортного средства может быть оценено набором эксплуатационных свойств. Одним из таких свойств является время разгона транспортного средства до заданной скорости, данный параметр относится к тягово-скоростным свойствам автомобиля. Проведенный анализ способов расчета данного показателя показал, что имеющиеся методики достаточно трудоемки при расчетах. Наиболее универсальным, на наш взгляд, является графоаналитический метод, точность которого достаточна и может корректироваться. Снизить трудоемкость расчетов можно применением новых методов расчета и использованием цифровых технологий [1].

Для того чтобы использовать графоаналитический метод расчета времени разгона необходимо иметь графики ускорений транспортного средства, по которым строятся графики обратных ускорений – величина обратная ускорению для всех частот вращения коленчатого вала на каждой передаче

Обратные ускорения находят по формуле:

$$J^{i}_{\text{об}(j)} = \frac{1}{J^{i}_{(j)}}, \text{ с}^2/\text{м}, \quad (1)$$

где $J^{i}_{(j)}$ – ускорение автомобиля на *i*-той передаче при *j*-той частоте вращения коленчатого вала, м/с^2.

Для нахождения времени разгона автомобиля определяются графоаналитическим способом принимают, что муфта сцепления включена и не пробуксовывает, а дроссельная заслонка открыта полностью (рейка топливного насоса установлена на полную подачу у дизеля). Затем строят кривую обратных ускорений (рис. 1). Построение производят до скорости, определяемой из соотношения [2]:

$$V_{\text{a}}^{\text{p}} = (0{,}8...0{,}95)V_{\max}, \text{ км/ч}, \quad (2)$$

После построения находят точки пересечения кривых обратных ускорения (точки A, B, C, E, F, G, H и L), соединяют начало координат с первой точкой кривой обратного ускорения на первой передаче. Если кривые не пересекаются, то из конца низшей кривой проводят вертикаль до пересечения с кривой следующей передачи. Для найденных точек определяют значения скорости и заносят их в таблицу. Площадь фигуры ABCEFGHL определяет величину времени разгона автомобиля. Площадь данной фигуры *S* может быть определена как:

$$S = S_0 + S_1 + ... + S_u, \quad (3)$$

где $S_0...S_u$ – площади фигур, составляющих площадь фигуры ABCEFGHL.

Площадь фигур $S_1...S_u$ может быть найдена либо при помощи графических чертежных программ, либо графическим интегрированием в ручную. Следует отметить, что в обоих случаях это достаточно трудоемко, а во втором случае еще и имеет место быть большая вероятность ошибки.

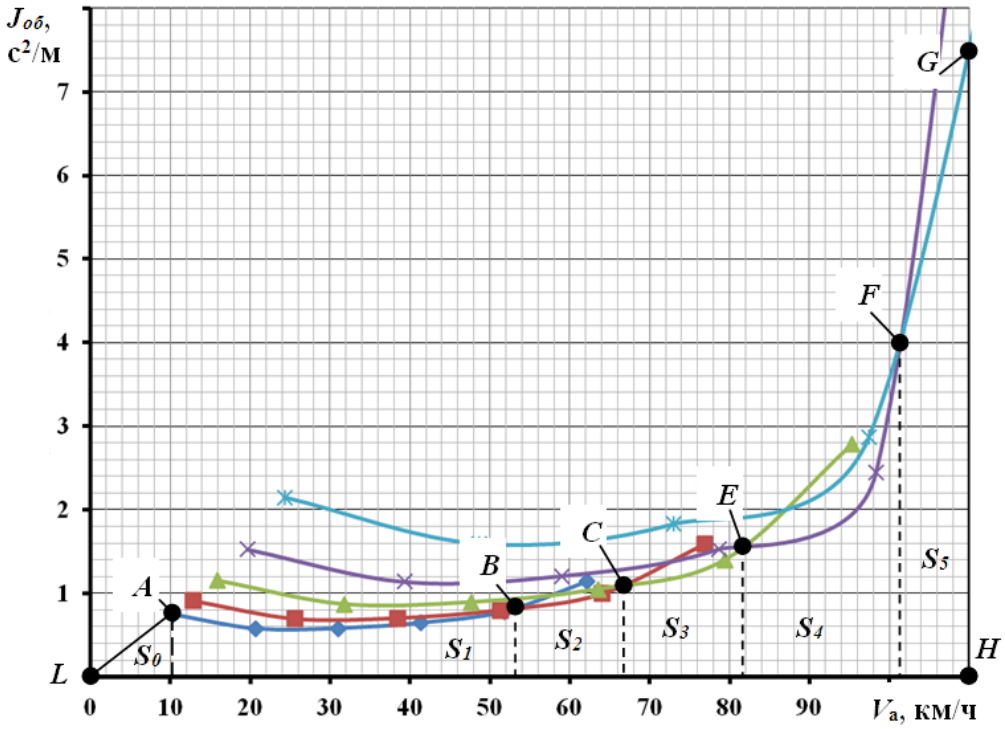


Рис. 1. Примерный вид графика обратных ускорений при разгоне автомобиля

Для определения площади графическим интегрированием необходимо дополнительно каждую из фигур площадью $S_1 ... S_u$ разбить на m фигур площадью ΔS с основанием ΔV_u^m. При этом интервалы скоростей принимают равными для низших передач – 2...3 км/ч, промежуточных – 5...10 км/ч, высших – 10...15 км/ч. Считается, что в каждом интервале скоростей разгон происходит с постоянным ускорением [2, 3]. Полученные значения площадей участков заносятся в таблицу.

Общее время разгона машины на k передачах без учета замедления при переключении передач складывается из времени t_0, затрачиваемого на разгон машины до минимальной скорости на первой передаче, времени разгона $t_{сум}$ на всех передачах и времени $t_{пп}$, затрачиваемого на переключение передач:

$$t_{разг} = t_0 + t_{сум} + t_{пп}, \quad (4)$$

где t_0 – время, затрачиваемое на разгон машины до минимальной скорости на первой передаче, с; $t_{сум}$ – суммарное время разгона на всех передачах, с; $t_{пп}$ – время, затрачиваемое на переключение передач, с.

Время t_0 может быть определено либо по соответствующей площади (S_0), либо по выражению:

$$t_0 = \frac{V_{a\,min}}{3{,}6 J_{ср}}, \quad (5)$$

где $V_{a\,min}$ – минимальное значение скорости на первой передаче, км/ч; $J_{ср}$ – среднее значение ускорения, м/с^2.

$$J_{ср} = \frac{J_{min}}{2}, \quad (6)$$

где J_{min} – значение ускорения на первой передаче соответствующее минимальной скорости, м/с^2.

Время, затрачиваемое на переключение передач, рассчитывается по выражению:

$$t_{пп} = (k-1) \cdot t_п, \quad (7)$$

где $t_п$ – время переключения передачи, с; k – количество передач.

Время переключения передачи для легковых автомобилей можно принять равным – 0,8...1,0 с, для грузовых и автобусов – 1,5...3,0 с [3].

Суммарное время разгона на всех передачах определиться по выражению:

$$t_{сум} = \mu_t \sum_{u=1}^{u} S_u, \quad (8)$$

где μ_t – масштабный коэффициент времени, с/мм^2.

$$\mu_t = \frac{V_{\text{а}}^{\text{ф}} \cdot J_{\text{об}}{}^{\text{ф}}}{3{,}6 \cdot V_{\text{а}}^{\text{ш}} \cdot J_{\text{об}}{}^{\text{ш}}}, \qquad (9)$$

где $V_{\text{а}}^{\text{ф}}$ – цена деления шкалы скорости движения автомобиля, км/ч; $J_{\text{об}}{}^{\text{ф}}$ – цена деления шкалы обратного ускорения автомобиля, с^2/м; $V_{\text{а}}^{\text{ш}}$ – длина деления $V_{\text{а}}^{\text{ф}}$ шкалы скорости движения автомобиля, мм; $J_{\text{об}}{}^{\text{ш}}$ – длина деления $J_{\text{об}}{}^{\text{ф}}$ шкалы обратного ускорения автомобиля, мм.

По результатам расчетов строится график времени разгона автомобиля до заданной скорости.

Как видно, алгоритм расчета не сложен, но крайне трудоемок и требует неоднократных пересчетов при изменении входных параметров.

Наибольшую сложность здесь представляет расчет площади ограниченной кривыми обратных ускорений. Данную площадь можно найти «вручную» разбив данную фигуру на квадраты, нанеся на график вспомогательную сетку с заданным размером сторон и затем посчитать их количество. Другой вариант – использовать современные компьютерные программы, позволяющие вычислять площадь произвольной фигуры, например Компас 3D. Такие варианты нахождения площади дают приемлемую точность, но трудоемки в исполнении даже с применение соответствующих компьютерных программ.

Еще одним вариантом нахождения площади, ограниченной кривой, является нахождение определенного интеграла заданной функции на заданном интервале. При высокой точности сложность его применения в нашем случае заключается в произвольном виде кривых и необходимости их аппроксимации перед расчетом, что также дает погрешность и увеличивает время вычислений, а также усложняет процесс автоматизации расчетов данных параметров.

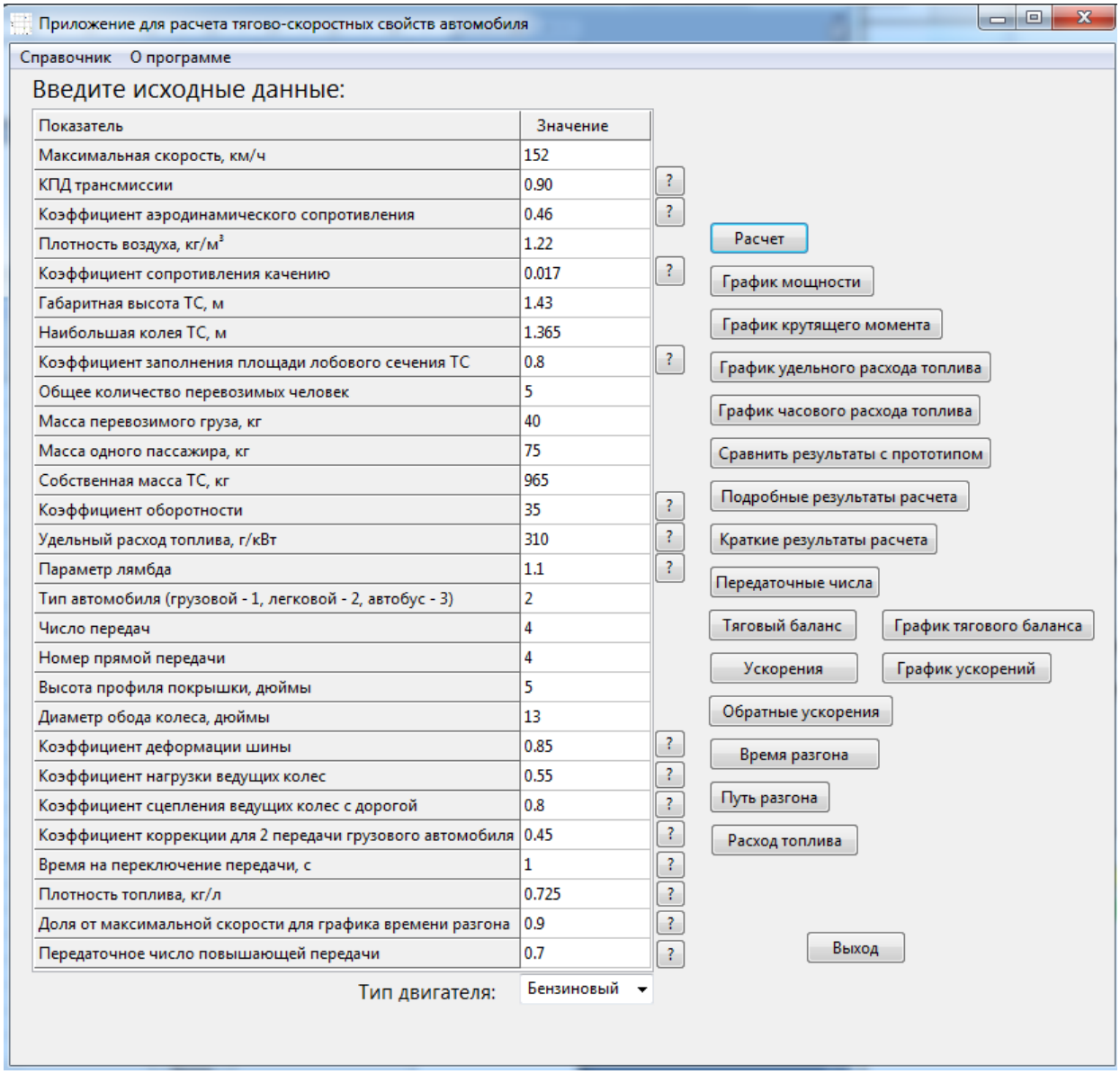


Рис. 2. Скриншот главного окна программы после выполнения расчетов

Для облегчения и повышения точности расчетов данной площади и времени разгона на кафедре «Техника и технологии автомобильного транспорта» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» был предложен способ нахождения данной площади через координаты точек кривых обратных ускорений. Суть его алгоритма заключается в нахождении через координаты вершин фигур, на которые разбивается искомая площадь (прямоугольных треугольников и прямоугольников), длин сторон фигур и определении площади этих элементарных фигур по общеизвестным формулам из геометрии. Изменяя число точек информации можно получить различную точность расчета, добившись требуемой точности с минимальным объемом затрат ресурсов. Для реализации такого подхода было разработано специальное компьютерное приложение в среде программирования «Lazarus 2.0.2» на языке программирования «Object Pascal». Общий вид рабочего окна программы приведен на рисунке 2.

Для сравнения результатов расчета по типовой методике и при помощи разработанного приложения был решено произвести определение времени разгона до 100 км/ч по данным методикам для одного и того же автомобиля-прототипа.

Исходные были взяты по данным автомобиля ВАЗ-2103. Значения параметров были приняты равными [4]: максимальная скорость – 152 км/ч, коэффициент аэродинамического сопротивления – 0,46, КПД трансмиссии – 0,9, плотность воздуха – 0,725, габаритная высота ТС – 1,22 м, коэффициент сопротивления качению – 0,017, наибольшая колея ТС – 1.365, коэффициент заполнения площади лобового сечения ТС – 0,8, общее количество перевозимых человек – 5, массу перевозимого груза – 40 кг, массу одного пассажира – 75 кг, собственную массу ТС – 965, коэффициент оборотности – 35, удельный расход топлива – 310 г/кВт, параметр лямбда – 1,1, тип автомобиля – легковой, число передач КПП – 4, номер прямой передачи – 4, высота профиля покрышки – 5, диаметр обода колеса – 13, коэффициент деформации шины – 0,85, коэффициент нагрузки ведущих колес – 0,55, коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой – 0,8, время на переключение передачи – 1 с., плотность топлива -0,725 кг/л, доля от максимальной скорости для графика времени и пути разгона – 0,9. Время разгона до 100 км/ч – 17 секунд.

По приведенным данным был выполнен расчет тягово-динамических свойств автомобиля. В расчетах были приняты скорректированные передаточные числа трансмиссии: первая передача – 3,36, вторая – 2,13, третья – 1,44, четвертая – 1, передаточное число главной передачи – 3,28 [3]. На основании результатов расчета был построен график времени разгона данного транспортного средства по типовой методике (рис. 3).

По рисунку 3 было найдено время достижения данным автомобилем скорости в 100 км/ч, которое составило 22 секунды.

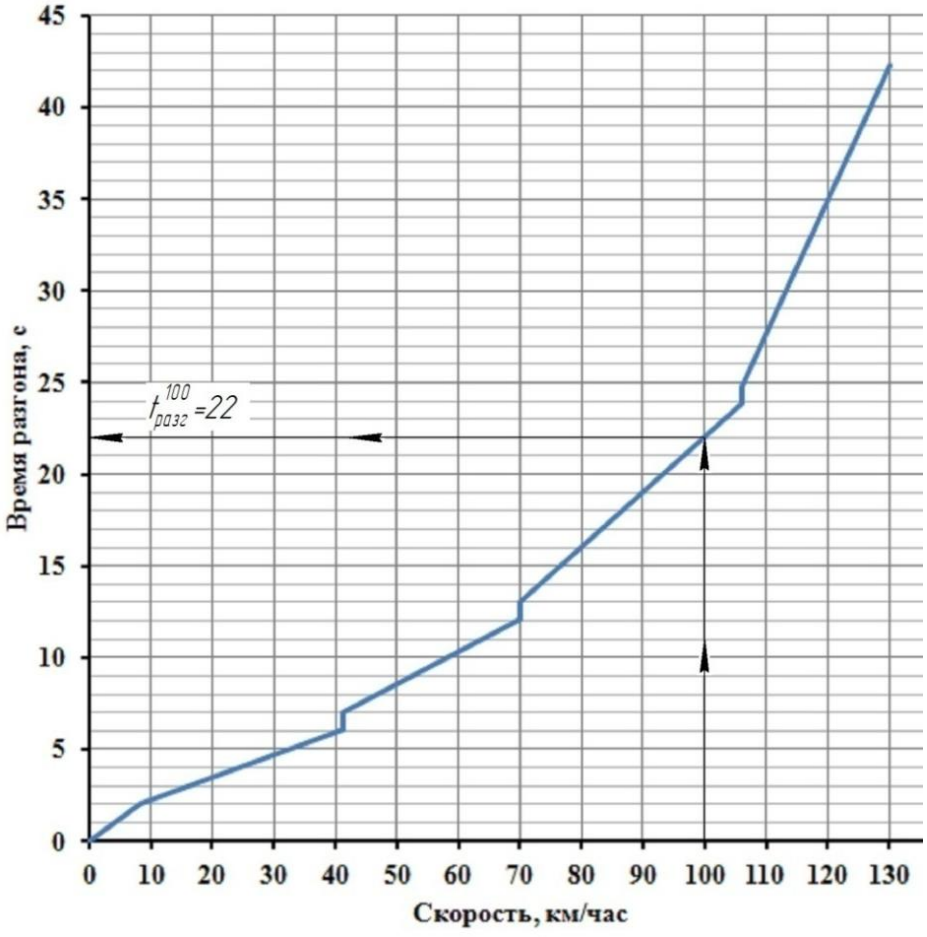


Рис. 3. График времени разгона автомобиля ВАЗ-2103, полученный по типовой методике [3]

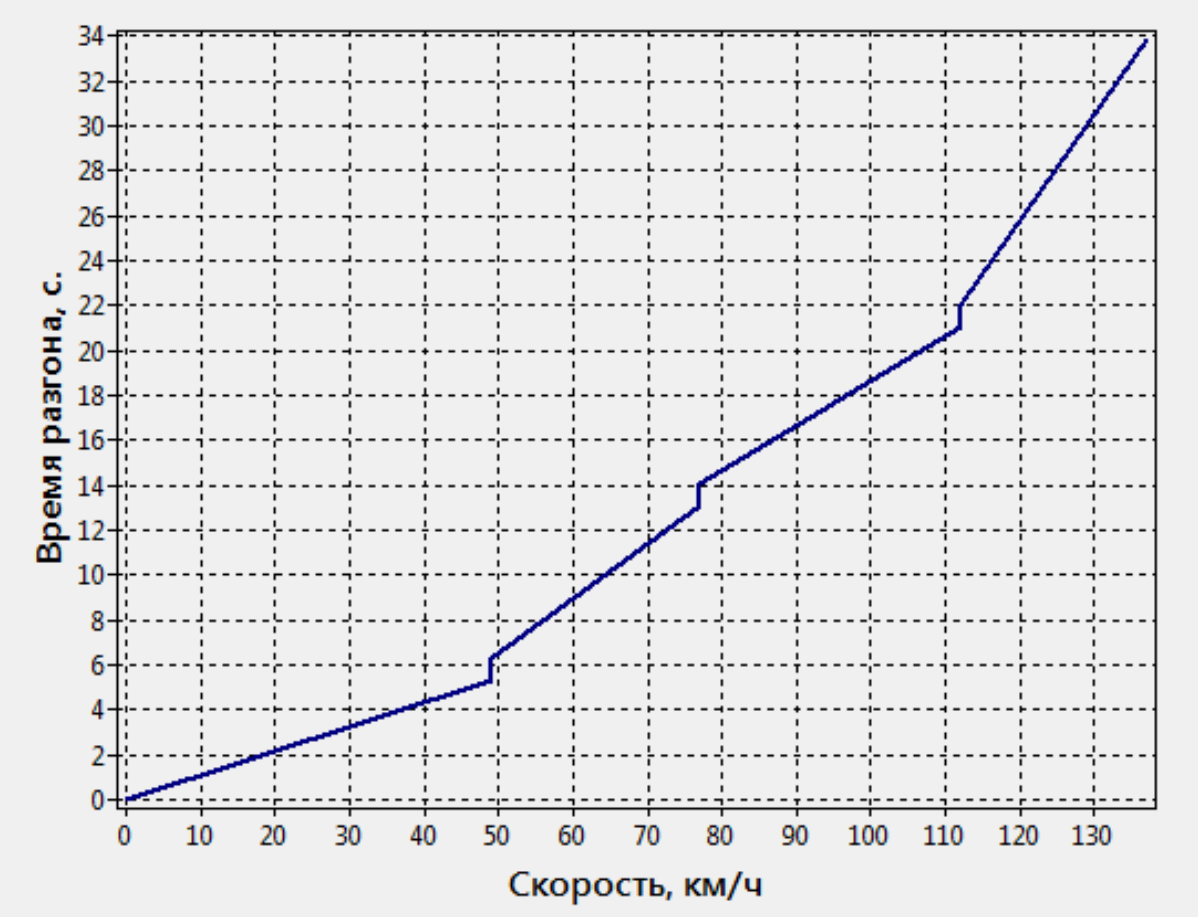


Рис. 4. График времени разгона автомобиля ВАЗ-2103, полученный в приложении

Затем был выполнен расчет по выбранным исходным данным при помощи разработанного приложения и также получен график времени разгона (рис. 4). Время разгона составило 18,5 с.

Таким образом, по типовой методике получено отклонение во времени разгона в 5 с. или превышение в 1,3 раза (больше на 29,41%), а по предложенной – 1,5 с. или превышение в 1,09 раза (больше на 8,82%). Данные результаты говорят о большей сходимости результатов расчета по предложенной методике с данными автомобиля прототипа и адекватности работы, разработанного приложения. Полученные результаты требуют дальнейшей проверки с помощью экспериментальных исследований. Одним из элементов расчета, требующих обоснования, является рациональный выбор скорости в момент переключения передач коробки перемены передач, определение этих значений станет направлением дальнейших теоретических исследований с помощью разработанного приложения с целью дальнейшего совершенствования методик расчета тягово-скоростных свойств автомобиля.

Список использованных источников

1. Глазков, Ю. Е. Интенсификация работы автотранспортных предприятий на основе использования информационных технологий / Ю. Е. Глазков, Т. И. Андреева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сб. науч. тр. по материалам междунар. заочной науч.-практ. конф. 2014 г., № 3, ч. 1 (8–1). – Воронеж : ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2014. – С. 260 – 267.

2. Буянкин А. В. Техника транспорта, обслуживание и ремонт [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов направления 190700.62. Технология транспортных процессов профилей подготовки 190701.62. Организация перевозок на автомобильном транспорте и 190709.62. Организация и безопасность движения / А. В. Буянкин. – Кемерово : КузГТУ, 2012.

3. Техника транспорта: тягово-динамический и топливно-экономический расчет : учебное пособие / Н. В. Хольшев, А. В. Милованов, Ю. Е. Глазков и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 98 с.

4. Лада 2103 1.5 MT 2103 (02.1972 – 09.1984) – технические характеристики [Электронный ресурс]. – URL : https://www.drom.ru/catalog/lada/2103/187346/ (дата обращения: 13.03.2025).

УДК 911.375.62:656(470.620)
1.6.20: Геоинформатика, картография

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Стежко Вячеслав Павлович
ФБГОУ ВО «Кубанский государственный университет», студент
e-mail: stezkovaceslav@gmail.com

Кузякина Марина Викторовна
ФБГОУ ВО «Кубанский государственный университет», кандидат физико-математических наук, доцент кафедры геоинформатики

Пелина Алина Николаевна
ФБГОУ ВО «Кубанский государственный университет», кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры геоинформатики

Наземный городской общественный транспорт представляет собой важную составляющую жизни граждан ввиду постепенного роста населения городов.

Методы. Математико-картографическое моделирование – органическое комплексирование математических и картографических моделей в системе «создание – использование карт» для конструирования или анализа тематического содержания карт [2]. Математико-картографические модели (МКМ) могут быть элементарными, выражающимися следующим образом: исходные данные + математическая модель = результат моделирования.

МКМ могут быть сложными. Состоящими из серии элементарных МКМ. Сложные математико-картографические модели бывают цепочкообразными, сетевыми и древовидными (рис. 1). Прежде всего выделенные типовые схемы сложных моделей ориентированы на различные пути изучения географических явлений – путь последовательного исследования элементов явления (цепочкообразные модели); путь сравнительного их изучения (сетевые модели) и путь многопланового отображения и изучения различных сторон явлений (древовидные модели).

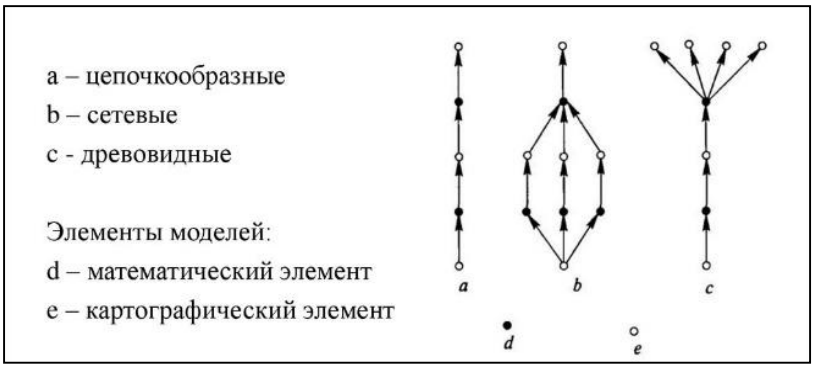


Рис. 1. Сложные математико-картографические модели

В картографическом плане это соответственно сводится к созданию набора последовательно взаимосвязанных в технологическом, но не в содержательном аспекте карт; различных вариантов одной и той же карты; серии карт одной содержательной тематики.

Для исследования была выбрана древовидная математико-картографическая модель, относящаяся к классу сложных МКМ (рис. 2).

На рисунке 2 корневым элементом дерева является карта протяженности дорожной сети, от которой строятся следующие карты.

Для расчета густоты дорожной сети с учетом численности населения была использована формула (1) [1]:

$$d_l = 10\,000\frac{L}{N}, \quad (1)$$

где L – это протяженность дорожной сети, выраженная в километрах; N – численность населения, выраженная в тысячах человек.

Цифрой 2 на рис. 2 отображен показатель транспортной обеспеченности, рассчитанный по другой формуле (2) [1]:

$$d_t = 10\,000\frac{L}{S}, \quad (2)$$

где S – площадь территории в квадратных километрах.

Следующий показатель, представленный на рис. 2, объединяет предыдущие показатели рассчитан по формуле (3) [1]:

$$d_{sn} = \frac{L}{\sqrt{SN}}. \quad (3)$$

Показатели грузо- и пассажиропотока, отображенные цифрами 4 и 5 на рис. 2, выражены соответствующими формулами (4, 5) [1]:

$$d_{\text{п}} = \frac{L}{\sqrt[3]{SNQ^{\text{пасс}}}}, \quad (4)$$

$$d_{\text{г}} = \frac{L}{\sqrt[3]{SNQ^{\text{груз}}}}, \quad (5)$$

где $Q^{\text{пасс}}$ – пассажирооборот, выраженный в миллионах человек; $Q^{\text{груз}}$ – грузооборот, выраженный в миллионах тонн.

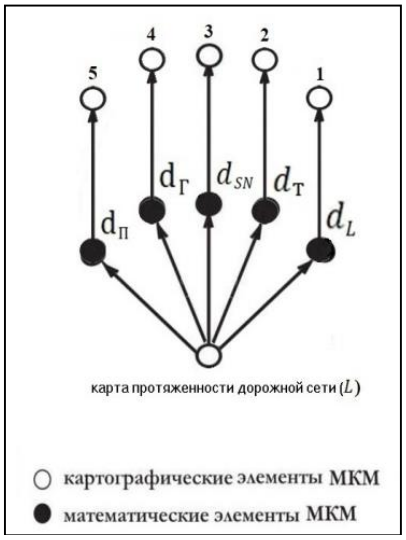


Рис. 2. Схема сложной математико-картографической модели транспортных показателей Краснодарского края

Следует обратить внимание, что карты, составленные с помощью формул (1 – 5), являются картографическими элементами, отраженными цифрами 1 – 5 на рис. 2.

Для наглядного отображения рассчитанных показателей методом картограмм построена серия из 6 карт, образующих в совокупности сложную математико-картографическую модель древовидного типа, схема которой изображена на рис. 2.

На рисунке *3*, а изображена карта протяженности транспортной сети по муниципальным районам Краснодарского края по данным 2023 года. Данный показатель можно пояснить как выраженную в километрах насыщенность пригодных к эксплуатации дорог. Отсюда можно сделать выводы, что наибольшая протяженность наблюдается в МО г. Краснодар и МО г. Сочи, Геленджик и Новороссийск.

Это объясняется в случае г. Краснодара – развитой транспортной системой и большой численностью населения. В случае с Геленджиком и Новороссийском – наличием крупных морских портов с большим грузооборотом. В Сочи – к 2014 году наблюдался бум строительства автодорог, включая туннели и эстакады.

На рисунке 3, *б* изображена карта густоты транспортной сети на территории Краснодарского края с учетом численности населения по данным 2023 года. В данном показателе учитывается протяженность транспортной сети на душу населения, выраженная в км./чел.

Из рисунка 3, *б* видно, что наибольшие показатели наблюдаются в МО г. Геленджик, Успенском и Белоглинском и Крыловском районах. Это связано в случае Новороссийска с достаточной протяженностью дорожной сети при невысокой численности населения.

В случае Успенского, Крыловского и Белоглинского районов это объясняется низкой численностью населения при средних показателях протяженности дорожной сети. При этом довольно низкие показатели наблюдаются в МО г. Сочи, МО г. Краснодар, Динском, Калининском и Абинском районах. В случае Краснодара и Сочи с высокой численностью населения, компактно распределенной по территории (население Краснодара превышает миллион человек без учета пригородов).

В Динском, Калининском и Абинском районов маленькое значение показателя густоты сети с учетом численности населения можно объяснить небольшой численностью населения при небольшой протяженности дорожной сети (рис. 3, *б*).

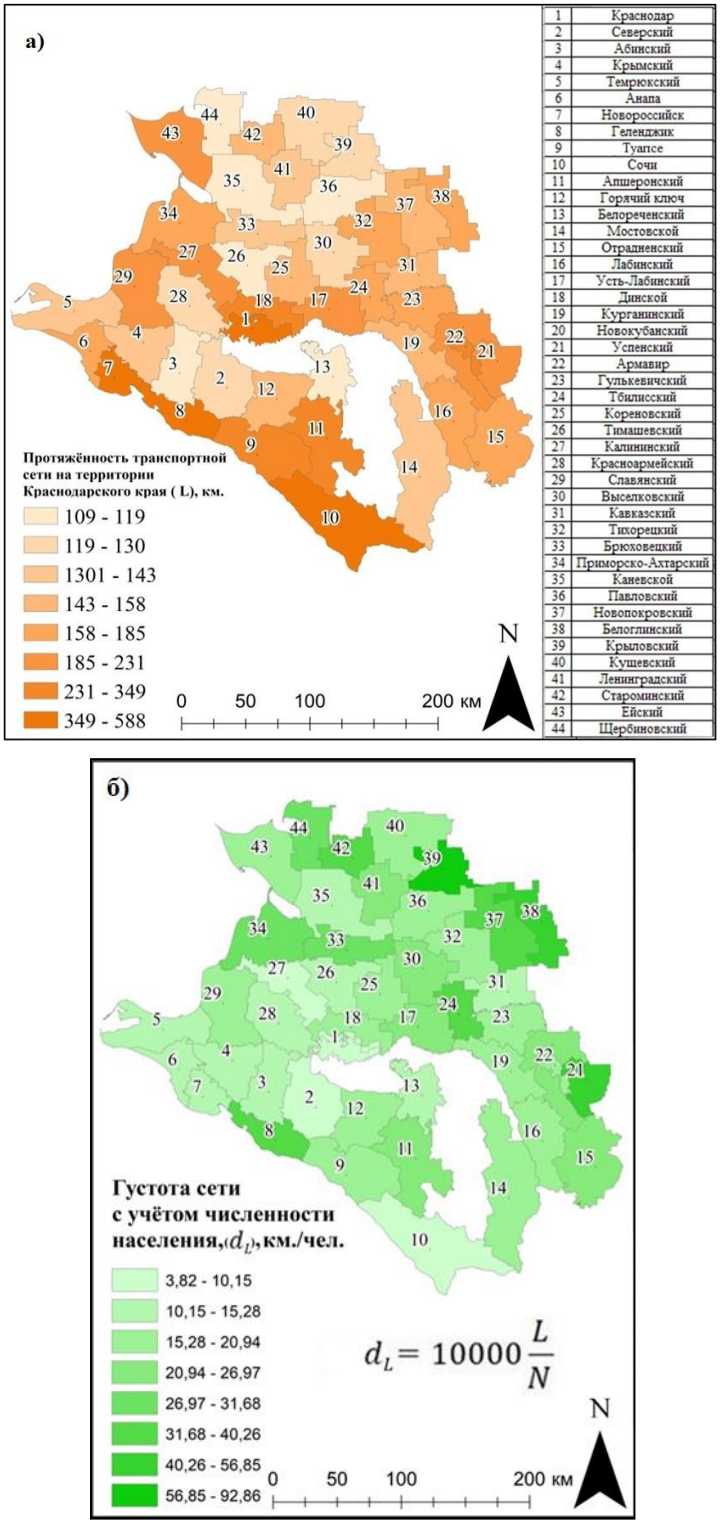


Рис. 3. Карты протяженности транспортной сети (*а*) и густоты транспортной сети на территории Краснодарского края с учетом численности населения (*б*) по муниципальным районам Краснодарского края

На рисунке 4 изображена карта транспортной обеспеченности на территории Краснодарского края. Соответственно, здесь играет роль как площадь административного района, так и протяженность дорог в нем.

Наиболее высокие показатели наблюдаются в МО г. Геленджик и МО г. Армавир. В случае г. Геленджика это можно объяснить высокой протяженностью дорожной сети при небольшой площади территории, морским курортом. В случае г. Армавира высокий показатель объясняется довольно маленьким размером территории и относительно этого высокой протяженностью дорожной сети.

При этом в большинстве районов наблюдаются низкие показатели, которые можно объяснить двояко. Например, в случае МО г. Сочи это можно объяснить большой протяженностью дорог. Но при этом данный район имеет большую площадь территории. Большая часть административных районов имеет низкую площадь территории при достаточной протяженности дорожной сети.

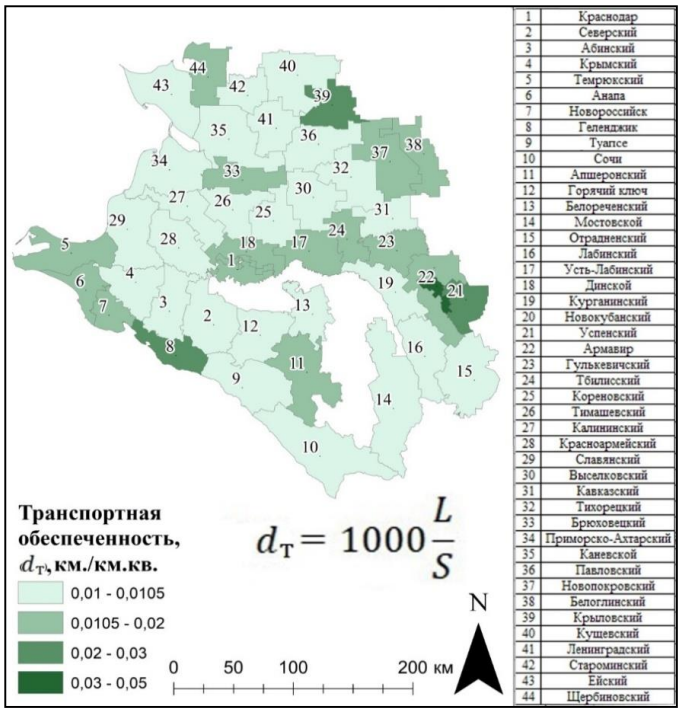


Рис. 4. Карта транспортной обеспеченности на территории Краснодарского края

На рисунке 5 изображена карта густоты сети с учетом площади территории и численности населения на территории Краснодарского края, где наиболее высокие показатели наблюдаются в МО г. Геленджик и МО г. Армавир.

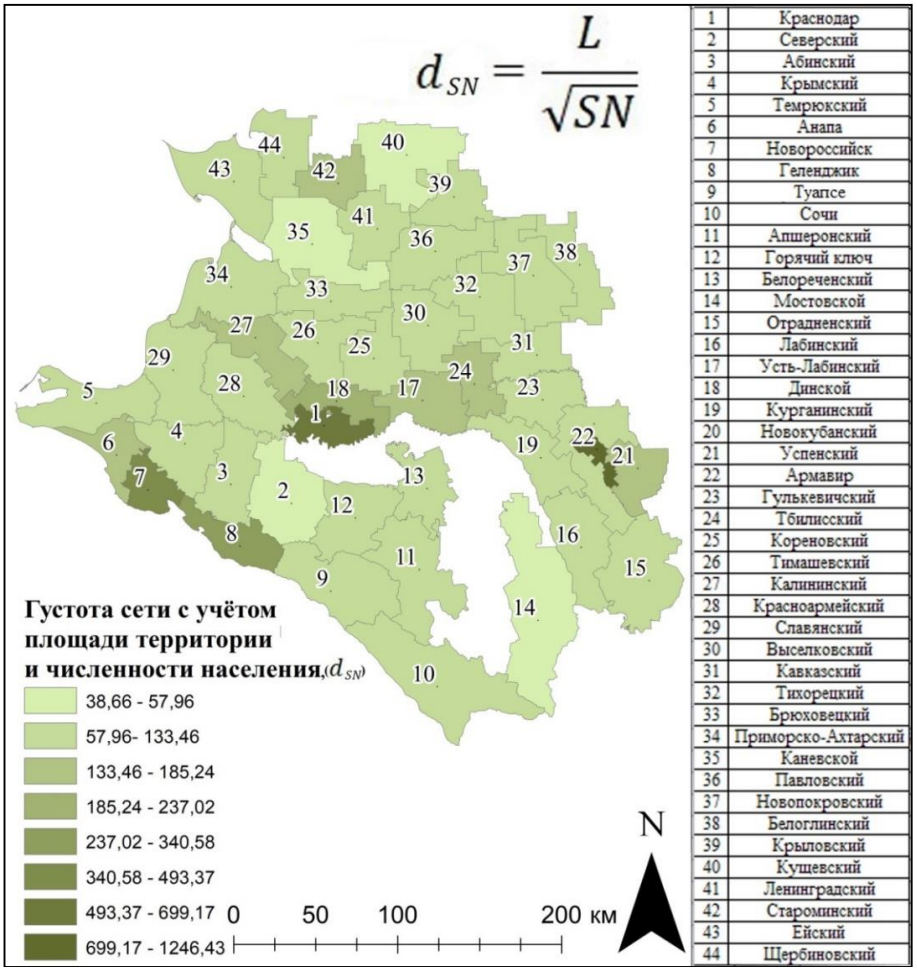


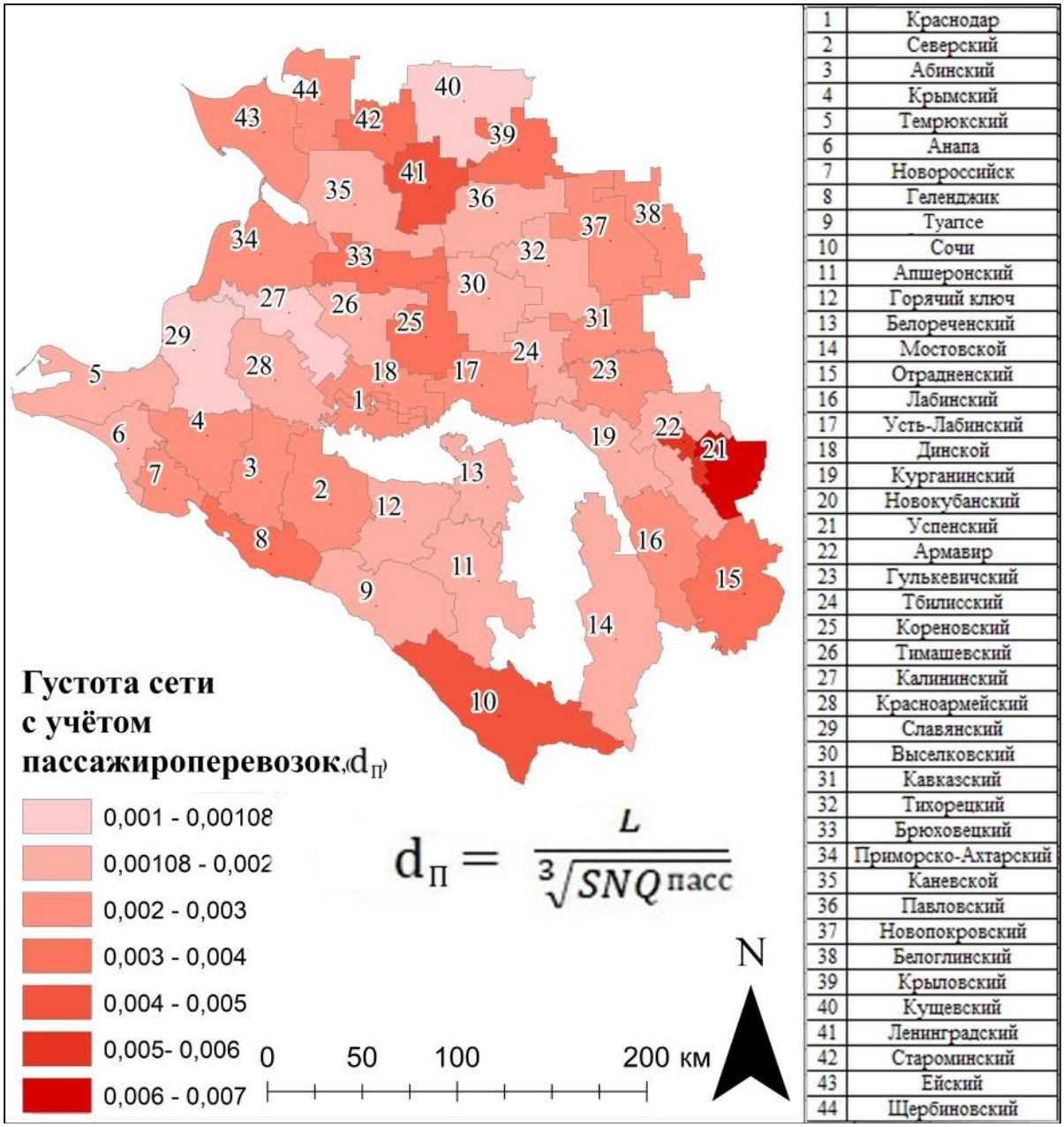
Рис. 5. Карта густоты сети с учетом площади территории и численности населения на территории Краснодарского края

В случае высокого показателя в г. Геленджик это можно объяснить высокой протяженностью дорожной сети при небольшой площади территории, морским курортом (рис. 5).

Высокий показатель в г. Армавир объясняется довольно маленьким размером территории и относительно этого высокой протяженностью дорожной сети (рис. 5). При этом самые низкие показатели наблюдаются в Северском, Мостовском, Кущевском и Каневском районах. В случае Северского района это объясняется низкой протяженностью дорожной сети при низкой численности населения. В Мостовском районе эту закономерность можно объяснить большой площадью территории при относительно небольшой протяженности дорожной сети. Транспортная обеспеченность Кущевского и Каневского района объясняется небольшой протяженностью дорожной сети, при низком показателе площади территории и численности населения.

На рисунках 6, 7 изображены карты густоты сети с учетом пассажироперевозок и грузооборота соответственно. на территории Краснодарского края.

Пассажиропоток на территории края превысил 140 млн. человек в 2023 году. Наибольшая величина наблюдается в Успенском районе, также велик показатель в районе МО г. Армавир и МО г. Сочи. В случае Армавира и Успенского районов это можно объяснить небольшой площадью территории и при высоком показателе протяженности дорожной сети. В случае Сочи показатель высок в связи с наличием крупного пассажирского порта и крупного международного аэропорта. Также играет роль наличия большого числа автодорог, туннелей и эстакад. При этом пассажиропоток довольно низкий в Славянском, Калининском и Кущевском районах. Это можно обосновать тем, что данные административные районы имеют достаточную площадь населения при сравнительно небольшой протяженности дорожной сети.



1	Краснодар
2	Северский
3	Абинский
4	Крымский
5	Темрюкский
6	Анапа
7	Новороссийск
8	Геленджик
9	Туапсе
10	Сочи
11	Апшеронский
12	Горячий ключ
13	Белореченский
14	Мостовской
15	Отрадненский
16	Лабинский
17	Усть-Лабинский
18	Динской
19	Курганинский
20	Новокубанский
21	Успенский
22	Армавир
23	Гулькевичский
24	Тбилисский
25	Кореновский
26	Тимашевский
27	Калининский
28	Красноармейский
29	Славянский
30	Выселковский
31	Кавказский
32	Тихорецкий
33	Брюховецкий
34	Приморско-Ахтарский
35	Каневской
36	Павловский
37	Новопокровский
38	Белоглинский
39	Крыловский
40	Кущевский
41	Ленинградский
42	Староминский
43	Ейский
44	Щербиновский

Рис. 6. Карта густоты сети с учетом пассажироперевозок на территории Краснодарского края

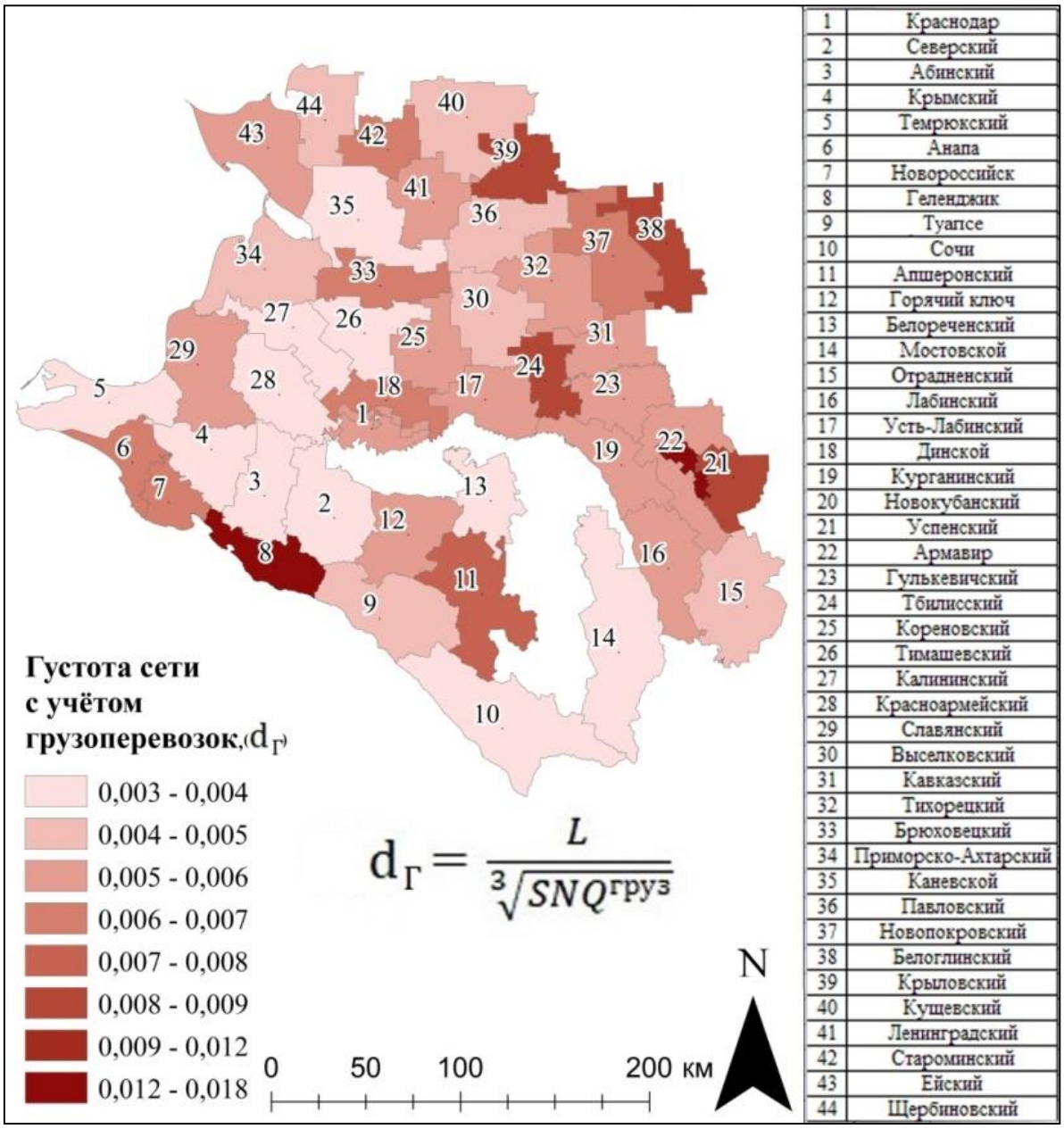


Рис. 7. Карта густоты сети с учетом грузоперевозок на территории Краснодарского края в 2023 году

Наибольшей величины показатель достигает в МО г. Геленджик и МО г. Армавир. В случае Армавира это можно объяснить небольшой площадью территории при относительно высокой протяженности дорожной сети. В случае Геленджика этот же показатель обосновывается высокой протяженностью дорожной сети при умеренной численности населения. При этом, например в Темрюкском районе густота сети с учетом грузоперевозок довольно низкая. Это можно объяснить тем, что в Темрюкском районе довольно низкая протяженность дорожной сети, несмотря на то, что Темрюк портовый город. Также здесь сравнительно небольшая численность населения, что сказывается на показатель грузооборота.

В результате исследования выявлены лидеры среди муниципалитетов по транспортной обеспеченности: МО. г. Армавир, МО г. Геленджик. Определены также проблемные с точки зрения транспортной обеспеченности муниципальные образования: бурно развивающиеся Тимашевский и Темрюкский районы, а также Каневской, Калининский, Северский и Белореченский районы расположенные в центральной и северо-восточной частях Краснодарского края, через которые пущены крупные транспортные потоки в другие МО, и оказавшиеся на пути между развитыми крупными транспортным узлами.

Список использованных источников

1. Галабурда, В. Г. Единая транспортная система : учебное пособие / В. Г. Галабурда. – М. : «ТРАНСПОРТ», 2001. – 303 с.

2. Капралов, Е. Г. Основы геоинформатики : в 2 кн. : учебное пособие для вузов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов – М. : Академия, 2004. – Кн. 1. – 352 с.

СЕКЦИЯ 5
ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА В АПК

УДК 636.084/.087
68.39.15: Корма и кормление сельскохозяйственных животных

ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ КОРМОВЫХ КОРНЕПЛОДОВ

Башкатов Станислав Алексеевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский Государственный Технический университет», кандидат технических наук, магистрант
e-mail: *bashkatovstas68@gmail.com*

Брусенков Алексей Владимирович
ФГБОУ ВО «Тамбовский Государственный Технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерия»
e-mail: *aleksei_brusenkov@mail.ru*

Кормовые корнеплоды, к которым относятся сахарная, полусахарная и кормовая свекла, брюква, турнепс – охотно едят все сельскохозяйственные животные. Крупному рогатому скоту (КРС) их скармливают сырыми как целыми корнями, так и резаными. Мелкие корни кассой до 150 грамм целесообразно измельчать, так как животные могут подавиться. Молочным коровам можно скармливать до 30…35 кг корнеплодов в сутки на одну голову пропорционально удою из расчета 0,5…1 кг на каждый килограмм молока; молодняку крупного рогатого скота на откорме – до 40 кг; племенным – 2…5 кг на 100 кг живой массы. Корнеплоды характеризуются малым содержанием зольных элементов, из которых больше всего солей калия и очень мало кальция и фосфора. Богаты корнеплоды витамином С и витаминами группы В. Скармливание этих кормов возбуждает деятельность пищеварительных желез у крупного рогатого скота и свиней. У жвачных животных они способствуют развитию желательной микрофлоры в преджелудках. Однако избыточное потребление их может вызвать депрессию пищеварения. Кроме того, некоторые корнеплоды содержат специфические вещества, отрицательно влияющие на физиологическое состояние животных. Так, сахарная свекла и ее ботва содержат щавелевую кислоту, корни свеклы – сапонин, нитраты и другие. Отсюда можно сделать вывод, что скармливание корней кормовой свеклы положительно влияет на процессы перевариваемости, стимулирует лактацию, обеспечивает рационы необходимым количеством сахара. Включение корней в рационы в период стойлового содержания молочных коров позволяет повысить усвояемость грубых кормов. Однако, вследствие высокого содержания воды, преобладание в сухом веществе легкорастворимых углеводов, недостаточности протеина и клетчатки, они не могут служить основным кормом для животных и их скармливают в рационах совместно с другими кормами.

Культура производства кормовой свеклы обеспечивает повышение общей продуктивности севооборота как в результате высокого сбора растительного продукта (5…6 тонн корнеплодов и ботвы с 1 га в перерасчете на сухое вещество), так и в повышении урожайности других культур, высеваемых после свеклы. В основных свеклосеящих районах в структуре посевных площадей сахарная свекла занимает 8…15% [1,2].

Несмотря на то, что потенциальные возможности кормовой свеклы на высоких агрофонах, особенно в условиях орошаемого земледелия, очень большие, однако существенную проблему составляет ее хранение и сокращение потерь питательных веществ при уборке, как в благоприятных, так и в неблагоприятных погодных условиях. Затраты труда на уборку корней кормовой свеклы составляют 42%, а на подготовку к скармливанию – 35% [3]. Данные цифры свидетельствуют о высокой трудоемкости и энергоемкости проводимых технологических операций, от правильности которых будет зависеть объемы получаемой продукции.

Поэтому разработка более совершенных конструкций машин и оборудования для подготовки корней свеклы к скармливанию, позволяющих повысить продуктивность животных при одновременном снижении затрат на их приготовление, является необходимым условием эффектного использования их в составе кормовых рационов. Как показывают проведенные исследования, если скармливание корнеплодов определенной группе животных в сыром или запаренном виде приносит выгоду, значительно превышающую затраты на обработку корма, то тогда принимают ту технологию, которая дает эту выгоду [4 – 6].

Машины для подготовки корней кормовой свеклы к скармливанию выпускаются промышленностью или в виде отдельных специализированных машин, выполняющих лишь одну операцию – измельчение, или в виде составной части агрегата, выполняющего две или несколько операций обработки (например, мойка + измельчение).

Одной из наиболее распространенных операций по подготовке корней кормовой свеклы является ее измельчение. В результате измельчения повышается качество кормов, они лучше усваиваются организмом животного, измельченный корм способствует более равномерному смешиванию с другими различными кормами.

Для измельчения сочных кормов в настоящее время применяют машины с различными типами рабочих органов. Однако эти машины нельзя признать совершенными, а их рабочие органы достаточно эффективными. Машины для измельчения корнеплодов создаются без соответствующих теоретических обоснований их рабочих органов, вследствие чего для их привода требуются двигатели большой мощности (15…50 кВт).

Согласно теоретическим исследованиям было выявлено, что все машины, предназначенные для измельчения корнеплодов, подразделены на: измельчители с рабочим органом дискового типа; измельчители с рабочим органом барабанного типа; роторные или молотковые измельчители; шнековые с рабочим органом решетного типа. Дисковые измельчители засчитаны в основном на измельчение корнеплодов. Измельчители барабанного типа металлоемки и не обеспечивают надлежащего качества измельчения. Заслуживают внимания роторные и шнековые измельчители. Но измельчители роторного типа сложнее по конструкции, более металлоемки и по качеству измельчения стоят несколько ниже шнековых. Шнековые измельчители обеспечивают наиболее равномерную подачу корнеплодов к измельчающим рабочим органам, но их единственный недостаток – высокая энергоемкость процесса.

В сельскохозяйственном производстве шнековые измельчители стали применяться с 1952 года и были заимствованы из пищевой промышленности. В отраслях пищевой промышленности имеется большой опыт применения и эксплуатации шнековых измельчителей. Нам представляется целесообразным использование этого опыта при конструировании измельчителей сельскохозяйственного назначения.

Проведенный патентный обзор и анализ шнековых измельчителей позволил выявить заслуживающую внимания конструкцию шнекового измельчителя, представленного на рисунке 1 [7].

Измельчитель корнеплодов включает в себя цилиндрический корпус 1 с прямоугольной загрузочной горловиной 2, шнекового питателя 3 с арочными ножами 4 и выгрузного окна 7, перекрываемого фильерой 6. Фильера 6 представляет собой круглую сепарирующую решетку со сквозными отверстиями. На наружной поверхности приводного вала 8 сидит двухлопастной нож 5.

Работает измельчитель по следующему принципу. Очищенные от почвенных примесей корни кормовой свеклы равномерным потоком подаются внутрь загрузочной горловины 2, заполняет пространство между арочными ножами 4 и равномерным потоком перемещается вращающимися шнековым питателем 3 в сторону выгрузного окна 7. В процессе перемещения происходит предварительное доизмельчение корней кормовой свеклы двухлопастным ножом, что позволяет снизить энергоемкость процесса и снизить удельную нагрузку на фильеру 6. Далее измельченные корни через сквозные отверстия решетки (фильеры) выводятся наружу и поступают далее на технологическую линию.

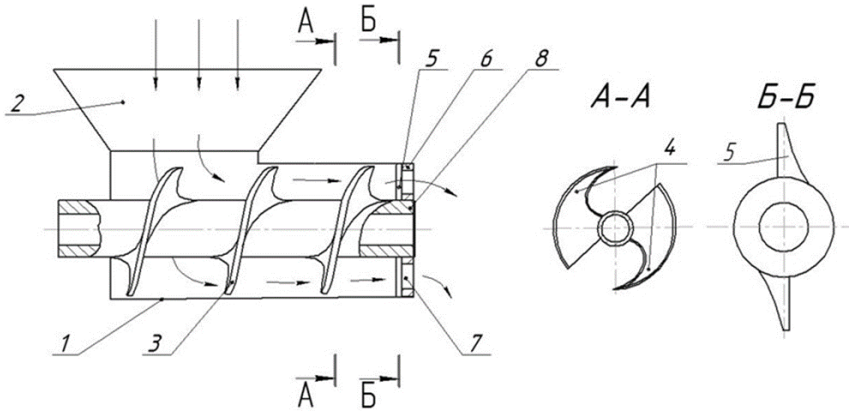


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема измельчителя корнеплодов кормовой свеклы:
1 – цилиндрический корпус; *2* – загрузочная горловина; *3* – шнековый питатель; *4* – арочные ножи; *5* – двухлопастной нож; *6* – фильера; *7* – выгрузное окно; *8* – приводной вал

Степень измельчения регулируется сепарирующей решеткой с соответствующими сквозными отверстиями (в зависимости от вида сельскохозяйственных животных и толщины резки), установкой ножей с большим количеством лопастей, а также изменением скорости шнекового питателя 3 и ножей 5.

Проведенный анализ литературных источников и научно-технической документации, касающихся горизонтально-шнекового измельчителя, позволил сделать основные выводы, которые будут сводится к следующему:

1. При увеличении скорости вращения ножей потребная мощность и удельный расход энергии увеличиваются, а производительность и средняя длина частиц измельченного корма уменьшаются.

2. Увеличение диаметра отверстий решетки увеличивает производительность, уменьшает удельный расход энергии и повышает среднюю длину частиц.

3. При увеличении числа ножей производительность измельчителя снижается за счет уменьшения площади живого сечения решетки.

Все это требует проведения дополнительных лабораторных исследований с целью изыскания ответов на точность полученных результатов.

Список использованных источников

1. Нормированное кормление сельскохозяйственных животных : учебное пособие для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по специальности 110401 – «Зоотехния» / под ред. проф. В. А. Сечина. – 2-е изд. – Оренбург : Издательский центр ОГАУ, 2006. – 156 с.
2. Остальцев, В. П. Разработка и обоснование параметров измельчителя корнеклубнеплодов для технологических линий приготовления кормосмесей на животноводческих фермах : дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Владимир Павлович Остальцев. – Киров, 2000. – 152 с.
3. Мухин, В. А. Механизация приготовления кормов / В. А. Мухин. – Саратов : СГСХА, 1994. – 186 с.
4. Карташов, Л. П. Совершенствование технологий и технических средств заготовки и подготовки к скармливанию кормовых корнеплодов / Л. П. Карташов, Г. П. Юхин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – № 7-1. – Оренбург : Издательский центр Оренбургского ГАУ, 2005. – С. 137 – 139.
5 Механизация и технология производства продукции животноводства / В. Г. Коба, Н. В. Брагинец, Д. Н. Мурусидзе, В. Ф. Некрашевич. – М. : Колос, 2000. – 526 с.
6. Хабарова, В. В. Разработка измельчителя корнеплодов с обоснованием его параметров и режимов работы : дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В. В. Хабарова. – Уфа : Башкир. гос. аграр. ун-т, 2011. – 183 с.
7. Патент № 142728 РФ, МПК7 A01F29/00. Универсальный шнековый измельчитель кормов / В. В. Новиков, А. Л. Мишанин, И. В. Успенская, В. А. Никитин, О. А. Камышева ; Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА. – № 2014100759/13 ; заявл. 09.01.2014 ; опубл. 27.06.2014 ; Бюл. № 18. – 8 с.

УДК 621.892.8
73.31.09: Эксплуатационные материалы на автомобильном транспорте

АНАЛИЗ СПОСОБОВ УЛУЧШЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОДОБАВОК

Доровских Дмитрий Владимирович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», ул. Мичуринская, 112, корп. Д, г. Тамбов, Тамбовская область, 392032, Росси
e-mail: dima.dorovskikh@yandex.ru

Павлов Анатолий Григорьевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат сельско-хозяйственных наук, доцент кафедры «Агроинженерия», ул. Мичуринская 112 Д, г. Тамбов, Тамбовская область 392032 Росси
e-mail: apavlovv@rambler.ru

Доровских Никита Дмитриевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», студент, ул. Мичуринская, 112, корп. Д, г. Тамбов, Тамбовская область, 392032, Россия

Мещеряков Игорь Николаевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант, ул. Мичуринская, 112, корп. Д, г. Тамбов, Тамбовская область, 392032, Россия

Введение. Сжигание чистых нефтепродуктов приводит к ежегодному выбросу 30 миллионов вредных веществ. Большое потребление топлива обеспечивает энергией подвижной состав предприятий, которые используют в сельском хозяйстве. Однако обеспечить потребности сельского хозяйства в качественном дизельном топливе пока удается не везде и не в полном объеме.

Кроме того, увеличение потребления энергии, которая по прогнозам [1] возрастет к 2030 г. на 60%, истощение залежей нефти и газа, повышение цен на дизельное топливо и целый ряд других факторов вызывает необходимость искать возможность получения и использования топлива из возобновляемого растительного сырья.

По оценкам Международного валютного фонда к 2050 г. количество автомобилей вырастет до 3 млрд., при этом доминирующую роль будут играть дизельные двигатели. За 120-летний путь, который прошел в своем развитии дизельный двигатель, выявлены его преимущества: высокая экономичность и конкурентоспособность по сравнению с другими энергетическими установками. До настоящего времени не исчерпан потенциал его эффективности, о чем свидетельствует непрерывное улучшение технико-экономических показателей.

Дизелизация мирового моторного парка на протяжении ряда лет определяет опережение производства и потребления дизельного топлива по сравнению с автомобильным бензином. Мировая тенденция к более высоким темпам роста потребления дизельного топлива сохранится на долгосрочный период.

Мировой автопарк, объем которого уже сегодня превышает 900 млн. единиц, включает грузовые (около 30%) и легковые (порядка 70% вместе с автобусами) автомобили. Из ежегодно выпускаемых 40…45 миллионов автомобилей более 55% приходится на замену выводимых из эксплуатации транспортных средств, а остальные 45% составляют ежегодный прирост мирового автопарка. В среднем один автомобиль потребляет 2,2 тонны в год моторного топлива. Для удовлетворения потребностей мирового автопарка необходимо иметь около двух миллиардов тонн топлива, на изготовление которого в зависимости от глубины переработки требуется свыше 5 млрд. тонн нефти [2]. Во всем мире ежегодно добывается около 5 млрд. тонн нефти. Из них около 70% нефти идет на производство бензинов и дизельных топлив. По многочисленным оценочным прогнозам экспертов (даже при сохранении неизменным этого уровня добычи) ее запасов может хватить только на 40…50 лет [2, 3]. В таблице 1 на основании обработки материалов [3] представлена динамика изменения использования нефти как энергоресурса и оценочный прогноз ее запасов в процентах от всех видов существующих энергоресурсов.

Прогнозные оценки разных авторов отличаются друг от друга [3, 4], но все эксперты приходят к одному выводу – о возможном истощении запасов нефти в недрах и прекращении ее промышленного использования как основного вида энергоносителя для тепловых двигателей. Из-за опережающего спроса на моторное топливо будет неизбежно возрастать дефицит нефти, который уже к 2025 г. может превысить величину более 2,5 млн. тонн в день [5].

1. Прогноз использования нефти как энергоресурса, (%)

Ресурс	Годы											
	1940	1980	2000	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Нефть	11	51	35	22	11	6	4	3	0	0	0	0

Изложение. Обеспечение всевозрастающей потребности в дизельном топливе в условиях уменьшающихся объемов переработки нефти на долгосрочный период осложнено рядом факторов. Во-первых, рост потребления авиационного топлива (керосина) вызывает снижение выхода дизельных фракций из нефти. Известно [6], что на каждый 1% роста производства керосина выход дизельного топлива уменьшается на 0,8…0,9%.

Во-вторых, развитие производства жидких парафинов для нужд микробиологического синтеза сокращает выработку дизельных топлив на величину выхода жидких парафинов и более легкокипящих продуктов деструкции [6].

В-третьих, нефть является ценнейшим и одним из основных (вместе с природными горючими газами) сырьевых ресурсов для нефтехимической промышленности, которая даже в условиях экономического кризиса укрепила свои позиции на рынке и продолжает успешно развиваться.

Эта тенденция является характерной практически для всех стран мира. В России в 2018 г. из 516 млн. тонн извлеченной из недр нефти на отечественном рынке осталось порядка 275 млн. тонн, из которых в нефтехимический сектор направлено около 22 млн. тонн [5, 6].

Спрос на продукты предприятий нефтехимической промышленности все время возрастает, обуславливая увеличение темпов роста мощностей и ассортимента ее продукции. Продукты переработки нефти идут на производство пластиков, полимеров, резинотехнических изделий и лакокрасочных материалов, работать с которыми гораздо выгоднее, чем с моторными топливами.

Многие крупные нефтяные компании стали освобождаться от активов нефтепереработки и ориентироваться на нефтехимию. В долгосрочной перспективе интерес для нефтяных компаний представляют альтернативные источники энергии: обеспечение спокойного будущего компаний возможно только при широкой диверсификации деятельности, включая трансформацию из нефтегазовых гигантов в многопрофильные энергетические компании.

В соответствии с «Энергетической стратегией России на период до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р, к 2020 году добычу нефти нужно довести до 525 млн. тонн. По мнению экспертов [3, 6], несмотря на актуальность и заманчивость этой задачи, она должна быть подкреплена надежными сведениями о наличии потенциальных запасов нефти для ее выполнения. Статистические данные позволяют надеяться на успешное выполнение планов стратегии и выглядят на первый взгляд довольно убедительно (табл. 2).

2. Добыча нефти в России за последние годы, млн. т

Годы	2008	2009	2010	2011	2012	2020
Добыча нефти	472	477,3	505	510	516	525*

Однако надеяться на удовлетворение спроса на моторные топлива отечественных потребителей пока преждевременно. По данным [4, 6], созданы новые пути экспорта нефти, которые пока не обеспечены ресурсами. В работе [5] подчеркивается, что «только по одному магистральному нефтепроводу ВСТО, если он зарабо-

тает на полную мощность, надо будет ежегодно перекачивать до 80 млн. тонн нефти за рубеж». По мнению экспертов [6], только на протяжении 15 – 20 лет можно будет выполнять запланированную добычу нефти, за этим последует существенное сокращение до 250 млн. тонн. К 2035 году наша страна практически не сможет ни экспортировать нефть, ни стабильно поставлять нефтепродукты для нужд отечественной экономики и населения. Все вышеперечисленное свидетельствует «о наличии в топливно-энергетическом комплексе существенных многофакторных всевозрастающих кризисных явлений глобального характера».

Энергетический кризис, связанный с неуклонным повышением мировых цен на нефть, неизбежно приводит к росту цен на дизельное топливо, реализуемое на внутреннем рынке Российской Федерации. Основными потребителями дизельного топлива являются: грузовой автотранспорт, сельскохозяйственное производство и автобусные перевозки (рис. 1).

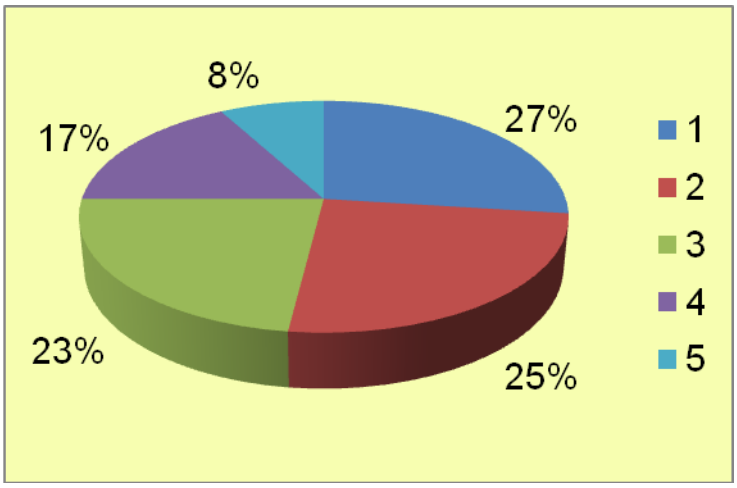


Рис. 1. Структура спроса на дизельное топливо (прогноз на 2020 год):
1 – транспорт (27%); *2* – сельское хозяйство (2%); *3* – автобусные перевозки (2 %);
4 – прочие, в том числе Минобороны и МЧС (17%); *5* – строительство (8%)

Использование возобновляемых источников энергии в качестве моторного топлива позволит решить не только энергетические, но и глобальные экологические проблемы. Известно [7], что во все возрастающей антропогенной атаке на биосферу Земли ведущая роль принадлежит нефтяным моторным топливам, вызывающим загрязнение окружающей среды преимущественно в процессе эксплуатации тепловых двигателей.

Только в России в атмосферу ежегодно выбрасывается с отработавшими газами около 30 млн. т вредных веществ: до 15 млн. т монооксида углерода CO, 12 млн. т оксидов азота NO_x, 2 млн. т несгоревших углеводородов CH_x, 1 млн. т сажи (углерода C) [7].

Биодизельное топливо является основным ресурсом для диверсификации источников энергии, сохранения энергетической безопасности, развития растениеводства, как основного поставщика энергетического сырья для получения биодизельного топлива, «смягчения последствий изменения климата за счет сокращения выбросов парниковых газов» [8].

Название «биотопливо» обобщает такие виды источников энергии, как: биогаз, биоэтанол, биометанол, диметиловый эфир, биодизель. Смесевое дизельное топливо приводит к увеличению часового расхода биодизеля, снижение мощности двигателя, меньшему содержанию в отработавших газах оксида азота, монооксида углерода, несгоревших углеводородов. Тем самым снижается дымность отработавших газов. Сырьем для биодизеля, получаемого на основе метиловых эфиров отработанных растительных масел, является масло из возобновляемого сырья, которое в подогретом состоянии смешивается с алкоголятом калия. Алкоголят представляет собой раствор, где смешиваются катализатор (гидроокись калия) с метанолом до полного растворения. Завершающим звеном является само дизельное топливо, которое смешивается с полученным метиловым эфиром для получения биодизеля.

С увеличением концентрации метилового эфира подсолнечного масла в смеси с дизельным топливом увеличивается плотность, вязкость, содержание серы, но уменьшается теплота сгорания.

Существуют технологии получения топлива из пищевого или непищевого сырья, тем самым данный источник энергии подразделяется на биотопливо первого и второго поколения.

В некоторых проведенных исследованиях применяют подсолнечное масло, которое тоже можно считать биотопливом. В результате работы ДВС на смеси подсолнечного масла и дизельного топлива после 604 ч на верхней перемычке всех поршней образовалось большое количество нагара, вторые поршневые кольца пригорели. Топливные фильтры приходилось менять через 20 – 40 часов работы двигателя. Гильзы цилиндров и подшипники шатуна были в хорошем состоянии. Износ гильз был меньше, чем при работе на дизельном топливе [8].

В данном процессе было использовано чистое подсолнечное масло. Если бы масло смешать с алкоголятом, чтобы в дальнейшем получить неочищенный метиловый эфир растительного масла (Э-фаза). Затем Э-фазу очистить и смешать с дизелем, то можно предположить, что нагара стало бы меньше, а время использования топливного фильтра увеличится.

У применения сырьевой базы на основе пищевого (подсолнечнечник) и не пищевого (рапс и рыжик) растительного сырья имеются проблемы связанные с затратами на выращивание, меньшим получением масла с гектара по сравнению с микроводорослями. Эти виды сырья замещаются использованием микроводорослей богатых липидами, являющимися основой для синтеза топлива. Продукт полученный на основе данного сырья будет являться биотопливом третьего поколения.

Разработка новых подходов к переработке водорослевого сырья позволяет из одной и той же биомассы получать различные виды топлива. При определённых условиях культивирования микроводоросли способны синтезировать биоэтанол и водород. Ряд микроводорослей синтезируют в процессе роста углеводороды. Так, зелёные одноклеточные колониальные водоросли Botryococcusbraunii обладают замечательной способностью образовывать и аккумулировать жидкие углеводороды (до 86 % от веса сухой биомассы). Углеводороды, экстрагируемые из биомассы B.braunii, после гидрокрекинга можно рассматривать как источник моторного топлива. Водоросли с высоким содержанием крахмала и углеводов можно переработать путём аэробной или анаэробной ферментации в биоэтанол, биобутанол и водород. Для получения биотоплива для дизельных двигателей используется процесс переэтерификации триацилглицеридов, входящих в состав липидной фракции водорослевой биомассы (масло). Одновременно с биодизельным топливом из водорослей можно получать и этанол: после извлечения масла оставшаяся часть биомассы зачастую содержит достаточное количество крахмала и других углеводов. Триацилглицерины водорослей, а также полученное из них биодизельное топливо, подвергают гидротермальному сжижению, которое проводится при повышенных давлении и температуре на гетерогенных катализаторах. Затем гидрогенизацией и деоксигенацией получают смесь углеводородов. Дополнительная операция гидрокрекинга, которой подвергается уже полученное топливо, позволяет повысить выход целевого продукта – биологического топлива для дизельного двигателя (зеленый биодизель), содержащего углеводороды с короткими углеводородными цепочками (не более 10 атомов углерода) [8]. В таблице 3 представлены результаты сравнительной характеристики рапса и микроводоросли Haematococcuspluvialis.

3. Сравнениерапса и микроводоросли Haematococcuspluvialis как энергоисточников

Культура	Продуктивность биомассы, т/га в год	Общее энергосодержание, ГДж/га в год	Продуктивность по маслу, т/га в год	Энергосодержание по маслу, ГДж/га в год
Рапс (Германия)	3,1	75,6	1,2	44,7
Рапс (Финляндия)	1,6	39,0	0,65	24,2
Рапс озимый (Россия)	1,0…2,5	24,0…61,0	0,3…0,75	11,1…28,0
Haematococcuspluvialis (в среднем)	38,2	763	13,8	422
Haematococcuspluvialis (максимально)	91,8	1836	33,2	1014

В среднем по продуктивности получения масла, энергосодержанию масла микроводоросли Haematococcuspluvialis опережают в десять раз рапс. Сами по себе микроводоросли приносят больше масла с гектара, чем рапс и другие масляничные культуры в 15 – 100 раз.

Подсолнечное масло в качестве биотоплива, является не лучшим выходом, поэтому стоит применять смесь переработанного подсолнечного масла до метилового эфира с биодизелем.

Лучшим видом растительного сырья для биотоплива являются водоросли, например хлорелла, в связи с тем, что требуется минимум затрат на их выращивание, можно получить больше масла с гектара, чем другие масляничные культуры.

В целом сырьем для производства биодизельного топлива могут служить любые виды растительных масел: рапсовое, соевое, арахисовое, пальмовое и другие, отработанные подсолнечное и оливковое, дистилляты дезодорирования растительных масел, животные жиры, а также липиды водорослей и микроводорослей.

В этой связи не следует воспринимать выполнение решений Киотского протокола как чисто коммерческого механизма, построенного на торговле квотами на выбросы. Основное в нем – необходимость снижения эмиссии парниковых газов, ведущую роль в котором будет играть использование биодизельного топлива.

Поскольку по объемам производства в ряде стран первое место занимают дизельные топлива, то к ним предъявляются жесткие требования по содержанию серы и ароматических соединений, установленные

Европейским экономическим Советом EN 590: содержание серы должно быть менее 0,001…0,005% (масс.), а содержание полициклических ароматических углеводородов – не более 11%.

Процесс обессеривания дизельных топлив неизбежно привел к потере целого ряда их ценных потребительских качеств: противоизносных и антистатических свойств,

химической стабильности. На первом месте стоят противоизносные свойства, так как надежность дизельных двигателей, прежде всего, определяется качеством работы топливной аппаратуры, а в общем объеме прогрессирующих издержек из-за потери работоспособности прецизионных элементов топливного насоса высокого давления основную часть составляют топливные потери [8].

Заключение. Известно [8], что в режиме граничного трения, характерном для работы топливных насосов высокого давления, главную роль играют поверхностно-активные соединения серы, сорбирующиеся на трущихся поверхностях и принимающие участие в трибохимических реакциях, приводящих к образованию защитной сервовитной пленки. Для устранения этих недостатков экологически чистых дизельных топлив нужно дозировать в них смазывающие присадки или добавки, среди которых наиболее эффективными являются метиловые эфиры растительных масел или биодизельное топливо.

Немногочисленные известные технологии получения биодизельного топлива морально устарели, поскольку характеризуются высокой энерго- и материалоемкостью при низкой производительности. Для устранения этих негативных явлений требуется найти инновационные технологии, использующие новый тип реакторов, устраняющий негативные стороны известных аппаратов для получения биотоплива.

Список использованных источников

1. Глазков, Ю. Е. Виды жидкого биотоплива для дизелей и пути его получения / Ю. Е. Глазков // Современная наука: теория, методология, практика : материалы IV Всерос. национальной науч.-практ. конф., Тамбов, 20–21 апреля 2022 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2022. – С. 202 – 205.

2. Глазков, Ю. Е. Потенциал производства дизельного биотоплива в Российской Федерации / Ю. Е. Глазков // Современная наука: теория, методология, практика : материалы IV Всерос. национальной науч.-практ. конф., Тамбов, 20–21 апреля 2022 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2022. – С. 205 – 209.

3. Глазков, Ю. Е. Анализ проблемы повышения энергоэффективности автомобильного транспорта / Ю. Е. Глазков, Д. В. Гришин, В. Ю. Глазков // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 91-7. – С. 14 – 17.

4. Глазков, Ю. Е. Классификация методов регенерации отработанных масел / Ю. Е. Глазков, В. Ю. Глазков // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 92-9. – С. 33 – 36.

5. Глазков, Ю. Е. Исследование изменения состава и свойств минерального моторного масла м-10ДМ после использования в дизельном двигателе / Ю. Е. Глазков, И. Ю. Доровских, М. М. Глазкова // Материалы Всероссийской национальной науч.-практ. конф., посвященной 80-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина, Рязань, 12–13 ноября 2019 года ; ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, Совет молодых ученых. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2020. – С. 60 – 65.

6. Глазков, Ю. Е. Анализ особенностей эксплуатации двигателей транспортных средств на различных видах биотоплива / Ю. Е. Глазков, М. М. Глазкова // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 67-2. – С. 27 – 30.

7. Глазков, Ю. Е. Альтернативные виды топлива. Перспективы развития / Ю. Е. Глазков, М. А. Попов // Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья : материалы I Всерос. конф. с междунар. участием, Тамбов, 24–25 мая 2019 года. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2019. – С. 156 – 161.

8. Ануфриев, Д. Н. Анализ известных методов улучшения топливной экономичности и экологических показателей в режимах холостого хода и малых нагрузок машинного парка АПК / Д. Н. Ануфриев, Ю. Е. Глазков // Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья : материалы I Всерос. конф. с междунар. участием, Тамбов, 24–25 мая 2019 года. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2019. – С. 161 – 165.

УДК 621.892.8
73.31.09: Эксплуатационные материалы на автомобильном транспорте

АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Доровских Дмитрий Владимирович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», ул. Мичуринская, 112, корп. Д, г. Тамбов, Тамбовская область, 392032, Россия
e-mail: dima.dorovskikh@yandex.ru

Павлов Анатолий Григорьевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат сельско-хозяйственных наук, доцент кафедры «Агроинженерия» ул. Мичуринская 112Д, г. Тамбов, Тамбовская область 392032 Россия
e-mail: apavlovv@rambler.ru

Доровских Никита Дмитриевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», студент, ул. Мичуринская, 112, корп. Д, г. Тамбов, Тамбовская область, 392032, Россия

Мещеряков Игорь Николаевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант, ул. Мичуринская, 112, корп. Д, г. Тамбов, Тамбовская область, 392032, Россия

Введение. Одним из факторов оказывающих существенное влияние на надежность дизельного двигателя является работа его топливной аппаратуры и в первую очередь топливного насоса высокого давления (ТНВД). Исследование и анализ причин отказов ТНВД показывают, что одной из них является повышенная загрязненность дизельного топлива. В современных двигателях очистка топлива осуществляется двумя последовательно установленными фильтрами грубой (ФГО) и тонкой (ФТО) очистки образующими систему. Основной функцией ФГО является очистка топлива от крупнодисперсных загрязнений и воды, ФТО – очистка топлива от мелкодисперсных загрязнений. В качестве ФГО наибольшее распространение получили фильтры-отстойники. Фильтрующие элементы ФТО выполняются на основе фильтровальных бумаг или картонов. В зависимости от конструкции в ФТО осуществляется одно или двухступенчатая очистка топлива. При этом вторая ступень ФТО может быть размещена в отдельном корпусе и последовательно подключена к его первой ступени или ее роль выполняет вторая ступень комбинированного двухступенчатого фильтрующего элемента [1 – 3].

Наиболее полное представление о работе системы может быть, получено используя для ее анализа системный подход. Одним из элементов системного подхода является формулирование целей создания системы. Известно, что большинство из них имеют две цели: главную и функциональную. По отношению к техническим системам в качестве главной цели, как правило, выступает ее назначение [4 – 6]. Применительно к системам очистки их назначением является обеспечение чистоты дизельного топлива в заданных пределах. Двигатель как техническая система состоит из нескольких систем (система питания, система смазки и т.д.). Система очистки топлива в свою очередь является подсистемой системы питания, т.е. системы двигателя образуют иерархию. Это позволяет определить вторую – функциональную цель создания системы очистки. В соответствии с теорией систем в качестве функциональной цели системы выступает сохранение вышестоящей системы. По отношению к системе очистки топлива этой целью является – повышение надежности и долговечности системы питания двигателя путем снижения интенсивности износа элементов его топливной аппаратуры. Таким образом, задачей анализа систем очистки топлива является выявление системных закономерностей влияющих, во-первых на качество очистки топлива и во-вторых на износ топливной аппаратуры [7, 8].

Материалы и методы. В качестве оценочных показателей эффективности фильтров, определяющих качество очистки жидкости, наиболее широкое распространение получили: коэффициент полноты фильтрации φ и отфильтровывания φ_x, абсолютная и номинальная тонкость фильтрации. Коэффициенты полноты фильтрации и отфильтровывания характеризуют снижение концентрации загрязнений в очищаемой жидкости от c до c' и штучной концентрацией частиц размером x с n_x до n_x':

$$\varphi_4 = \frac{n_x - n_x'}{n_x}, \tag{1}$$

$$\varphi = \frac{c_o - c'}{c_o}. \tag{2}$$

Абсолютная тонкость фильтрации определяется максимальным размером частиц загрязнений, прошедших через фильтр. Номинальная тонкость фильтрации соответствует размеру частиц 95% которых задерживается фильтрующей перегородкой или φ_x = 0,95. Наряду с 95% процентной широко применяется и 50% тонкость фильтрации (φ_x = 0,5).

Учитывая, что в практике очистки топлива в системах питания двигателей применяется двух (или трех) ступенчатая очистка, практический интерес представляет эффективность работы системы очистки в целом.

Рассмотрим наиболее простую систему состоящую из двух последовательно установленных фильтров грубой (ФГО) и тонкой (ФТО) очистки топлива. На фильтр первой ступени (ФГО) поступают частицы загрязнений размером х в количестве n_{0x}, а выходит после фильтрации в количестве n_x', которые поступают на вторую ступень очистки (ФТО), а выходят из нее в количестве n_x''.

Коэффициент отфильтровывания каждой из ступеней очистки будет:

$$\varphi_{x1} = \frac{n_{0x} - n_x'}{n_{0x}}; \qquad \varphi_{x2} = \frac{n_x' - n_x''}{n_x'}. \tag{3}$$

В соответствии с (2) коэффициент отфильтровывания системы будет:

$$\varphi_{xc} = \frac{n_{0x} - n_x''}{n_{0x}}. \tag{4}$$

Решая уравнения (3) и (4) совместно получим:

$$\varphi_{xc} = \varphi_{x1} + \varphi_{x2} - \varphi_{x1} \cdot \varphi_{x2}. \tag{5}$$

При известном дисперсном составе загрязнений поступающих на фильтры первой и второй ступени коэффициенты отфильтровывания частиц любой размерной группы могут быть определены по формулам.

$$\varphi_{x1} = 1 - (1 + b_1 \cdot x) \cdot e^{-b_1 \cdot x}; \quad \varphi_{x2} = 1 - (1 + b_1 \cdot x) \cdot e^{b_2 \cdot x}, \tag{6}$$

где $b_1 = 1{,}679/d_{0,5(1)}$; $b_2 = 1{,}679/d_{0,5(2)}$ – параметры, определяемые через 50% тонкость фильтрации каждой из ступеней очистки. Откуда номинальная тонкость фильтрации может быть определена построив график $\varphi_{xc} = f(x)$.

При известном φ_c и функции массового распределения частиц загрязнений $F(x)$ коэффициент полноты фильтрации системы очистки может быть определен по формуле:

$$\varphi_c = \frac{c_o - c'}{c_o} = \int_0^\infty \varphi_{xc} \cdot \, dF(x), \tag{7}$$

где $dF(x) = a_m^2 \cdot e^{-ax} dx$ – дифференциальная функция массового распределения частиц загрязнителя по размерам; $a_m = 1{,}6797 x_{0,5}$ параметр массового распределения частиц загрязнений по размерам, $x_{0,5}$ размер частиц загрязнений, делящий интегральную функцию $F(x)$ пополам.

Подставив в уравнение (7) значения φ_{x1} и φ_{x2} из (5) после интегрирования формула коэффициента полноты фильтрации системы очистки поймет вид:

$$\varphi_c = 1 - \frac{a_m^2}{(a_m + b_1 + b_2)^2} \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot b_1}{(a_m + b_1 + b_2)} + \frac{2 \cdot b_2}{(a_m + b_1 + b_2)} + \frac{6 \cdot b_1 \cdot b_2}{(a_m + b_1 + b_2)} \right]. \tag{8}$$

Формулы (5) и (8) отражают закономерности очистки жидкостей фильтрованием, учитывающие эффективные показатели элементов очистки, образующих систему. Они могут быть использованы для расчета основных показателей эффективности систем очистки жидкостей фильтрованием при разработке и проектировании систем очистки топлива дорожных машин.

Одной из задач проектирования систем очистки топлива является подбор элементов системы, обеспечивающих надежную работу топливной аппаратуры и в первую очередь снижения интенсивности износа плунжерных пар ТНВД за счет уменьшения массы поступающих к ним загрязнений и модификации их дисперсного состава. Одним из путей решения этой задачи является исследование закономерности и разработка математической модели износа плунжерных пар ТНВД, учитывающей качество очистки топлива основанной на вероятностном подходе.

В общем случае участие частиц загрязнений в процессе абразивного износа будет иметь место при соблюдении двух условий: попадания частиц в зазор δ поверхностей трения и наличия абразивного контакта частицы с поверхностями трения, тогда полагая, что все частицы размером х попавшие в зазор участвуют в процессе износа полная вероятность износа $P_и$ будет:

$$P_и = P_1 \cdot P_2 = \lambda \cdot \alpha \cdot x \cdot e^{-\alpha \cdot x}, \tag{9}$$

где $P_1 = \lambda_н \cdot y^{-\alpha \cdot x}$, – вероятность попадания частиц в зазор ($\lambda_н = 2{,}72$ – основание натурального логарифма); $P_2 = \alpha\, x$ – вероятность абразивного контакта частиц с поверхностью трения ($\alpha = (1/\delta_н)\, k_ф$; $k_ф = 1{,}6 \ldots 1{,}8$ – коэффициент формы частицы).

Величина удельного износа пар трения ΔИ отнесенная к массе Δg поступившего в зазор монодисперсного абразива может быть выражена как:

$$\frac{\Delta И}{\Delta g} = k_и \cdot P_и = k_и \cdot \lambda \cdot \alpha \cdot x \cdot e^{-\alpha \cdot x}, \tag{10}$$

где $k_и$ – коэффициент интенсивности износа, учитывающий влияние свойств материала пар трения и абразива, условия трения и другие факторы, влияющие на процесс изнашивания.

Известно, что на интенсивность износа наибольшее влияние оказывают частицы абразива, размер которых соизмерим с зазором в паре трения, причем с его увеличением абразивное воздействие частиц снижается. Полагая, что уменьшение интенсивности износа во времени пропорционально $k_и$ можно записать:

$$\frac{dk_и}{d\tau} = -\beta \cdot k_и \quad \text{или} \quad \int_{k_{и0}}^{k_и} \frac{dk_и}{k_и} = -\int_0^{\tau} \beta \cdot d\tau, \tag{11}$$

$$k_и = k_{и0} \cdot e^{-\beta \cdot \tau}, \tag{12}$$

где $k_{и0}$ – коэффициент интенсивности износа в начале процесса изнашивания; β – коэффициент снижения темпов износа.

Выразив из (10) элементарный износ ΔИ и переходя к пределам, с учетом (12):

$$\int_0^{и} d\,И = \int_0^{\tau} k_{и0} \cdot V \cdot c_0 \cdot \lambda \cdot \alpha \cdot x \cdot e^{-\alpha \cdot x} \cdot e^{-\beta \cdot \tau} d\tau, \tag{13}$$

или:

$$И = \frac{k_{и0}}{\beta} \cdot V \cdot c_0 \cdot \lambda \cdot \alpha \cdot x \cdot e^{-\alpha \cdot x} \cdot \left(1 - e^{-\alpha \cdot \tau}\right), \tag{14}$$

где V – расход топлива; c_0 – концентрация загрязнений в жидкости.

Уравнение представляет собой математическую модель износа пары трения при воздействии на нее монодисперсного загрязнителя с частицами размером x. В реальных условиях эксплуатации дорожных машин загрязнения, поступающие в топливо имеют полидисперсный характер. Результаты исследований и анализа дисперсного состава загрязнений показывают, что он удовлетворительно описывается уравнением вида.

$$dF(x) = a^2 \cdot x \cdot e^{-\alpha \cdot x} dx. \tag{15}$$

Тогда для случая износа под воздействием полидисперсного загрязнителя уравнение (14) примет вид:

$$И = \frac{k_{и0}}{\beta} \cdot V \cdot c \cdot \lambda \cdot \left(1 - e^{-\alpha \cdot \tau}\right) \cdot \frac{2 \cdot \alpha \cdot a_т^2}{(\alpha + a_т)^3}, \tag{16}$$

где $a_т$ – параметр, выраженный через $x_{0,5m}$ медиану распределения загрязнений по массе, $a_т = 1{,}679/x_{0,5m}$.

Очистка жидкости единичным фильтром, установленным перед парой трения, обеспечивает уменьшение массы загрязнений, поступающих в зазор, одновременно модифицируя дисперсный состав загрязнений. Изменение дисперсного состава загрязнений определяется коэффициентом отфильтровывания φ_x частиц загрязнений размером x, который может быть определен по формуле:

$$\varphi(x) = 1 - (1 + b \cdot x) \cdot e^{-b \cdot x}, \tag{17}$$

где $b = 1{,}619/d_{0,5}$ – параметр, выраженный через 50% тонкость фильтрации $d_{0,5}$, соответствующей размеру частиц, 50% которых задерживается фильтром.

Уравнение (16) для случая очистки топлива единичным фильтром примет вид:

$$И = \frac{k_{и0}}{\beta} \cdot V \cdot c_0 \cdot \lambda \cdot \left(1 - e^{-\beta \cdot \tau}\right) \cdot \left[\frac{2 \cdot \alpha \cdot a_т^2}{(\alpha + a_т + b)^3} + \frac{6 \cdot \alpha \cdot a_т^2 \cdot b}{(\alpha + a_т + b)^4}\right]. \tag{18}$$

В случае очистки жидкости двумя последовательно установленными фильтрами, образующими систему очистки изменение массы и дисперсного состава загрязнений, поступающих в зазор, определяется как эффективностью каждого из элементов системы, так и воздействии фильтра первой ступени на работу фильтра второй ступени. Коэффициент отфильтровывания φ_{xc} системой частиц размером x с учетом изложенного выше будет:

$$\varphi_{xc} = 1 - (1 + b_1 \cdot x) \cdot e^{-b_1 \cdot x} \cdot (1 + b_2 \cdot x) \cdot e^{-b_2 \cdot x}, \tag{19}$$

где $b_1 = 1{,}679/d_{0,5(1)}$; $b_2 = 1{,}679/d_{0,5(2)}$ – соответствующие параметры фильтров первой и второй ступеней очистки.

Тогда по аналогии с (18):

$$И = \frac{k_{и0}}{\beta} \cdot V \cdot c_0 \cdot \lambda \cdot \left(1 - e^{-\beta \cdot \tau}\right), \left[\frac{2 \cdot \alpha \cdot a_т^2}{(\alpha + a_т + b_1 + b_2)^3} + \frac{6 \cdot \alpha \cdot a_т^2 \cdot (b_1 + b_2)}{(\alpha + a_т + b_1 + b_2)^4} + \frac{24 \cdot \alpha \cdot a_т^2 \cdot b_1 + b_2}{(\alpha + a_т + b_1 + b_2)^5}\right]. \quad (20)$$

Уравнение (20) представляет собой вариант математической модели абразивного износа плунжерных пар с учетом двухступенчатой очистки жидкости фильтрованием. Оно позволяет также получить характеристику безразмерной интенсивности изнашивания I в начале процесса.

Обозначив в уравнении (20) $U_{max} = k_{u0}\, c_0 V$ – максимальную скорость изнашивания, а $\overline{U} = U / U_{max}$, тогда:

$$\bar{I} = \left(\frac{d\overline{U}}{d\tau}\right) = \lambda\left[\frac{2 \cdot \alpha \cdot a_т^2}{(\alpha + a_т + b_1 + b_2)^3} + \frac{6 \cdot \alpha \cdot a_т^2 \cdot (b_1 + b_2)}{(\alpha + a_т + b_1 + b_2)^4} + \frac{24 \cdot \alpha \cdot a_т^2 \cdot b_1 + b_2}{(\alpha + a_т + b_1 + b_2)^5}\right]. \quad (21)$$

Одним из перспективных направлений повышения эффективности очистки топлива является применение в ФТО комбинированных фильтрующих элементов, имеющих две ступени очистки. Подбор ступеней очистки может быть выполнен путем сравнительного анализа и подбора комбинаций фильтровальных бумаг (или картонов) основанного на оценке безразмерной интенсивности износа плунжерных пар ТНВД используя уравнение (21). На рисунке 1 приведена номограмма безразмерной интенсивности износа в зависимости от номинальной (95%-ный) тонкости фильтрации ступеней комбинированного двухступенчатого фильтрующего элемента.

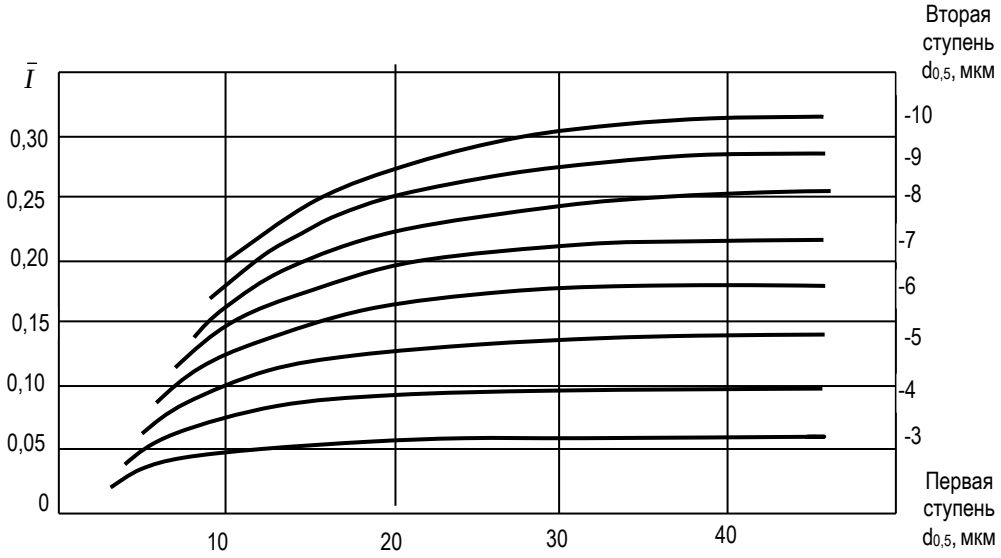


Рис. 1. Номограмма безразмерной интенсивности износа в зависимости от номинальной тонкости фильтрации

Анализ результатов расчетов показывает, что установка фильтров, имеющих две ступени очистки в целом позволяет заметно снизить интенсивность износа плунжерных пар ТНВД. При этом определяющим является тонкость фильтрации второй ступени очистки. Так, при тонкости фильтрации первой ступени 40 мкм и второй ступени 3 мкм интенсивность износа составляет 0,059, а при той же тонкости первой ступени, а тонкости второй 10 мкм интенсивность износа составляет 0,311 или возрастает в 5,27 раза. С повышением тонкости фильтрации первой ступени очистки интенсивность износа также снижается. Однако ее влияние при различных комбинациях ступеней различно. Так, при тонкости фильтрации второй ступени 3 мкм, а первой ступени 40 мкм интенсивность износа составляет 0,059, а при тонкости фильтрации обеих ступеней очистки 3 мкм интенсивность износа снижается до 0,022 или в 2,68 раза. При тонкости фильтрации второй ступени 10 мкм, а первой ступени 40 мкм интенсивность износа составляет 0,311, а при тонкости фильтрации обеих степеней по 10 мкм интенсивность износа снижается до 0,196, т.е. только на 47%. В целом влияние дополнительной ступени очистки с повышением тонкости фильтрации второй ступени заметно снижается. Так для фильтра, имеющего тонкость фильтрации второй ступени 3 мкм повышение тонкости фильтрации первой ступени с 40 до 20 мкм практически не оказывает влияние на интенсивность износа плунжерных пар ТНВД [6 – 8].

На рисунке 2 приведен график зависимости безразмерной интенсивности износа плунжерных пар при использовании в комбинированном фильтрующем элементе (ФТО) фильтровальных бумаг и картонов марок БТ-3П, БТ-5П, БТ-10, БТ-15П, БФМ и КФМ, имеющих номинальную (95%) тонкость фильтрации 3 – 20 мкм.

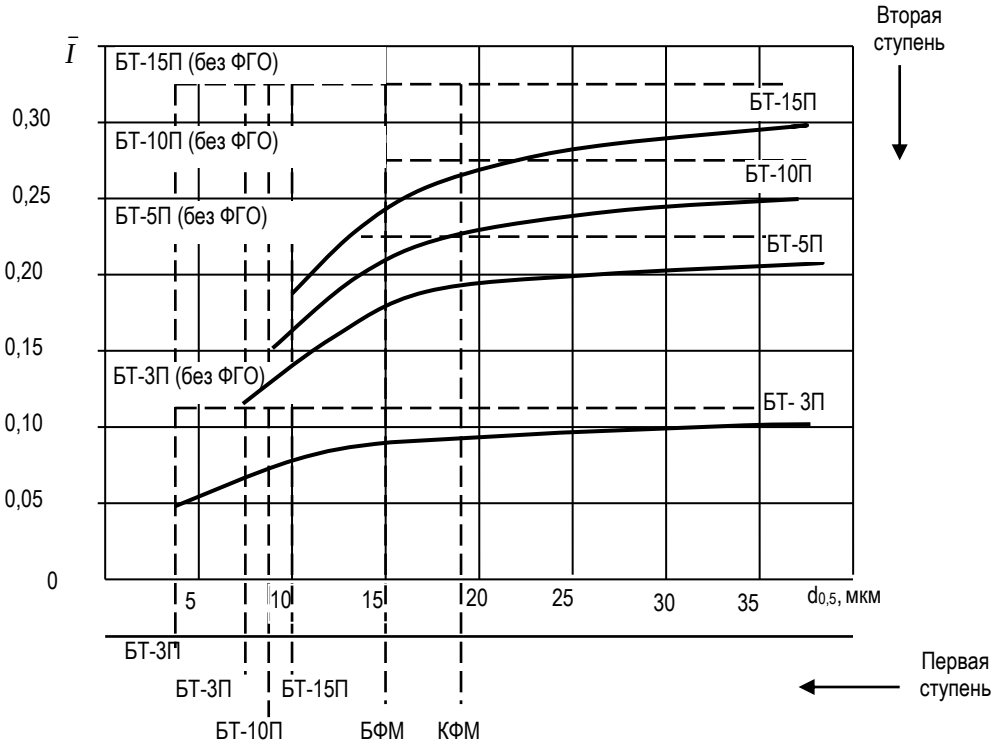


Рис. 2. Зависимость интенсивности изнашивания от типов фильтровальных бумаг

Анализ расчетных кривых, приведенных на рис. 2, позволяет оценить интенсивность износа плунжерных пар при различных вариантах компоновки ступеней фильтрующих элементов. Так, например, при установке одиночного фильтра с элементом, выполненным из бумаги БТ-ЗП значение параметра $\bar{I}$ = 0,11, а при установке перед ним дополнительной ступени очистки с элементом из бумаги БТ-10П значение параметра $\bar{I}$ = 0,07. Таким образом, интенсивность износа плунжерных пар при двухступенчатой очистке будет в 1,57 раза ниже, чем при одноступенчатой. При использовании в качестве дополнительной ступени очистки фильтра с элементом из картона марки КФМ параметр $\bar{I}$ = 0,1, следовательно, интенсивность износа снизится в 1,1 раза. Аналогично могут быть рассмотрены и иные варианты очистки.

Заключение. Таким образом, изложенный метод позволяет оценить влияние различных комбинаций фильтрующих материалов на интенсивность износа плунжерных пар ТНВД и учесть результаты анализа при проектировании систем питания дизельных двигателей.

Список использованных источников

1. Устройство, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт энергонасыщенных тракторов / А. И. Завражнов, С. М. Ведищев, Ю. Е. Глазков[и др. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2023. – 98 с.

2. Расчет показателей надежности автомобильной техники : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и «Агроинженерия» / Н. В. Хольшев, Д. Н. Коновалов, А. В. Милованов и др. ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2022. – 143 с.

3. ГОСТ 19919–74. Контроль автоматизированный технического состояния изделий авиационной техники. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов.

4. ГОСТ 20911–89. Техническая диагностика. Основные термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 14с.

5. Портнов, Н. Е. Проектирование технологических процессов восстановления деталей сельскохозяйственных машин / Н. Е. Портнов, Ю. Е. Глазков. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 1997. – 169 с.

6. Процессы внутреннего смесеобразования и сгорания в двигателях с искровым зажиганием / Ю. Е. Глазков, Д. В. Доровских, В. Ю. Глазков, А. Ю. Соловьев // Современная наука: теория, методология, практика : материалы V-й Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., Тамбов, 27–28 сентября 2023 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2023. – С. 154 – 159.

7. Глазков, Ю. Е. Роль частичных нагрузочных режимов и холостого хода при эксплуатации двигателей с искровым зажиганием / Ю. Е. Глазков, В. Ю. Глазков, М. А. Букина // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 94-5. – С. 139 – 141.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020614136 Российская Федерация. Приложение для расчета и построения внешней скоростной характеристики двигателя транспортного средства : № 2020613252 : заявл. 20.03.2020 : опубл. 26.03.2020 / Н. В. Хольшев, С. М. Ведищев, А. В. Прохоров, Ю. Е. Глазков ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет».

УДК 629.083
73.31.41: Техническая эксплуатация и ремонт средств автомобильного транспорта. Автосервис

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Доровских Дмитрий Владимирович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», ул. Мичуринская, 112, корп. Д, г. Тамбов, Тамбовская область, 392032, Россия
e-mail: dima.dorovskikh@yandex.ru

Павлов Анатолий Григорьевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат сельско-хозяйственных наук, доцент кафедры «Агроинженерия» ул. Мичуринская 112Д, г. Тамбов, Тамбовская область 392032 Росси, e-mail: apavlovv@rambler.ru

Доровских Никита Дмитриевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», студент, ул. Мичуринская, 112, корп. Д, г. Тамбов, Тамбовская область, 392032, Россия

Соловых Данила Дмитриевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант, ул. Мичуринская, 112, корп. Д, г. Тамбов, Тамбовская область, 392032, Россия

Аннотация. Цилиндропоршневая группа двигателя относится к сложному механическому объекту диагностики, в котором количество сопрягаемых деталей пропорционально числу цилиндров. Сложность процессов, сопутствующих превращению тепловой энергии в механическую работу, снижает возможность использования точных аналитических зависимостей. Задача диагностирования ЦПГ сводится к установлению принадлежности технического состояния одному из двух подмножеств – исправному и работоспособному или неисправному, но работоспособному, а также распознанию и локализации места неисправности.

Ключевые слова: диагностирование, цилиндропоршневая группа, структурные параметры.

Проблематика вопроса диагностирования цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) и герметичности клапанов бензиновых двигателей возникла давно и связана с трудностями постановки технического диагноза и разграничения неисправностей. ЦПГ относится к кривошипно-шатунному механизму (КШМ) и обеспечивает герметичность тактов двигателя. ЦПГ включает в себя цилиндры, поршни и поршневые кольца. Основными факторами, под действием которых происходит изменение технического состояния ЦПГ двигателя, являются высокое давление 3 – 5 МПа и высокая температура газов до 2500 °К внутри цилиндра, а также перекладка поршня в окрестностях его верхней мертвой точки (ВМТ) (рис. 1).

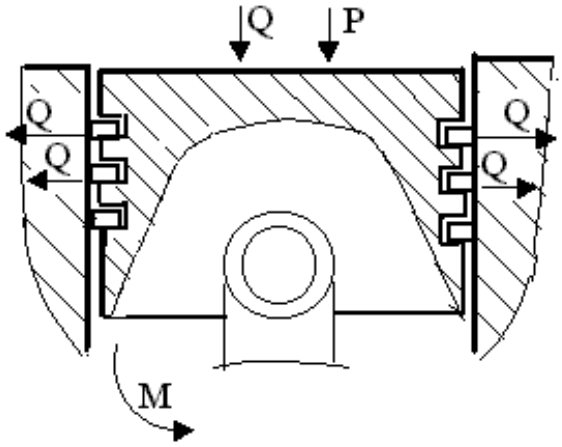


Рис. 1. Основные факторы, влияющие на износ деталей ЦПГ двигателя:
P – давление; *Q* – потоки тепловой нагрузки; *M* – момент, вызывающий перекладку поршня

Наибольшая нагрузка при этом воспринимается верхним компрессионным кольцом, поршневой перегородкой под этим кольцом и верхним поясом цилиндра. Рост давления при сгорании приводит к существенному увеличению усилия прижатия кольца к поверхности цилиндра и нижней поверхности канавки поршня. При этом через верхнее компрессионное кольцо отводится до 50 – 60% всего выделившегося тепла. Чтобы обеспечить передачу тепла через кольцо, необходимо точное прилегание кольца к канавке поршня и к поверхности цилиндра. Кроме того, верхнее компрессионное кольцо работает в условиях большего масляного голодания, чем другие кольца, что также является существенным фактором, увеличивающим износ как самого кольца, так и верхнего пояса цилиндра.

При приближении поршня к ВМТ под действием силы давления газов, увеличивается сила трения между бобышками поршня и поршневым пальцем. Это вызывает поворот поршня вместе с шатуном, то есть движение поршня от одной стенки гильзы к другой, так называемую, перекладку поршня. Перекладка поршня вблизи ВМТ, в зависимости от степени износа и угла опережения зажигания, происходит с сильным ударным импульсом, дополнительно нагружающим ЦПГ. Конструктивно момент начала перекладки и скорость перекладки поршня зависят от величины смещения оси поршневого пальца. В работе [1] установлено, что смещение поршневого пальца относительно оси поршня на оптимальную величину (1 – 2,5 мм) приводит к снижению износа гильзы цилиндра в верхнем поясе на 20 – 23% и уменьшению износа кольца на 28%.

Однако, проблема износа и, следовательно, контроля за этим износом остается [2]. В результате температурных и механических нагрузок верхнее компрессионное кольцо приобретает характерный профиль поперечного сечения с несимметричной бочкообразностью наружной поверхности и небольшой вогнутостью на торцах. Нижняя поверхность канавки поршня становится конической со скругленным краем, а на стенке цилиндра, в окрестностях ВМТ, появляется характерная выработка (рис. 2).

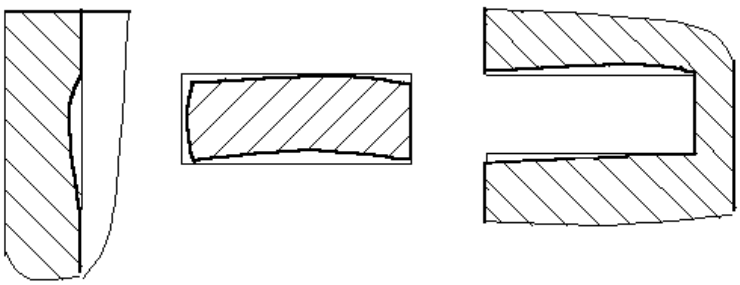


Рис. 2. Характерный износ деталей ЦПГ

Если выше перечисленные неисправности вовремя не устранить, происходит более сильное разрушение ЦПГ с изломом поршневых колец и образованием задиров на поверхности цилиндра.

Согласно ГОСТ 19919-74 и ГОСТ 20911-89 [3,4] вид технического состояния объекта характеризуется соответствием или несоответствием качества объекта определенным техническим требованиям, установленным технической документацией на этот объект. Различают следующие виды технического состояния: исправность и неисправность, работоспособность и неработоспособность, правильное функционирование и неправильное функционирование.

Алгоритм функционирования ЦПГ сводится к обеспечению герметичности тактов двигателя. При этом избыточное давление из надпоршневого пространства не должно проникать в картер двигателя, а из картера в камеру сгорания не должно поступать масло.

Следовательно, ЦПГ двигателя, несущая высокие тепловые и механические нагрузки, под действием которых изменяется вид ее технического состояния, является исправной, если работоспособны и правильно функционируют все элементы, входящие в эту группу: поршни, поршневые кольца, цилиндры, – и неисправной, если неправильно функционирует хотя бы один элемент из этой группы, что приводит к нарушению герметичности камеры сгорания, попаданию в нее масла, падению в ней давления сжатия и прорыву газов в картер двигателя.

Современные двигатели автомобилей за редким исключением являются многоцилиндровыми. Выход из строя какого-либо цилиндра еще не означает полную потерю работоспособности всего двигателя. Однако, такое неисправное, но работоспособное состояние двигателя ведет к ухудшению его конструктивных и эксплуатационных характеристик: потери мощности, снижению крутящего момента, увеличенному расходу горюче-смазочных материалов.

Согласно критерию, предложенному [5], мерой, характеризующей нарушение работоспособного состояния двигателя в связи с износами ЦПГ, может быть такое состояние уплотнения надпоршневого пространства, при котором невозможен пуск двигателя, или количество газов, прорывающихся в картер, превышает возможности системы вентиляции по их удалению. Из-за чего дальнейшая работа двигателя становится невозможной.

В продолжение этому утверждению следует заметить, что диагностика полностью отказавшего сложного объекта может и не рассматриваться. Сложный объект диагностики характеризуется сложной структурой, большим количеством параметров и состояний, тесной взаимосвязью между многими элементами и параметрами, малым объемом точных математических моделей, разнообразием происходящих в нем физических процессов, ограниченным доступом к контролируемым параметрам.

При анализе зарубежных средств диагностики [6,7,8] установлено, что в связи с постоянно ужесточающимися требованиями к современным автомобилям в отношении надежности, безопасности и экономичности соответствующим образом повышаются требования и к измерительной аппаратуре. При этом основное внимание уделено современным универсальным многофункциональным системам, реализованным с использованием современных средств микроэлектроники и вычислительной техники. Отличительной особенностью зарубежной аппаратуры является широкое применение средств вычислительной техники, обеспечивающих возможность обработки первичной информации и получения комплексных данных об исследуемых процессах в текущем времени. Однако, в современных зарубежных системах диагностики двигателя, которые обеспечивают измерение, обработку, отображение и запоминание диагностических параметров посредством микропроцессорной техники, прикладного программного обеспечения, цветных мониторов и автоматизированного управления общим недостатком, помимо высокой стоимости, является отсутствие распознавания и глубины поиска дефектов ЦПГ двигателя.

На сегодняшний день наиболее распространенным, доступным и достоверным остаются методы технической диагностики ЦПГ, дающие общую оценку герметичности надпоршневого пространства. Однако, эти и другие известные методы не дают желаемой информации о техническом состоянии ЦПГ и герметичности клапанов двигателя, вследствие неточности и противоречивости получаемых сведений, достоверность которых составляет 35-75%. При этом достоверность диагностического заключения во многом определяется опытом оператора и, следовательно, имеет субъективный характер.

Список использованных источников

9. Устройство, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт энергонасыщенных тракторов / А. И. Завражнов, С. М. Ведищев, Ю. Е. Глазков[и др. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2023. – 98 с.

10. Расчет показателей надежности автомобильной техники : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и «Агроинженерия» / Н. В. Хольшев, Д. Н. Коновалов, А. В. Милованов и др. ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2022. – 143 с.

11. ГОСТ 19919–74. Контроль автоматизированный технического состояния изделий авиационной техники. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов.

12. ГОСТ 20911–89. Техническая диагностика. Основные термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 14с.

13. Портнов, Н. Е. Проектирование технологических процессов восстановления деталей сельскохозяйственных машин / Н. Е. Портнов, Ю. Е. Глазков. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 1997. – 169 с.

14. Процессы внутреннего смесеобразования и сгорания в двигателях с искровым зажиганием / Ю. Е. Глазков, Д. В. Доровских, В. Ю. Глазков, А. Ю. Соловьев // Современная наука: теория, методология, практика : материалы V-й Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., Тамбов, 27–28 сентября 2023 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2023. – С. 154 – 159.

15. Глазков, Ю. Е. Роль частичных нагрузочных режимов и холостого хода при эксплуатации двигателей с искровым зажиганием / Ю. Е. Глазков, В. Ю. Глазков, М. А. Букина // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 94-5. – С. 139 – 141.

16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020614136 Российская Федерация. Приложение для расчета и построения внешней скоростной характеристики двигателя транспортного средства : № 2020613252 : заявл. 20.03.2020 : опубл. 26.03.2020 / Н. В. Хольшев, С. М. Ведищев, А. В. Прохоров, Ю. Е. Глазков ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет».

УДК 631.172
65.85.15: Энергетические средства в сельском хозяйстве

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Кондратьев Алексей Анатольевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский Государственный Технический университет», магистрант
e-mail: angelinavk@inbox.ru

Брусенков Алексей Владимирович
ФГБОУ ВО «Тамбовский Государственный Технический университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерия»
e-mail: aleksei_brusenkov@mail.ru

Согласно Стратегии развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, руководство нашей страны наметило большие задачи по дальнейшему подъему сельскохозяйственного производства, в частности: обновить состав машинно-тракторного парка (МТП), увеличить среднегодовое производство мяса, молока, яиц, плодоовощной продукции и картофеля. Для выполнения этих задач предусматривается расширить строительство новых станций по техническому обслуживанию и ремонту МТП и животноводческих комплексов, холодильных камер, хранилищ для кормов и овощей. Перевод сельскохозяйственного производства на индустриальную основу связан с резким увеличением уровня электрификации, механизации и автоматизации основных производственных процессов в хозяйствах.

Как известно, животноводческие помещения оснащаются современными устройствами для регулирования микроклимата, переработки и подготовки кормов, доения, подогрева воды, уборки помещений и тому подобное, создаваемыми на базе унифицированных схемных и конструктивных решений с использованием различных электрических аппаратов и блоков на бесконтактных полупроводниковых элементах. Кроме того, в каждом технологическом процессе используется большое число электродвигателей, электронагревательных, осветительных и облучательных установок, сложных систем автоматики и пускозащитной аппаратуры. В настоящее время в сельское хозяйство страны поступает различное электрооборудование, в том числе и в сельскохозяйственном исполнении. Так, с каждым годом в нашей стране растет количество и улучшается качество трехфазных асинхронных электродвигателей. В настоящее время промышленность выпускает современные электродвигатели серии 4А различных модификаций сельскохозяйственного исполнения. При нарушении сроков проведения технического обслуживания электрооборудования на животноводческих фермах годовые потери от неисправности электродвигателей составляют 20 – 25%, холодильных установок – 30, пускозащитной аппаратуры – 50%.

Использование электрооборудования характеризуется его занятостью в течение суток и в течение года, нагрузочными и пусковыми режимами, а также требованиями электрифицированных объектов к его надежности. Сельскохозяйственное производство имеет ярко выраженный сезонный характер и суточную цикличность работ технологического оборудования. Эти особенности ограничивают годовое число часов использования электрооборудования. Например, около 30% двигателей используют менее 500 ч/год, 50% – до 1000 ч/год и лишь остальные – более 1000 ч/год. Часть двигателей (12%) работают всего 1,5 – 2,0 ч/сут. Средняя продолжительность использования в сельском хозяйстве хотя двигатели проектируют на занятость в течение 1500 ч/год [1, 2]. Эксплуатационная надежность электрооборудования пока еще не удовлетворяет в достаточной мере требованиям сельскохозяйственного производства. Электродвигателе выходят из строя в 1,5 – 3 раза чаще, чем регламентировано е паспортных данных. Велики потери электроэнергии, обусловленные неоптимальными режимами использования электроустановок. Затраты на техническую эксплуатацию за срок нормативной окупаемости в 4 – 10 раз превышают стоимость новой электрооборудования [1]. Все это снижает выпуск продукции агрпромышленного комплекса и увеличивает ее себестоимость. На крупных автоматизированных комплексах, когда выход из строя электродвигателя вызывает остановку целого ряда технологически связанного оборудования, затраты на ликвидацию аварии значительны [2, 3].

Чтобы создать правильную защиту электродвигателей от возникающих внезапно в них отказов, необходимо выявить характер их причин. Проведенный теоретический анализ по выходу из рабочего процесса электродвигателей в сельскохозяйственном производстве показал, что тяжелые условия эксплуатации (высокая влажность, запыленность и другие) создают отрицательные предпосылки в их дальнейшей работоспособности. Используя комплексные мероприятия по улучшению условий их эксплуатации и защите, согласованные с их параметрами и эксплуатационными условиями можно увеличить сроки эксплуатации электродвигателей. Частью большого комплекса мероприятий является разработка и внедрение фазочувствительных устройств защиты электродвигателей; встроенной температурной защите; при помощи тепловых реле (как правило, электрики хозяйств не умеют точно отрегулировать тепловые реле, не знают, когда и какой защитой их следует дополнить или заменить). Известно, что трехфазные электродвигатели можно защищать, контролируя: напряжение питания; токи нагрузки; угол сдвига фаз между напряжениями или токами; напряжения или токи нуле-

вой последовательности; температуру статорной обмотки. В ряде случаев контролируют несколько параметров: ток нулевой последовательности и температуру статорной обмотки или токи нагрузки; угол сдвига фаз между токами нагрузки, сопротивление изоляции статорной обмотки и температуру корпуса электродвигателя.

Как показывает практика, на современных животноводческих фермах и комплексах используется большое количество асинхронных электродвигателей с разными мощностями (от 1,1 до 30,0 кВт). Это следует учитывать при приобретении устройств защиты для хозяйств.

В сельскохозяйственном производстве многие электродвигатели находятся в сложных условиях, они неправильно загружены (обычно недогружены), работают кратковременно – во многих случаях с большими перерывами, а подведенное напряжение трехфазной сети часто нестабильно, с переменной асимметрией, что обусловлено смешанным подключением однофазных и трехфазных потребителей. К тому же обслуживание электродвигателей и питающих внутрихозяйственных сельских электрических сетей находится на весьма низком уровне. Все эти факторы отрицательно влияют на эксплуатационную надежность электродвигателей, применяющихся в сельском хозяйстве.

Кроме того, не стоит забывать и о том, что причинами аварий электродвигателей на животноводческих фермах являются условия их работы. Пыль на мельницах, пунктах первичной обработки зерна и в комбикормовых цехах; большая влажность и присутствие агрессивных газов в животноводческих помещениях; резкие колебания температуры и значительное понижение температуры в зимнее время на открытой территории ферм, высокая температура в зерносушилках и так далее усложняют эксплуатацию электродвигателей в сельском хозяйстве. Максимальная допустимая мощность электродвигателя определяется по допустимой температуре статорной обмотки при температуре окружающей среды 40 °С. Следовательно, реальная температура окружающей среды сильно влияет на допустимую мощность электродвигателя.

Отсюда следует, что электродвигатели в животноводческих помещениях работают при пониженной температуре окружающей среды по сравнению с максимально допустимой (40 °С), поэтому они могут развивать большую максимальную мощность. В то же время они находятся в агрессивной среде с повышенной относительной влажностью, что пагубно влияет на изоляцию обмоток и на электродвигатель в целом.

Разнообразие сельскохозяйственных машин определяет несходные режимы работы электродвигателей. Так, например, у электродвигателей вентиляторов, калориферов, центробежных насосов постоянные нагрузки, и поэтому ток нагрузки электродвигателей меняется только при изменении напряжения питания. В свою очередь, у электродвигателей измельчителей, кормодробилок и других, нагрузки резко переменные и часто возникают кратковременные перегрузки. Допустимая нагрузка электродвигателя зависит от длительности непрерывной работы и температуры окружающей среды, так как определяющим фактором мощности является допустимая температура статорной обмотки. Если температура обмотки превышает допустимую, электродвигатель выходит из строя. Если электродвигатель работает при пониженной температуре окружающей среды, то при номинальной нагрузке температура статорной обмотки ниже допустимой. Это значит, что в таких условиях электродвигатель может длительно работать с перегрузкой. Так, например, в животноводческих помещениях температура обычно ниже максимально допустимой (40 °С) на 20...25 °С. Это значит, что там электродвигатели без ущерба для срока службы могут постоянно работать с 25 – 30%-ной перегрузкой. Еще большая перегрузка разрешается для электродвигателей насосов, установленных в колодцах, и для всех электродвигателей, работающих на открытом воздухе или в неотапливаемых помещениях в зимнее время. В то же время электродвигатели часто выбирают с явно завышенной мощностью. При этом двигатели недогружены, их мощность используется недостаточно. Поэтому при выборе защиты электродвигателя необходимо учитывать его реальную нагрузку, возможные перегрузки и их характер.

Кроме того, электродвигатели в сельском хозяйстве резко различаются по продолжительности непрерывной работы в течение суток и в течение года, что также является критерием при выборе защиты. Например, за время для привода навозоуборочного транспортера температура статорной обмотки очень мало повышается и далека от допустимой. Такие электродвигатели могут работать со значительными перегрузками.

Следовательно, при выборе устройств защиты необходимо: прогнозировать ожидаемые аварийные режимы защищаемого электродвигателя; оценивать возможные нарушения электробезопасности; определять технически наиболее соответствующие устройства защиты и экономически обосновывать правильность выбора. С учетом этого для защиты электродвигателей в сельском хозяйстве можно рекомендовать следующее.

1. Для защиты электродвигателей различных машин и оборудования в животноводстве (механизмов очистки и обработки зерна, машин для транспортирования корнеплодов к месту дальнейшей переработки и других), а также некоторых других электродвигателей, работающих в присутствии технически грамотного обслуживающего персонала, следует применять точно отрегулированные тепловые реле. Такая защита является экономически наиболее выгодной и в то же время достаточно хорошей для электродвигателей перечисленных механизмов.

2. Все электродвигатели, работающие в животноводческих помещениях, а также те, которые работают без присутствия обслуживающего персонала (например, вентиляторы, в том числе для искусственной сушки сена, насосы и т.п.), необходимо защищать фазочувствительными устройствами. Эти устройства, кроме защиты самого электродвигателя, обеспечивают пожаро- и электробезопасность, так как моментально реагируют на неполнофазные режимы и короткие замыкания.

3. Электродвигатели, которым свойственно нарушение охлаждения, например находящиеся в пыльных (мельницы, комбикормовые цеха и т.п.) или горячих (котельные, сушилки) помещениях, должны быть защище-

ны по температуре. Если особые требования к пожаро- и электробезопасности не предъявляются, следует применять встроенную температурную защиту типа УВТЗ. Если же такие требования предъявляются, тогда УВТЗ необходимо дополнить защитно-отключающим устройством (например, ИЭ-9801, РУД-02 и т.п.) Однако экономически выгоднее в данном случае использовать универсальное фазочувствительное устройство ФУЗ-У с подключенными позисторами, установленными в электродвигателе. Встроенную температурную защиту типа УВТЗ также целесообразно применять для защиты электродвигателей с резко переменной нагрузкой (кормодробилки, измельчители, пресс-грануляторы и т.п.), с частыми пусками (дозаторы) и реверсами.

4. Погружные электродвигатели необходимо защищать фазочувствительными устройствами, дополнительно контролируя сопротивление изоляции. Этим требованиям наиболее соответствует универсальная станция управления и защиты (УСУЗ). Но так как погружные электродвигатели комплектуются другими станциями управления, например ШЭТ5801 с неудовлетворительной защитой, то с экономической точки зрения целесообразно дополнительно устанавливать фазочувствительные устройства ФУЗ или ФУЗ-М.

Список использованных источников

1. Пястолов, А. А. Эксплуатация электрооборудования / А. А. Пястолов, Г. П. Ерошенко. – М. : Агропромиздат, 1990. – 287 с.

2. Сырых, Н. Н. Надежность электрооборудования ферм / Н. Н. Сырых, Ю. С. Борисов. – М. : Росагромиздат, 1989. – 72 с.

3. Дружинин, Г. В. Надежность автоматизированных производственных систем / Г. В. Дружинин. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 480 с.

УДК 636.085.68
40.73: Малогабаритная техника в сельском хозяйстве

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ШНЕКОВО-ЛЕНТОЧНОГО СМЕСИТЕЛЯ

Ложкина Екатерина Богдановна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», аспирант
e-mail: lozhkina.ekaterina2016@gmail.com

Техническим результатом изобретения является получение необходимого качества кормосмеси за меньшее время при пониженных энергозатратах. Достижение результата достигается за счет применения канала обратного хода с обоих краев имеющего участки с продольными сквозными прямоугольными отверстиями, обеспечивающими свободный проход частиц корма между рабочими органами смесителя, причем на конце комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа закреплены радиальные лопасти, а внутри в конце канала обратного хода неподвижно установленного полукруглого лотка, крепящегося к фланцу корпуса [1, 2, 4 – 8].

Смеситель включает наклонный корпус 1 (рис. 1), многосекционный бункер 2 для наполнителя и добавок, выгрузной патрубок 3, перекрываемый заслонкой 4 и комбинированный шнеково-ленточный рабочий орган загрузочная 5 и выгрузная 6 части которого соединены каналом обратного хода 7, который расположен внутри комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа. Комбинированный шнеково-ленточный рабочий орган состоит из чередующихся витков шнековой 8 и ленточной 9 навивок, имеющих следующие размеры: внешний диаметр шнековой 8 и ленточной 9 навивок – D_2; внутренний диаметр шнековой навивки 8 – D; внутренний диаметр ленточной навивки 9 – $D_1 = D_2 - \left(\frac{D - D_2}{3}\right)$, шаг шнековой 8 и ленточной 9 навивок – $t_2 = D_2$ [2].

Внутри канала обратного хода 7 установлен дополнительный комбинированный шнеково-ленточный рабочий орган с валом 10 и чередующимися витками шнековой 11 и ленточной 12 навивок, имеющих следующие размеры: внешние диаметры шнековой 11 и ленточной 12 навивок – d_2; внутренний диаметр шнековой навивки 11 – d; внутренний диаметр ленточной навивки 12 – $d_1 = d_2 - \left(\frac{d - d_2}{3}\right)$; шаг шнековой 11 и ленточной 12 навивок – $t_1 = \frac{d_2}{2}$.

Канал обратного хода 7 комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа с обоих краев имеет участки с продольными сквозными прямоугольными отверстиями 13 и 14, обеспечивающими свободный проход частиц корма между рабочими органами. В конце канала обратного хода 7 комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа закреплены радиальные лопасти 17. Внутри в конце канала 7 обратного хода неподвижно установлен полукруглый лоток 15, крепящийся к фланцу 16 корпуса 1.

Для поддержания соосности дополнительного шнеково-ленточного рабочего органа и канала обратного хода 7 располагается подвесной подшипник 18.

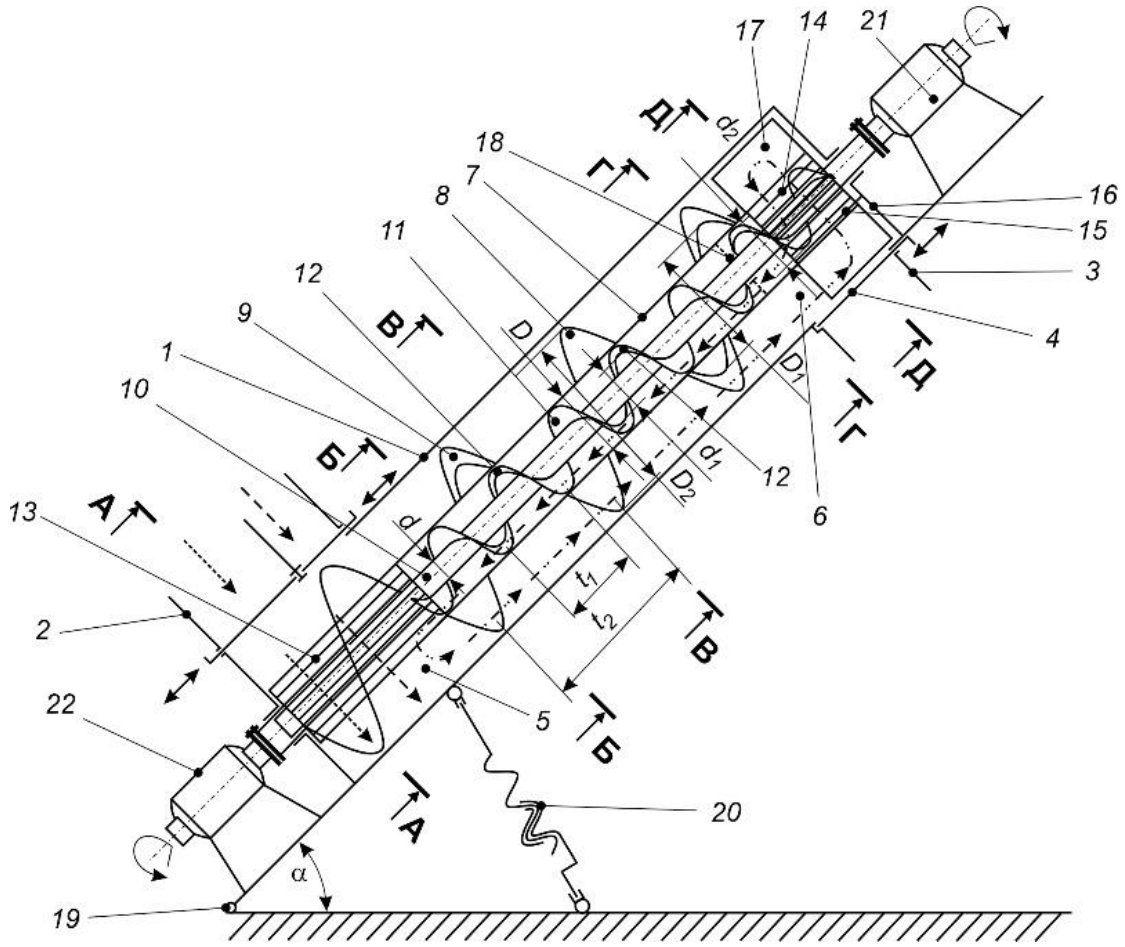


Рис. 1. Смеситель сыпучих кормов (патент РФ №2828871):
1 – корпус; *2* – бункер; *3* – выгрузной патрубок; 4 – перекрываемая заслонка; *5* – загрузочная; *6* – выгрузная часть; *7* – канал обратного хода; *8, 11* – шнековая навивка; *9, 12* – ленточная навивка; *10* – вал; *13, 14* – продольные сквозные прямоугольные отверстия; *15* – лоток; *16* – фланец; *17* –лопасти; *18* – подшипник; *19* – ось; *20* – винтовой механизм; *21, 22* – привод

Корпус 1 смесителя установлен на оси 19 и может изменять угол α своего наклона к горизонту с помощью винтового механизма 20.

Комбинированный шнеково-ленточный рабочий орган и дополнительный комбинированный шнеково-ленточный рабочий орган вращаются в противоположные стороны при помощи приводов 21 и 22 соответственно.

Технологический процесс работы смесителя осуществляется следующим образом. Смешиваемые компоненты из многосекционного бункера 2 поступают в загрузочную часть 5 комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, затем чередующимися витками шнековой 8 и ленточной 9 навивок смешиваемые компоненты перемещаются из загрузочной части 5 по наклонному корпусу 1 вверх к выгрузной части 6, одновременно перемешиваясь. На ленточной навивке 9 компоненты кормовой смеси частично пересыпаются через ленточную навивку 9 на порцию кормовых компонентов, подаваемую шнековой навивкой 8, перемешиваясь с ней, а частично захватываются ленточной навивкой 9 и перемещаются к шнековой навивке 8 в сторону выгрузной части 6 комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа. Достигнув выгрузной части 6 комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа кормовая смесь поднимается радиальными лопастями 17 и пересыпается через продольные сквозные прямоугольные отверстия 14 на неподвижный полукруглый лоток 15, а затем захватывается шнековой навивкой 11 дополнительного комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа и подается во вращающийся канал 7 обратного хода.

Перемещение и перемешивание компонентов корма внутри канала обратного хода 7 от выгрузной 6 к загрузочной 5 части дополнительным комбинированным шнеково-ленточным рабочим органом происходит под действием чередующихся витков шнековой 11 и ленточной 12 навивок дополнительного комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, а также под действием сил тяжести. При этом под действием шнековой 11 и ленточной 12 навивок происходит перемешивание компонентов смеси. На ленточной навивке 12 компоненты частично пересыпаются через нее и смешиваются с порцией компонентов, подаваемых шнековой навивкой 11, а частично захватываются ленточной навивкой 12 и перемещаются к следующему витку шнековой навивки 11.

Перемещаемая кормовая смесь, достигнув по каналу обратного хода продольных сквозных прямоугольных отверстий 13 из вращающегося канала обратного хода 7 поступает в загрузочную часть 5 комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, смешивается с компонентами кормовой смеси, подаваемыми из многосекционного бункера 2, захватывается шнековой 8 и ленточной навивками и далее цикл движения кормовой смеси повторяется.

Для исключения сегрегации при самопроизвольном пересыпании корма величина угла α наклона корпуса 1 устанавливается винтовым механизмом 20 меньше угла трения корма. По окончании перемешивания открывается выгрузная заслонка 4 и готовая кормовая смесь выгружается через выгрузной патрубок 3.

Предложенная конструктивно-технологическая схема смесителя обеспечивает снижение времени смешивания за счет воздействия на кормовую смесь шнековой 8 и ленточной 9 навивок комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, радиальных лопастей 17, подающих кормовую смесь на неподвижный лоток 15, вращения канала обратного хода 7, шнековой 11 и ленточной 12 навивок дополнительного комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, прохождению смеси через участки с продольным сквозными прямоугольными отверстиями 13 и 14, способствующими взаимопроникновению компонентов смеси.

Наклонное расположение корпуса смесителя к горизонту дает возможность устанавливать заданный режим движения различных смешиваемых компонентов кормосмеси под действием рабочих органов.

Предложенный смеситель за счет интенсификации движения корма в корпусе смесителя позволяет получить необходимое качество кормосмеси за меньшее время при пониженных энергозатратах.

Список использованных источников

1. Исследование энергозатрат шнекового дозатора – смесителя / С. М. Ведищев, А. В. Прохоров, А. И. Завражнов и др. // Вестник Рязанского ГАТУ им. П. А. Костычева. – 2019. – № 2(42). – С. 96 – 101.

2. Моделирование критической частоты вращения лопастного ротора с отогнутыми лопастями в циркуляционном смесителе кормосмесей / Т. М. Ковалева, С. М. Ведищев, В. Ю. Зайцев, В. В. Коновалов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2024. – Т. 25, № 4. – С. 700 – 711.

3. Патент № 2828871 C1 Российская Федерация, МПК A23N 17/00. Смеситель сыпучих кормов : № 2024101844 : заявл. 25.01.2024 : опубл. 21.10.2024 / С. М. Ведищев, В. В. Коновалов, А. В. Прохоров и др. ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет».

4. Приготовление комбикормов в условиях КФХ / С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, А. В. Прохоров и др. // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию П. В. Сенина, Саранск, 22–23 ноября 2023 года. – Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, 2024. – С. 13 – 22.

5. Программа экспериментальных исследований смесителя с активным каналом обратного хода / М. Е. Выгузов, С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, Т. М. Ковалева // Цифровизация агропромышленного комплекса : сб. науч. ст. : в 3-х т., Тамбов, 23–25 октября 2024 года. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2024. – С. 216 – 218.

6. Смеситель сыпучих кормосмесей / Е. Б. Ложкина, С. М. Ведищев, В. В. Коновалов, Т. М. Ковалева // Цифровизация агропромышленного комплекса : сб. науч. ст. : в 3-х т., Тамбов, 23–25 октября 2024 года. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2024. – С. 225 – 227.

7. Теоретическое обоснование частоты вращения лопастного погрузчика в циркуляционном смесителе / М. Е. Выгузов, С. М. Ведищев, В. Ю. Зайцев, В. В. Коновалов // Наука в центральной России. – 2024. – № 2(68). – С. 15 – 25.

8. Механизация и технологии в животноводстве / С. М. Ведищев, В. В. Коновалов, А. И. Завражнов и др. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2023. – 112 с.

УДК 636.085.68
40.73: Малогабаритная техника в сельском хозяйстве

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СМЕСИТЕЛЕЙ СУХИХ РАССЫПНЫХ КОРМОСМЕСЕЙ

Рогожкин Артем Сергеевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», аспирант
e-mail: artemka_9208@mail.ru

Глазков Андрей Юрьевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», ассистент кафедры «Агроиженерия»
e-mail: glazkov_yura1@mail.ru

Выгузов Максим Евгеньевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», аспирант
e-mail: ele-vigozova@mail.ru

Башкатов Станислав Алексеевич
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: bashkatovstas68@gmail.com

Ведищев Сергей Михайлович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Агроинженерия»
e-mail: serg666_65@mail.ru

Прохоров Алексей Владимирович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Агроинженерия»
e-mail: pav1981@bk.ru

На основании уточненной классификации смесителей кормов и анализа результатов научных исследований разработана новая конструктивно-технологическая схема шнекового смесителя периодического действия с активным каналом обратного хода, позволяющая снизить удельные затраты энергии за счет организации движения компонентов корма в бункере и активизации взаимопроникновения потоков кормовой смеси внутри корпуса смесителя (рис. 1) [2, 3, 5].

Смеситель включает раму, на которой установлены корпус, привод комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа и привод дополнительного комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, многосекционный бункер, перекрываемый заслонками, выгрузной патрубок, перекрываемый заслонкой. Выгрузная и загрузочная части комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа соединены каналом обратного хода, который расположен внутри комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа. Комбинированный шнеково-ленточный рабочий орган состоит из чередующихся витков шнековой и ленточной навивок.

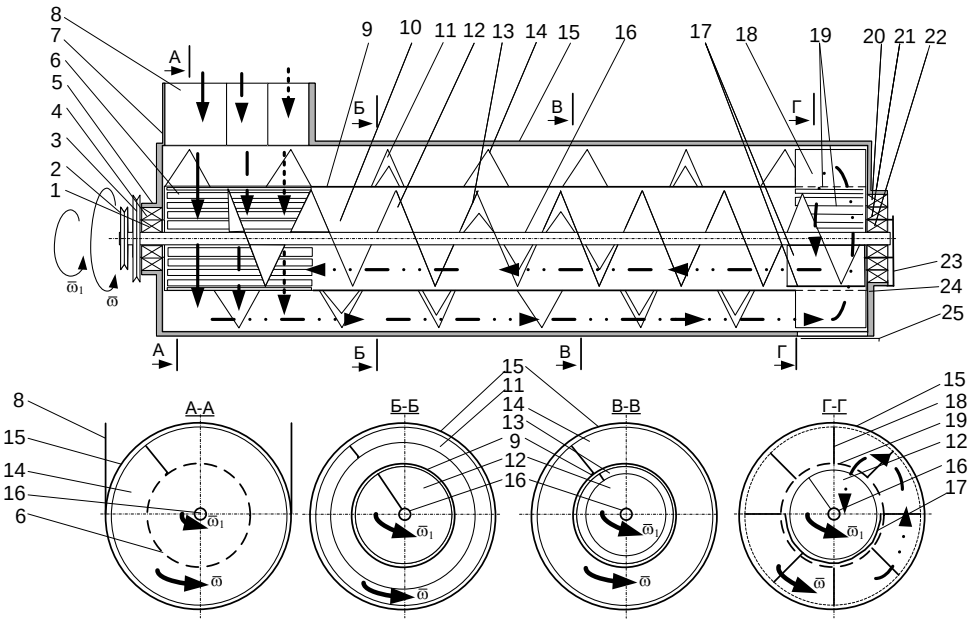
Внутри канала обратного хода установлен дополнительный комбинированный шнеково-ленточный рабочий орган с валом и чередующимися витками шнековой и ленточной навивок.

В конце ленточной навивки комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа имеется перегрузчик с лопастями.

Комбинированный шнеково-ленточный рабочий орган и дополнительный комбинированный шнеково-ленточный рабочий орган вращаются в противоположные стороны при помощи приводов.

Технологический процесс работы смесителя осуществляется таким образом. Смешиваемые компоненты из многосекционного загрузочного бункера поступают в загрузочную часть комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, затем чередующимися витками шнековой и ленточной навивок смешиваемые компоненты перемещаются из загрузочной части по корпусу к выгрузной части, одновременно перемешиваясь. На ленточной навивке компоненты кормовой смеси частично пересыпаются через ленточную навивку на порцию кормовых компонентов, подаваемых шнековой навивкой, перемешиваясь с ней, а частично захватываются ленточной навивкой и перемещаются к шнековой навивке в сторону выгрузной части комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа. Достигнув выгрузной части комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, кормовая смесь поднимается лопастями перегрузчика и пересыпается в канал обратного хода.

Перемещение и перемешивание компонентов корма внутри канала обратного хода от выгрузной к загрузочной части дополнительного комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа происходит под действием чередующихся витков шнековой и ленточной навивок дополнительного комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, а также под действием сил тяжести. При этом под действием шнековой и ленточной навивок происходит перемешивание компонентов смеси. На ленточной навивке компоненты частично пересыпаются через нее и смешиваются с порцией компонентов, подаваемых шнековой навивкой, а частично захватываются ленточной навивкой и перемещаются к следующему витку шнековой навивки.



1 – внутренний подшипник; 2 – шкив привала вала внутреннего шнека; 3 – шкив привала вала внешнего шнека; 4 – наружный подшипник; 5 – фланец кожуха; 6 – участок вала внешнего шнека с продольными отверстиями; 7 – загрузной лоток; 8 – канал загрузного лотка; 9 – трубчатый участок вала внешнего шнека (кожуха внутреннего шнека); 10 – внутренний обратный канал; 11 – ленточный участок навивки наружного шнека; 12 – винтовой участок навивки внутреннего шнека; 13 – ленточный участок навивки внутреннего шнека; 14 – винтовой участок навивки наружного шнека; 15 – трубчатый кожух шнека; 16 – вал внутреннего шнека; 17 – лоток; 18 – радиальные лопасти; 19 – участок вала внешнего шнека с продольными отверстиями и креплениями радиальных лопастей; 20 – наружный подшипник; 21 – средний подшипник; 22 -– внутренний подшипник; 23 – съемный фланец; 24 – фланец; 25 – заслонка

По окончании перемешивания открывается выгрузная заслонка и готовая кормовая смесь выгружается через выгрузной патрубок.

Предложенная конструктивно-технологическая схема смесителя обеспечивает снижение времени смешивания за счет воздействия на кормовую смесь шнековой и ленточной навивок комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, лопастей перегрузчика, вращения канала обратного хода, шнековой и ленточной навивок дополнительного комбинированного шнеково-ленточного рабочего органа, способствующих взаимопроникновению компонентов смеси [1, 4].

Предложенный смеситель за счет интенсификации движения корма в корпусе смесителя позволяет получить необходимое качество кормосмеси за меньшее время при пониженных энергозатратах.

Список использованных источников

1. Моделирование критической частоты вращения лопастного ротора с отогнутыми лопастями в циркуляционном смесителе кормосмесей / Т. М. Ковалева, С. М. Ведищев, В. Ю. Зайцев, В. В. Коновалов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2024. – Т. 25, № 4. – С. 700 – 711.

2. Приготовление комбикормов в условиях КФХ / С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, А. В. Прохоров и др. // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию П. В. Сенина, Саранск, 22–23 ноября 2023 года. – Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, 2024. – С. 13 – 22.

3. Смеситель сыпучих кормосмесей / Е. Б. Ложкина, С. М. Ведищев, В. В. Коновалов, Т. М. Ковалева // Цифровизация агропромышленного комплекса : сб. науч. ст. : в 3-х т., Тамбов, 23 – 25 октября 2024 года. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2024. – С. 225 – 227.

4. Теоретическое обоснование частоты вращения лопастного погрузчика в циркуляционном смесителе / М. Е. Выгузов, С. М. Ведищев, В. Ю. Зайцев, В. В. Коновалов // Наука в центральной России. – 2024. – № 2(68). – С. 15 – 25. – DOI 10.35887/2305-2538-2024-2-15-25. – EDN MTXYXE.

5. Механизация и технологии в животноводстве / С. М. Ведищев, В. В. Коновалов, А. И. Завражнов и др. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2023. – 112 с.

УДК 636.085.68
40.73: Малогабаритная техника в сельском хозяйстве

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ

Сантурян Ольга Вячеславовна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», магистрант
e-mail: *santuryan.olya31@yandex.ru*

Ведищев Сергей Михайлович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Агроинженерия»
e-mail: *serg666_65@mail.ru*

Ложкина Екатерина Богдановна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», аспирант
e-mail: *lozhkina.ekaterina2016@gmail.com*

Кажияхметова Аинур Ароновна
ЧВПОУ «Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет», кандидат технических наук, старший преподаватель,
e-mail: *aiioka@mail.ru*

Ковалева Татьяна Михайловна
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», аспирант
e-mail: *kovaleva798@mail.ru*

Молочное скотоводство в России – ведущая и наиболее сложная отрасль животноводства. В отрасли работают более 1,5 млн человек – около 2% всех занятых в России. От крупного рогатого скота получают молоко (98%) и около 40% мяса [1, 7, 9].

Неоптимальное соотношение питательных компонентов в рационе животных по элементам питания ведет к снижению среднесуточного прироста их массы на 30…35% и увеличению затрат кормов на единицу продукции на 50%. В структуре рационов крупного рогатого скота концентрированные корма составляют до 35%. Сбалансированные по питательным веществам корма позволяют на 15…20% повысить продуктивность животных по сравнению с использованием несбалансированных кормосмесей, сопоставимых с ними по общей питательности.

В настоящее время поголовье крупного рогатого скота распределяется следующим образом по виду хозяйства: 47% личные подсобные хозяйства; 20% фермерские хозяйства; 33% сельскохозяйственные предприятия [1, 7, 9].

С 2010 по 2020 год изменилась структура потребление по видам кормов: возросло потребление комбикормов с 48 до 85%. А это наиболее ценные и дорогостоящие корма [1 – 8].

Использование комбикорма-концентрата, готового к употреблению без доработки, в сочетании с грубыми и сочными кормами значительно облегчает процесс выращивания животных, делает нелегкий труд животновода выгодным и удобным. Производство комбикормов обеспечивается как крупными промышленными предприятиями, так и сетью мелких, имеющих возможность использовать малоэнергоемкие технические средства, местное сырье Перенос производства непосредственно к источнику сырья и потребителю продукции уменьшает расходы на транспортировку и хранение продукции в 5 – 10 раз [3, 4, 7].

Большинство выпускаемого комбикормового оборудования рассчитано на заводской вариант их размещения и не может эффективно использовано в небольших хозяйствах. У поставляемой отечественной промышленностью техники низкие показатели качества. Ее конкурентоспособность на внутреннем рынке сохраняется в основном по ценовым параметрам.

Поэтому совершенствование конструкции смесительного агрегата, определение рациональных параметров и режимов работы шнековых смесительных рабочих органов, обеспечивающих снижение удельных энергозатрат, при соблюдении показателей качества в соответствии с нормативами является актуальной задачей.

Для приготовления кормов животным в нашей стране и за рубежом нашли применение смесители кормов, как выпускаемые серийно, так и отдельные образцы, изготовленные аспирантами и соискателями НИИ вузов, конструкторских бюро, а также специалистами и рационализаторами хозяйств [1 – 4, 7]. Разнообразие этих устройств связано с различными зоотехническими требованиями к процессу смешивания для различных видов и возрастных групп животных, разнообразием зональных особенностей кормов и их физико-механических свойств, размерами и назначением кормоприготовительного оборудования, в также поиском рациональной конструкцией машины, которая по своим показателям качества наиболее полно отвечала бы зоотехническим и технико-экономическим требованиям.

Для выявления направления совершенствования существующих смесителей кормов рассмотрена классификация и проведен анализ наиболее типичных конструкций таких машин [1 – 4, 7].

С учетом ранее разработанных классификаций смесителей кормов по показателям наибольшего влияния на качество смеси и энергоемкость процесса их целесообразно классифицировать по следующим основным признакам: виду кормов; кинематическому режиму; характеру смешивания; конструктивному признаку; конструктивному исполнению бункера; по количеству смешивающих валов; расположению рабочего органа; способу смешивания; по виду движения смешиваемых компонентов; по типу рабочего органа.

Данный классификация была уточнена по классификационному признаку-по типу рабочего органа: шнековый с активным каналом обратного хода. Указанным требованиям отвечает смеситель с активным каналом обратного хода в соответствии с патентом на изобретение РФ № 2705334 «Смеситель для сыпучих кормов», и патентом на полезную модель Республики Казахстан № 6448 «Шнековый смеситель с каналом обратного хода» [9, 10].

Список использованных источников

1. Ведищев, С. М. Анализ малогабаритных комбикормовых агрегатов [Электронный ресурс] / С. М. Ведищев, А. А. Кажияхметова, Н. В. Хольшев ; под общ. ред. Ю. В. Родионова // Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья // материалы I Всерос. конф. с междунар. участием ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 135 – 151.

2. Механизация и технологии в животноводстве / С. М. Ведищев, В. В. Коновалов, А. И. Завражнов и др. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2023. – 365 с.

3. Методика определения показателей эффективности молочной продуктивности / В. В. Коновалов, С. Ю. Ефремова, А. В. Чупшев, В. П. Терюшков // Нива Поволжья. – 2024. – № 4(72).

4. Обзор технологии приготовления сухих рассыпных комбикормов / М. К. Бралиев, А. А. Кажияхметова, А. И. Завражнов, С. М. Ведищев // Современная наука: теория, методология, практика : Материалы IV Всероссийской национальной науч.-практ. конф., Тамбов, 20–21 апреля 2022 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2022. – С. 255 – 261.

5. Результаты моделирования неравномерности смеси с учетом влияния случайных процессов / В. В. Коновалов, В. Ю. Зайцев, М. В. Донцова, М. Н. Шутов // Вестник НГИЭИ. – 2025. – № 4(167). – С. 17 – 27.

6. Техническое обеспечение животноводства / А. И. Завражнов, С. М. Ведищев, М. К. Бралиев и др. – СПб. : Лань, 2020. – 516 с. – (Среднее профессиональное образование).

7. Технологии приготовления комбикормов в условиях небольших хозяйств / С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, А. В. Прохоров и др. // Современная наука: теория, методология, практика : материалы V Всерос. (национальной) науч.-практ. конф., Тамбов, 27–28 сентября 2023 года. – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А. В., 2023. – С. 24 – 30.

8. Эффективность технологических линий кормления животных / С. М. Ведищев, А. И. Завражнов, А. Г. Павлов, М. Е. Выгузов // Вестник Западно-Казахстанского инновационно-технологического университета. – 2023. – Т. 28, № 4. – С. 76 – 81.

9. Пат. 2705334 РФ, МПК7 A 01 K 5/00 (2006.01) B 01 F 7/08 (2006.01). Смеситель для сыпучих кормов / Ведищев С. М., Завражнов А. И., Кажияхметова А. А., Прохоров А. В., Прохоров С. В., Хольшев Н. В. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государст-венное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»). – № 2019106970 ; заявл. 13.03.2019 ; опубл. : 06.11.2019, Бюл. № 31. – 6 с.

10. Пат. 6448 РК. Шнековый смеситель с каналом обратного хода / Биниязов А. М., Кажяхметова А. А., Захаров В. П., Ведищев С. М., Биниязов Е. М. ; заявитель и патентообладатель Частное высшее профессиональное образовательное учреждение «Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет» (KZ). – № 2021/0182.2 ; заявл. 23.02.2021 ; опубл. 24.09.2021.

УДК 631.31 (470.44)
68.85.29: Механизация обработки почв

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЩЕЛЕВАНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР В САРАТОВСКОМ ЛЕВОБЕРЕЖЬЕ

Старцев Сергей Викторович
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова», доктор технических наук, профессор кафедры «Техническое обеспечение АПК»
e-mail: *kingofscience@yandex.ru*

Павлов Андрей Владимирович
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова», кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническое обеспечение АПК»
e-mail: *andrej.pavloff2015@yandex.ru*

Нестеров Евгений Сергеевич
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова», кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническое обеспечение АПК»
e-mail: *nesterov21@mail.ru*

Аннотация. Представлены результаты полевых исследований технологии щелевания почвы почвообрабатывающим орудием ПБС-8х70Щ для возделывания пропашных культур в засушливых условиях Левобережных районов Саратовской области. Приведены некоторые технические характеристики агрегата, результаты исследований зависимости степени развития корневых систем подсолнечника, кукурузы, сои от запаса продуктивной влаги в корнеобитаемом метровом слое и плотности сложения почвы в период их вегетации; водно-физических свойств почвы перед уходом поля в зиму, перед посевом и уборкой пропашных культур. Технология посева пропашных культур по нарезанным щелям экспериментальным орудием позволила получить урожайность 1,75 т/га подсолнечника и 3,44 т/га кукурузы на зерно.

Ключевые слова: щелеватель почвы, технология щелевания, влагонакопление, плотность почвы, подсолнечник, кукуруза на зерно.

Введение. Саратовская область расположена в области континентального климата. Количество осадков в юго-восточной или Левобережной части области не превышает 250 мм в год, а в летний период присутствуют частые засухи и суховеи [1]. Почвенный покров в основном представлен почвами каштанового типа подверженные воздействию водно-ветровой эрозии и занимают 22,8% в общей структуре почв области. Большинство хозяйств на данном агроландшафте ежегодно занимаются возделыванием таких культур как подсолнечник, кукуруза на зерно и соя. Общая площадь Саратовской области по производству подсолнечника приближается к 1,5 млн. га, по кукурузе к 160 тыс. га и по сое к 30 тыс. га [2]. Эти сельскохозяйственные культуры остаются наиболее рентабельными, пользующихся на рынке постоянным спросом. Поэтому рациональное использование атмосферных осадков, запасы которых формируются в основном в осенне-зимний период, является важным резервом повышения продуктивности пашни при производстве данных сельскохозяйственных культур [1, 2].

Методика исследований. Экспериментальные исследования проводились на опытных участках УНПО «Поволжье» п. Степное Энгельсского района Саратовской области, территориально расположенных в Левобережной зоне Саратовского Заволжья. Программой исследований предусматривалось проведение обработки почвы с нарезанием щелей по стерневым фону в засушливой зоне земледелия. Влажность почвы в пахотном слое от 0 до 40 см составляла от 18,0 до 22,2%. Масса растительных остатков на фоне озимой пшеницы составляла в среднем 480 г/м^2, наибольшая высота растений достигала 15 см. Агротехнические и эксплуатационные показатели определялись по стандартной методике [3].

Также на опытных участках были проведены экспериментальные исследования зависимости степени развития корневых систем от запаса продуктивной влаги в корнеобитаемом метровом слое и плотности сложения почвы в период вегетации подсолнечника, кукурузы и сои. Корреляционные зависимости представлены уравнениями регрессии:

$$D_{\text{подсолн}} = 51{,}01141 + 0{,}194012 \cdot W - 37{,}3377 \cdot P, \quad (1)$$

$$D_{\text{кукурузы}} = 7{,}387248 + 0{,}42087 \cdot W - 3{,}82031 \cdot P, \quad (2)$$

$$D_{\text{сои}} = 18{,}02301 + 0{,}146884 \cdot W - 12{,}3448 \cdot P, \quad (3)$$

где W – запас продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы 0 – 100 см в период летне-осенней вегетации культуры при основной обработке по технологии щелевания почвы, мм; P – плотность сложения почвы, г/см^3; D – степень развития корневой системы, определяемая по формуле (4)

$$D = \ln B \cdot \ln L, \quad (4)$$

где B и L – ширина ветвления и длина корня, мм, характеризующие интенсивность заполнения корневого пространства, определялись с учетом рекомендаций фрактальной геометрии, т.е. чем выше значение D, тем интенсивнее происходит заполнение почвенного пространства корневой системой.

Установлено, что развитие корневой системы исследуемых растений находится в прямой зависимости от запаса продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы и обратной зависимости от ее плотности до определенных пределов. Полученные математические прогнозные модели развития корневых систем позволяют с вероятностью 86…97% определить степень развития корневых систем пропашных культур в зависимости от запасов влаги и плотности почвы без проведения трудоемких полевых морфометрических опытов.

Результаты исследований. Одним из направлений влагонакопления в почве является технология щелевания почвы [4 – 7]. В университете разработан щелеватель почвы ПБС-8х70Щ (рис. 1) конструктивно отличающийся от известных, рабочие органы расположены фронтально в два ряда, в шахматном порядке с междурядьем 70 см [8]. Почвообрабатывающее орудие является навесной машиной и агрегатируется с тракторами мощностью более 240 кВт или тягового класса 5–6. На раме щелевателя почвы ПБС-8х70П установлены два вида рабочих органов – щелерезных рыхлителей почвы и секции гребнеобразователей. Для необходимости внесения минеральных удобрений в верхней части рамы размещены туковысевающие ящики с механизмом привода от собственного колеса.



Рис. 1. Щелевание почвы агрегатом К-9432+ПБС-8х70Щ

Предварительные эксплуатационно-технологические исследования на почвах Саратовского Левобережья показали: при ширине захвата 6м, глубине нарезания щелей 35 см, мульчировании гребнеобразователями взрыхленной полосы, скорости движения 2,4 м/с, часовая производительность составила 4,1 га/ч, погектарный расход топлива 10,2 кг/га. В течении 2020 – 2023 годов проведены экспериментальные исследования технологии щелевания почвы под посев пропашных культур: подсолнечника и кукурузы на зерно [9]. На рисунке 2 представлены поверхность обработанного ПБС-8х70Щ опытного участка осенью 2022 года и вид поверхности этого участка весной 2023 года после таяния снега. На поле явно прослеживаются линии нарезанных щелей в местах прохода рабочих органов щелевателя. Покровное боронование почвы на участках перед посевом не проводилось.



а) *б*)

Рис. 2. Поверхность пашни после щелевания ПБС-8х70Щ перед уходом в зиму (*а*), весной после схода снега (*б*)

Оценка водно-физических свойств почвы на обоих участках показала, осенью после выполнения технологии щелевания почвы средняя плотность обработанного слоя на глубине 0-30см перед уходом в зиму составила 1,25 – 1,29 г/см^3 (рис. 3).

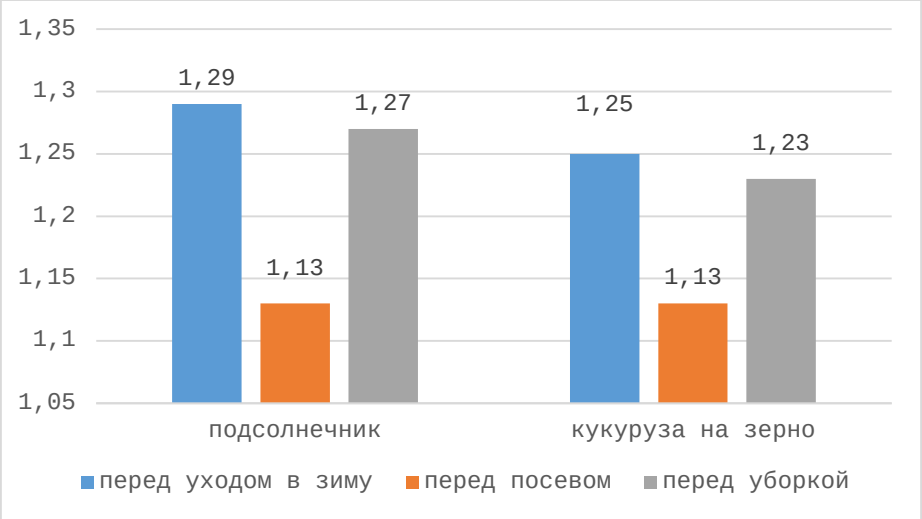


Рис. 3. Диаграмма плотности почвы в слое 0 – 30 см, г/см^3

В годы проведения исследований сумма осадков составляла: в 2022 г. – 178 мм. Продолжительность залегания снежного покрова (2022–2023 гг.) – 66 дней (6 января – 12 марта) [11]. Замеры продуктивной влаги в метровом слое почвы перед уходом в зиму показали в среднем 60 – 63 мм (рис. 4). Перед посевами подсолнечника и кукурузы плотность пахотного слоя и запасы продуктивной влаги соответственно были практически равными 1,13 гр/см^3 (рис. 3) и 142 – 145 мм (рис. 4).

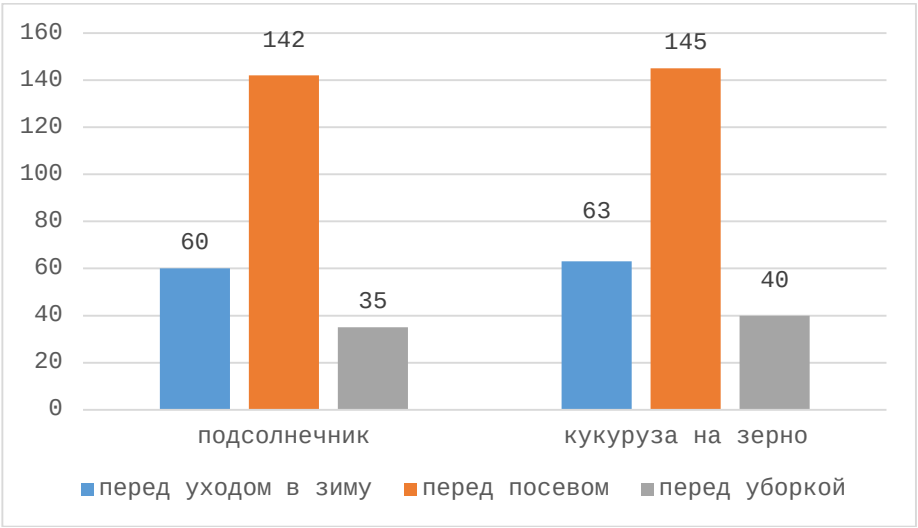
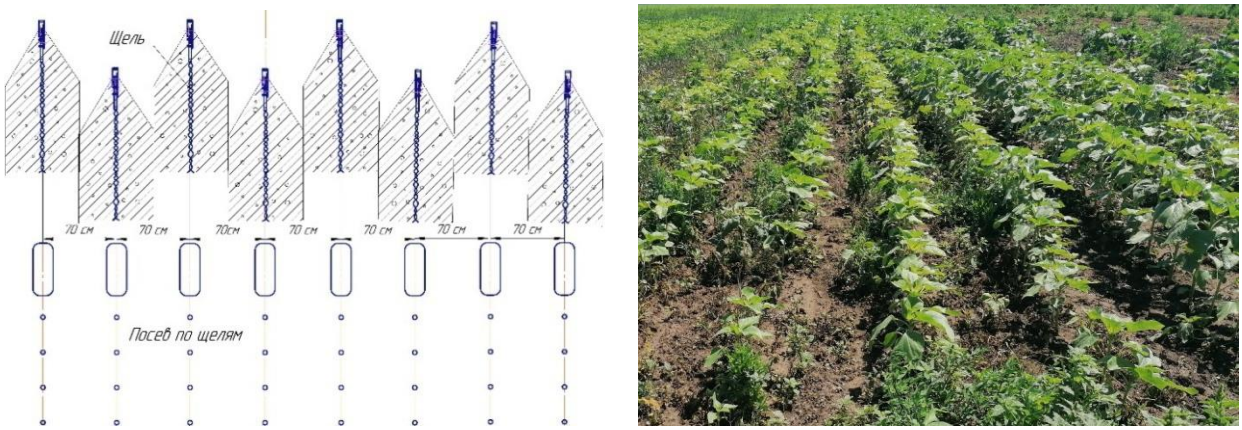


Рис. 4. Диаграмма продуктивной влаги в почве, мм

К началу уборки пропашных культур плотность почвы приближалась к значениям плотности обработанной почвы перед уходом в зиму предшествующего года. Запасы влаги в метровом слое почвы находилась на уровне 35 – 40 мм.

Фронтальное в шахматном порядке расположение рабочих органов на раме щелевателя ПБС-8х70Щ позволяет получить воздействие на разрыхленную полосу сзади идущего корпуса от впереди движущихся корпусов (рис. 5, *а*). Напряжение деформации таким образом распространяется дополнительно на предварительно разрыхленну ю почву [10]. Тем самым происходит неоднократное воздействие на обрабатываемый пласт почвы между щелями с оставлением стерни на поверхности. На рисунке 5, *б* показан вид участка с посевом подсолнечника по нарезанным щелям. В междурядиях наблюдались пожнивные остатки незерновой части предшественника и всходы сорной растительности.

В результате проведенных экспериментальных исследований возделывания подсолнечника и кукурузы на зерно в условиях засушливого земледелия Саратовского Левобережья установлено, что технология основной обработки почвы способом щелевания, агрегатом К-9432+ПБС-8х70Щ позволила получить урожайность культур соответственно 1,75 т/га и 3,44 т/га [10].



а) *б*)

Рис. 5. Посев пропашных культур по нарезанным щелям:
а – схема технологии посева; *б* – подсолнечник в фазе 1–2 листьев

Заключение. В результате полевых опытов технологии щелевания почвы при возделывании пропашных культур в засушливых условиях Саратовского Левобережья с применением разработанного орудия ПБС-8х70Щ получены следующие эксплуатационно-технологические и агротехнические показатели: рабочая ширина захвата щелевателя 6 м, глубина нарезания щелей 35 см, междурядие мульчирования полосы 0,7 м, скорость движения агрегата 2,4 м/с, часовая производительность агрегата 4,1 га/ч, погектарный расход топлива агрегата 10,2 кг/га; средняя плотность обработанного слоя на глубине 0 – 30 см перед уходом в зиму 1,25 – 1,29 г/см^3, перед посевом пропашных культур 1,13 г/см^3 , перед уборкой 1,23 – 1,27 г/см^3 , запасы продуктивной влаги перед посевом 142 – 145 мм, урожайность подсолнечника 1,75 т/га и кукурузы на зерно 3,44 т/га.

Список использованных источников

1. Иванова, Г. Ф., Оценка современного состояния агроклиматических ресурсов Саратовской области / Г. Ф. Иванова, Н. Г. Левицкая, И. А. Орлова // Известия Саратовского университета. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. – 2013. – Т. 13, вып. 2. – С. 10 – 12.

2. Посевные площади сельскохозяйственных культур по Саратовской области. – URL : https://srtv.gks.ru/folder/72463 (дата обращения: 15.04.2025).

3. Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей : стандарт организации СТО АИСТ 4.1-2010 : взамен ОСТ 10 4.1-2004 : введен 2011-04-15. – М. :[б. и.], 2011. – III, 36 с.

4. Плескачев Ю. Н. Ресурсосберегающие обработки каштановых почв Нижнего Поволжья в зернопаровом севообороте : автореф. дис. д-ра с-х наук : 06.01.01 / Ю. Н. Плескачев. – п. Рассвет : ГНУ ДЗНИИСХ, 2005. – 51 с.

5. Влияние систем основной обработки почвы под подсолнечник на формирование основного запаса влаги в черноземах ЦЧЗ / В. В. Верзилин, Е. А. Колесова, Е. Н. Закабунина и др. // Научный журнал РГАЗУ. – 2022. – № 4 1(46). – С.18 – 23.

6. Вишняков, В. А. Влияние технологий щелевания черноземов выщелоченных на динамику влаги в условиях неустойчивого увлажнения на Алтае / В.А. Вишняков, А.П. Дробышев// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3(125). – С. 34 – 40.

7. Жаринов, Е. М. Щелевание поля – важнейший резерв экономии оросительной воды / Е. М. Жаринов // Известия Нижневожского агроуниверситетского комплекса. – 2007. – № 4(8). – С. 42 – 47.

8. Результаты щелевания почвы ПБС-8х70Щ / В. М. Бойков, С. В. Старцев, А. В. Павлов, Е. С. Нестеров // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники : материалы XXXIV Междунар. науч.-техн. конф. имени Михайлова В. В., Саратов, 19–20 мая 2021 года. Том Выпуск 34. – Саратов : ООО «Амирит», 2021. – С. 164 – 166.

9. Воротников, И. Л. Оценка продуктивности подсолнечника и кукурузы, возделываемых по технологии Strip-till / И. Л. Воротников, А. Г. Субботин, А. В. Летучий // Научно-агрономический журнал. – 2023. – № 1(120). – С. 73 – 77.

10. Панов, И. М. Физические основы механики почв / И. М. Панов, В. И. Ветохин. – К. : Феникс, 2008. – 266 с.

11. Климатические итоги 2023-го года в Саратове [Электронный ресурс]. – URL : https://vk.com/wall-152286692_2224 (дата обращения: 15.04.2025).

УДК 656:001.12/18
73.01.11: Современное состояние и перспективы развития

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Шапошников Александр Владимирович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кандидат технических наук, магистрант
e-mail: 14182031@mail.ru

Брусенков Алексей Владимирович
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерия»
e-mail: aleksei_brusenkov@mail.ru

Исторический подход к проблеме, анализ современного состояния и существующих тенденций, дополненный подробным описанием передовых образцов, позволяет получить всеобъемлющее представление об автотракторной технике, увидеть ее как бы целиком, как явление современной инженерной мысли. Современную автотракторную технику будущего невозможно представить себе без различного рода систем, полностью удовлетворяющим международным требованиям. Одной из ключевых позиций в области безопасности дорожного движения занимают тормозные системы, которые обязаны выполнять следующие основные требования [1, 2]:

– обеспечивать достаточный тормозной момент при заданных условиях работы, обладать высокой надежностью и работоспособностью;
– обеспечивать плавность хода при торможении;
– отличаться простотой конструкции тормозных механизмов;
– обеспечивать минимальный износ фрикционных материалов;
– иметь небольшой вес и приемлемые габаритные размеры при соблюдении условий эффективности торможения;
– иметь низкий шум и малые вибрации в процессе движения.

Тормозная система, передние и задние оси грузовых автомобилей семейства Iveco являются результатом огромного опыта компании-разработчика в создании тяжелых грузовиков и автомобилей для строительных и карьерных работ и поэтому отличаются высокой надежностью и длительным сроком службы (рис. 1). Улучшенная тормозная система повышает безопасность груза и водителя. Все модели 4×2 оснащаются дисковыми тормозами на обеих осях, а на версии от 6 до 10 т устанавливаются увеличенные на 35% тормозные диски и колодки. Тормозная система имеет воздушно-гидравлический привод на версиях от 6 до 10 т и пневматический привод на модификациях от 11 до 19 т. Все версии Evrocargo с двигателями мощностью от 180 л.с. серийно оснащаются моторным тормозом-замедлителем. Режим работы моторного тормоза-замедлителя (при отпускании педали газа или нажатии на педаль тормоза) выбирается правым подрулевым рычагом.

На современной автотракторной технике применяются следующие типы тормозов-замедлителей: моторный, выхлопной замедлитель; гидродинамический замедлитель; электродинамический замедлитель; аэродинамический замедлитель и другие.

На колесных отечественных тракторах ХТЗ-150К, К-744Р1, К-744Р2, К-744Р3 рабочие тормоза – сухие, колодочного типа, с раздельным пневматическим приводом на передние и задние колеса, установлены в конечных передачах ведущих мостов, стояночный тормоз – с пневмопружинным аккумулятором, совмещенным с пневмокамерами переднего моста. При торможении трактора, двигающегося по сухому и твердому грунту со скоростью 8,33 м/с (30 км/ч), рабочим тормозом тормозной путь не должен быть более 13 м, при скорости 5,6 м/с (20,2 км/ч) – не более 6,5 м. Полностью выжатая педаль тормоза не должна упираться в пол кабины. Давление воздуха в пневмосистеме тормозов в процессе работы должно быть 0,65…0,8 МПа (6,5…8,0 кгс/см^2). При несоответствии этих показателей паспортным данным эксплуатация тракторов запрещена до устранения неисправностей.

Рабочий и стояночный тормоза тракторов БЕЛАРУС 80.1/82.1 – дисковые, сухие. Привод тормозов прицепов – пневматический, сблокированный с управлением тормозами трактора.

На тракторах БЕЛАРУС 1523/1523В основные и стояночные тормоза – многодисковые, работающие в масляной ванне. Привод тормозов гидростатический раздельный. Привод тормозов прицепов – пневматический, сблокированный с управлением тормозами трактора.

Тракторы MASSEY FERGUSON серии MF8400 оснащены рабочими многодисковыми гидравлическими тормозами с усилителем и масляным охлаждением, стояночный тормоз – независимый, активируется переключателем.

В тракторах DEUTZ-FAHR AGROLUX 60-4.80 тормозная система полностью независимая, гидростатическая на все 4 колеса с маслопогруженными дисками, стояночный тормоз – независимый

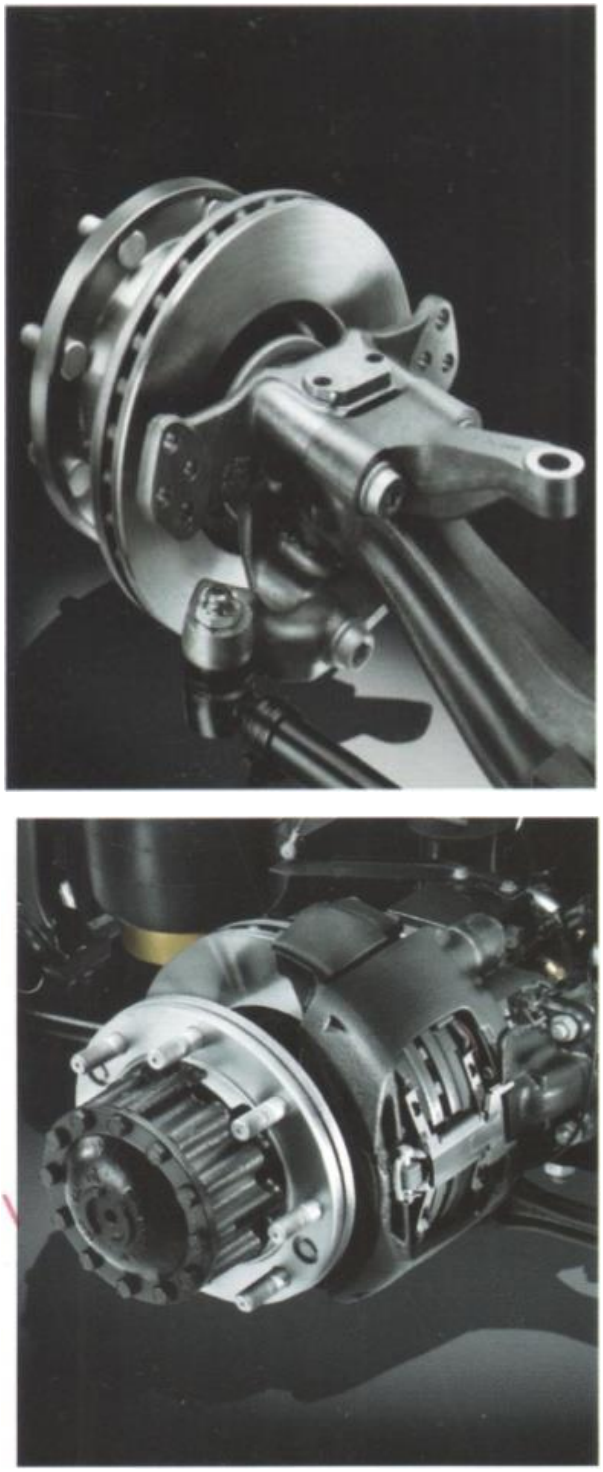


Рис. 1. Тормозные диски и колодки грузовых автомобилей семейства Iveco

Тракторы Fendt серии 900 Vario оснащены антиблокировочной тормозной системой (ABS) (рис. 2). Она обеспечивает лучшую управляемость трактора даже при торможении на влажном и сухом покрытиях, а также при резком торможении. При движении по дорогам без асфальтового покрытия, например по гравию или снегу, трактор серии 900 Vario с системой ABS отличается надежным торможением без блокировки колес.

Блок ABS отслеживает скорость вращения каждого колеса при помощи четырех датчиков скорости. Если вращение одного из колес замедляется, то система ABS автоматически отключает тормоз данного колеса, чтобы не допустить его блокировки. Поскольку колеса трактора обладают большим моментом инерции, ввиду большого размера и массы, блок ABS также обменивается данными с блоком управления трактора. Последний, в свою очередь, способен управлять колесами через коробку передач Vario, если отключения тормоза недостаточно для поддержания требуемой скорости. Управление торможением колес передней оси тракторов серии 900 Vario осуществляется синхронно, независимо от различий в качестве дорожного покрытия под каждым колесом, что обеспечивает хорошую устойчивость. Блок ABS управляет торможением задних колес по отдельности.

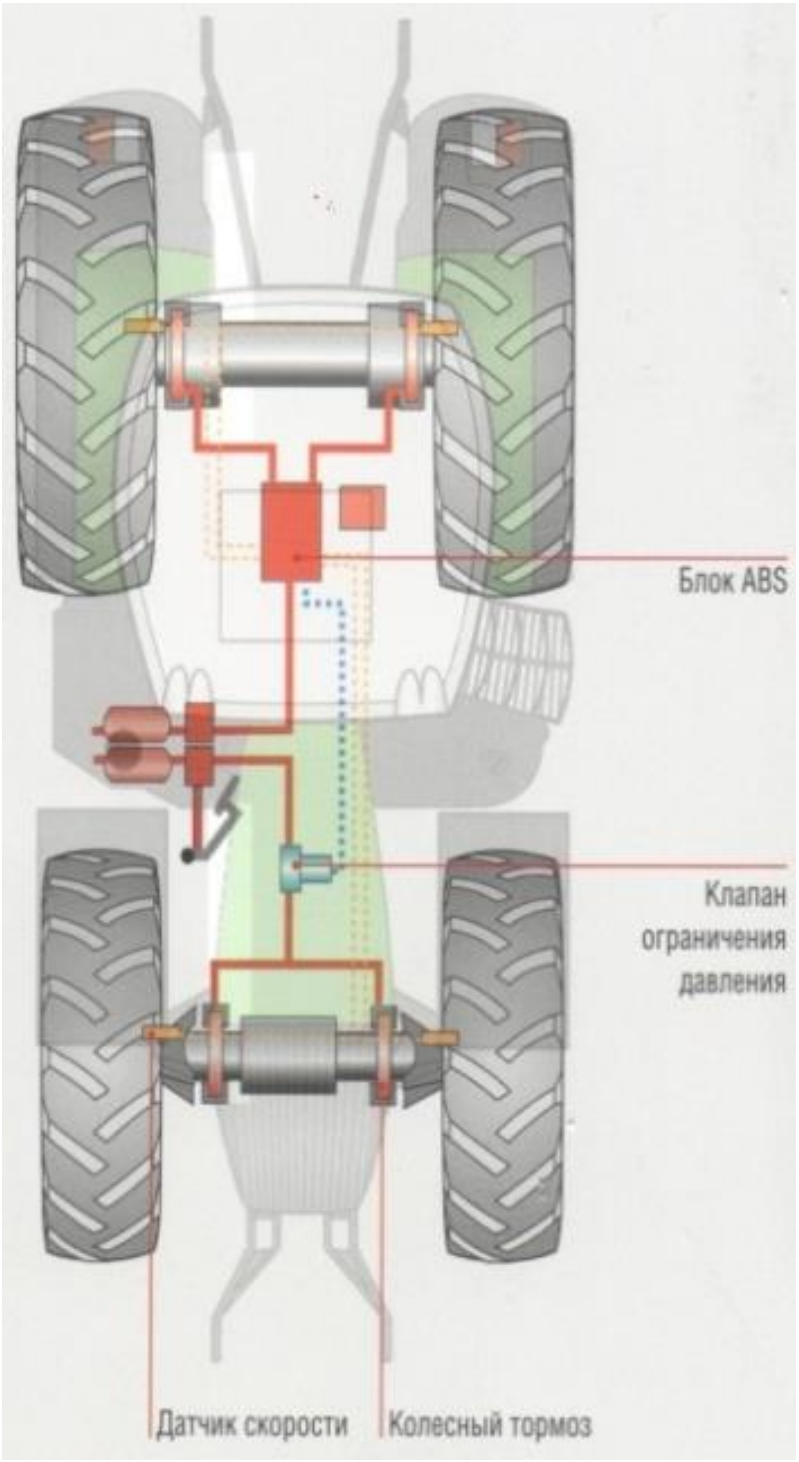


Рис. 2. Антиблокировочная тормозная система тракторов Fendt серии 900 Vario

В настоящее время особая роль в сельскохозяйственном производстве отводится научным исследованиям, связанным с совершенствованием используемых в конструкциях тормозных механизмов материалов, повышения их надежности, работоспособности и эффективности работы, снижения стоимости на изготовление. Кроме того, использование ABS остается наиболее перспективной системой, которая автоматически устраняет блокировку затормаживаемых колес, предотвращая ее непредсказуемое поведение в дорожных природно-климатических условиях.

Список использованных источников

1. ГОСТ 22895–77. Тормозные системы и тормозные свойства автотранспортных средств. Нормативы эффективности. Общие технические требования. – М. : Изд-во стандартов, 1993. – 22 с.

2. Зангиев, А. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / А. А. Зангиев, А. В. Шпилько, А. Г. Левшин. – М. : AKADEMA, 2006. – 319 с.

Научное электронное издание

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНА: АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ

Материалы
XI Международной научно-практической конференции

НАПРАВЛЕНИЕ КОНФЕРЕНЦИИ
«ВЫЗОВЫ, СТРАТЕГИИ И РЕШЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ»

Тамбов, 28–29 мая 2025 г.

Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова
Обложка, упаковка, тиражирование Т. Ю. Зотовой

ISBN 978-5-8265-2934-8

Подписано к использованию 11.09.2025.
Тираж 100 шт. Заказ № 97

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5, пом. 2, к. 14
Телефон: (4752) 63-81-08
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru