

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Инженерно-строительный институт
Кафедра строительства и городского хозяйства

**VIII Международная
научно-практическая конференция
«Наука и инновации
в строительстве»,
посвященная 70-летию
со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова**

Сборник докладов

(Белгород, 15 апреля 2024 г.)

Белгород

2024

УДК 69
ББК 38
С28

С28 **VIII** Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве», посвященная 70-летию со дня образования БГТУ им. В. Г. Шухова: сб. докл., Белгород, 15 апреля 2024 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2024. – 391 с.

ISBN 978-5-361-01338-8

В сборник вошли доклады, представленные участниками VIII Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в строительстве», посвященная 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова, состоявшейся в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова 15 апреля 2024 г.

В сборнике представлены доклады по направлениям «Строительные конструкции, здания и сооружения», «Информационное моделирование зданий и сооружений», «Современные организационно-технологические решения в строительстве, цифровое управление строительной площадкой», «Управление жизненным циклом объектов строительства», «Техническая эксплуатация и реконструкция объектов жилищно-коммунального комплекса и городской инфраструктуры», «Комплексная безопасность и ресурсосбережение зданий и сооружений», «Материаловедение и эффективные материалы в строительстве».

Издание предназначено для научных и инженерно-технических работников, а также для студентов, магистрантов и аспирантов строительных специальностей.

Сборник докладов публикуется в авторской редакции.

УДК 69
ББК 38

ISBN 978-5-361-01338-8

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2024

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

- Глаголев С.Н. – ректор БГТУ им. В.Г. Шухова, д-р экон. наук, проф.
- Евтушенко Е.И. – первый проректор БГТУ им. В.Г. Шухова, д-р техн. наук, проф.
- Давыденко Т.М. – проректор по научной и инновационной деятельности БГТУ им. В.Г. Шухова, д-р пед. наук, проф.
- Уваров В.А. – директор инженерно-строительного института БГТУ им. В.Г. Шухова, д-р техн. наук, проф.
- Сулейманова Л.А. – заведующий кафедрой строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова, д-р техн. наук, проф.
- Римшин В.И. – руководитель Института развития города Университета Минстроя, заслуженный строитель РФ, член-кор. РААСН, д-р техн. наук, проф.
- Меркулов С.И. – заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства Курского государственного университета, член-кор. РААСН, д-р техн. наук, проф.
- Демьянов С.С. – начальник управления государственного строительного надзора Белгородской области
- Донченко О.М. – канд. техн. наук, проф. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Есипов С.М. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Хахалева Е.Н. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Обернихин Д.В. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Фролов Н.В. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	10
Направление Строительные конструкции, здания и сооружения	
Абсиметов В.Э., Салтанова Е.В. Характерные дефекты и повреждения фундаментов линейного объекта ВЛ 220 КВ.....	12
Ахтямов А. В. Расчет напряженно-деформированного состояния тонкой пластины.....	17
Бессонов С.Н., Солодов Н.В. Опыт натурного обследования подкрановых конструкций эстакады цеха по переработке шлаков металлургического предприятия.....	22
Богачев Д.А., Кочерженко В.В. Металлические закладные детали: современные тенденции в производстве и монтаже в железобетонных конструкциях.....	29
Есипов С. М., Дьяченко А. Ю. К расчету модели здания на мерзлом основании.....	37
Иванова Ж.В., Третьякова Е.Г. Особенности формирования жилой застройки на сложном рельефе.....	41
Колесников В.А., Никулин А.И. О методике расчета прочности сборно-монолитных комбинированных конструкций перекрытий балочного типа.....	45
Колесников В.А., Никулин А.И. Определение параметров диаграмм сжатия бетонов, используемых при построении методики расчета прочности изгибаемых железобетонных элементов.....	57
Коуркин С.В., Никулин А.И. Теоретические и экспериментальные исследования прочности бетонных призм с учетом различного времени их нагружения до разрушения.....	62
Кочерженко В.В., Кузнецов В.В. Численное моделирование процесса разрушения контактной зоны бетона и стального листа с выштамповкой.....	67
Крючков А. А., Марченко А.В., Зиятдинова А.Н. Построение реалистичной модели и анализ деформаций стержневых элементов с различной геометрией в ПК ABAQUS.....	71
Маркина Ю.Д. Уточнение методики расчета ездового пояса подкраново-подстропильной фермы.....	75
Меркулов С.И., Кашуба С.О., Родина Э.Е. Изгиб с кручением в крайних ригелях каркасно связевой системы зданий.....	79
Нефедова П.С., Нешева А.А., Нижегородцева Ю.Е. Типология модульных быстровозводимых станций в условиях Заполярья.....	85
Николенко К.С., Абсиметов В.Э. Физическая нелинейность материала при расчете узла опирания металлических балок на раскос из круглой трубы.....	91

Николенко К.С., Абсиметов В.Э. Расчет узла опирания металлических балок на круглый опорный элемент с учетом физической нелинейности.....	94
Обернихин Д.В., Викал Д.И. Анализ различных вариантов увеличения сечения двутавровой балки.....	98
Обернихин Д.В., Мещеряков В.М. Подготовка экспериментального исследования прочности и деформативности нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов из бетона с добавлением резиновой крошки.....	101
Обернихин Д.В., Обернихина Я.Л., Усик И.Л. Напряженно-деформированное состояние наклонных сечений железобетонных балок, внешне армированных углепластиком.....	105
Овсянников С.И., Руденко О.Л., Гиренко М. Особенности конструкций современных фахверковых домов.....	109
Пириев Ю.С., Болотских Ю.Ю., Бондаренко Р.А. Усиление железобетонных плит перекрытия.....	113
Писанная В.В., Руденко О.Л. Армированные деревянные конструкции.....	117
Разумовский Д.В., Фролов Н.В. Основные способы усиления каменных фундаментов для восстановления несущей способности.....	121
Серебряникова А.С., Кудряшова А.Р., Шешенев Н.В. Эффективность применения металлических конструкций различного профиля в балочных системах промышленных зданий и сооружений.....	126
Солодов Н.В., Рябоконт И.Р. Деформативность балок с гофрированной стенкой при изгибе.....	130
Сулейманова Л.А., Амелин П.А. Гальванический метод ускорения хлоридной коррозии железобетонных элементов.....	134
Сулейманова Л.А., Есипов С.М., Се Ди Экспериментальное исследование прочности ячеистобетонной кладки на полиуретановом клею при центральном сжатии.....	141
Тарануха Н.Л., Новиков М.Ю. Анализ характерных дефектов и повреждений конструкций при обследовании антенно-мачтовых сооружений сотовой связи на территории Удмуртской Республики.....	146
Юрьев А.Г., Смоляго Н.А., Панченко Л.А. Балка на упругом основании при силовом и температурном воздействиях.....	152
Юрьев А.Г., Зинькова В.А., Яковлев О.А. От ского изгиба к прямому – через форму сечения бруса.....	155
Направление Информационное моделирование зданий и сооружений	
Есипов С.М., Родина Э.Е., Алескеров В.В. Проблематика учета объемного фактора стержневых элементов при расчете в ПК.....	159

Ларькина А.С., Фомичева С.А., Гуськова В.А. Проблемы применения лазерного сканирования при реконструкции зданий и сооружений.....	165
Островская Н.В., Чупин Ю.В. Моделирование сложной геометрии объектов в BIM комплексе Renga на примере энерговырабатывающего жилого здания.....	170
Проскурина Е.А., Долженко А.В. Разработка информационных параметрических моделей для оптимизации строительной проектной деятельности.....	175
Направление Современные организационно-технологические решения в строительстве, цифровое управление строительной площадкой	
Максимов В.А., Силкин В.В. Перспективы внедрения полос заряда на цементобетонных покрытиях автомобильных дорог.....	181
Попова А.С., Фролов Н.В. Виды трещин каменных конструкций, причины их появления и методы устранения.....	187
Тарасова Н.В. Анализ качества городских территорий Брянской области.....	192
Тарасова Н.В., Ермиленков А.В. Оценка эффективности организационных мероприятий, повышающих надежность строительного потока.....	198
Направление Управление жизненным циклом объектов строительства	
Зайнулин Д.А., Нестерова О.П. Применение BIM (ТИМ) технологий для мониторинга зданий и сооружений в сейсмически опасных районах.....	204
Максимов В.А., Силкин В.В. Анализ современных эффективных технологий строительства и ремонта цементобетонных покрытий автомобильных дорог.....	208
Никулина Ю.А. Классификатор строительной информации как важный аспект формирования информационной модели объекта капитального строительства на всем протяжении его жизненного цикла.....	214
Погорелова И.А., Чесноков И.А. Моделирование интенсивности физического износа гражданских зданий.....	219
Смоляго Г.А., Демин В.О. К анализу технического состояния производственного здания за период его эксплуатации.....	224
Сулейманова Л.А., Обайди А.А.Х. Анализ методов прогнозирования энергопотребления при управлении жизненным циклом объектов капитального строительства.....	229
Ушакова В.Е., Кудинова Д.И., Гуськова В.А. Перспективы развития мониторинга гидротехнических сооружений.....	236

Черников А.Ю., Сабынин В.В., Баженова О.О. Анализ расчета прочности бетонных конструкций в эксплуатационный период жизненного цикла зданий с применением импульсных ультразвуковых методов.....	240
Направление Техническая эксплуатация и реконструкция объектов жилищно-коммунального комплекса и городской инфраструктуры	
Алексеева О.В., Адиян Д.Т. Автономные системы отопления многоэтажных жилых домов.....	244
Алексеева О.В., Прокушев А.А. Лифтовое хозяйство в многоквартирных домах.....	249
Бескорвайный В.В., Шаповалов С.М. Примеры использования экологических инноваций при реконструкции ландшафтно-рекреационных зон.....	255
Бондаренко И.Р., Кузнецова С.В., Ковалев Л.А. К расчету требуемых режимов механической обработки в процессе технического обслуживания теплообменных аппаратов.....	258
Косухин М.М., Зайцев К.А. К вопросу экономической эффективности формирования комфортной городской среды при реновации существующей застройки.....	261
Косухин А.М., Михайленко А.А. Использование современных технологий и материалов при разработке организационно-технических мероприятий для капитального ремонта зданий.....	267
Крючков А.А., Бурька Т.С. Сравнительный анализ конструкций перегородок, применяемых при реконструкции общеобразовательных учреждений.....	272
Марушко М.В., Рябчевский И.С. Цифровизация на стадии технической эксплуатации многоквартирных жилых домов.....	276
Новикова К.Ю., Баклушина И.В. Применение тепловых насосов в современных зданиях: опыт Китая.....	280
Павелкова А.М., Спицов Д.В. Особенности применения ионного обмена для подготовки воды систем отопления и горячего водоснабжения ЖКХ.....	285
Пириев Ю.С., Виноходова Е.А., Чернышев В.С. Усиление строительных конструкций с применением композитных материалов.....	289
Пириев Ю.С., Шептун К.Р. Оценка технического состояния реконструируемых зданий и сооружений.....	293
Полецук М.Н., Клименко И.В. Речные вокзалы Поволжья как многофункциональные общественные центры.....	296
Тарануха Н.Л., Ананин К.Ю. Развитие арендной недвижимости в Удмуртской Республике.....	299

Направление Комплексная безопасность и ресурсосбережение зданий и сооружений

Бескорвайный В.В., Шаповалов С.М. Исследование эффективности инновационных методов повышения энергосбережения зданий и сооружений.....	303
Есипов С.М., Мощенко А.Н. Влияние системы "УМНЫЙ ДОМ" на энергоэффективность жилых зданий.....	306
Нестеров Д.М., Абсиметов В.Э. Комплексная безопасность уникальных жилых зданий повышенной этажности.....	309
Шерemet E.O., Старенкова М.В. Влияние различных видов загрязнений на работу солнечных панелей и способы их очистки.....	314
Ермак Я.Ю., Алифанова Э.С., Ермак С.Н. К вопросу о безопасности в строительстве.....	317

Направление Материаловедение и эффективные материалы в строительстве

Алексеева О.В., Зеленская О.С. Инновации в мире бетона как основа развития	320
Богачева М.А., Левшин Д.Э. Исследование прочности бетонов, армированных полипропиленовой фиброй	325
Головин С.Н., Лукутцова Н.П. Минералогические особенности кварцево-глауконитового песка как заполнителя для бетона.....	328
Гуськова В.А., Прокопов А.Б. Преимущества использования гидрофобных строительных смесей на основе гипсового вяжущего.....	332
Данилов Д.Ю., Хахалева Е.Н. Применение ультразвукового метода для контроля деструкции бетона.....	335
Калмагамбетова А.Ш., Симпиди Ю.С. Исследование составов забоечных материалов для буровзрывных работ.....	338
Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Ковтков И.В., Курашова В.Р. Деформационно-прочностные свойства гипсосодержащего композита.....	342
Овсянников С.И., Руденко О.Л. Обоснование выбора полимерных армирующих материалов в производстве клеенных деревянных конструкций.....	347
Панова В.Ф., Панов С.А., Спиридонова И.В. Разработка декоративных шлаковых составов для изделий наружной отделки здания.....	352
Руденко О.Л. Древесина как сырье для строительных конструкций.....	359

Столбоушкин А.Ю., Спиридонова И.В., Новикова К.Ю., Фомина О.А.	
Способность механической активации отсева марганцевой руды в качестве красящего компонента керамических шихт.....	365
Сулейманова Л.А., Лукутцова Н.П., Кравченко Д.Э.	
Послесвечение цементного камня с фотолюминесцентным пигментом в зависимости от различных источников освещения.....	369
Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С.	
Особенности исследования пористой структуры ячеистых бетонов методом анализа изображений.....	373
Тюмкина Е.А., Кропотова Н.А.	
Армирование полиамида: исследование механических свойств.....	379
Чашин Д.Ю., Хахалева Е.Н.	
Первичная защита бетона при воздействии повышенных температур и влажности.....	385

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный сборник докладов опубликован по результатам VIII Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в строительстве», которая состоялась 15 апреля 2024 года в БГТУ им. В.Г. Шухова.

Организатором конференции является кафедра строительства и городского хозяйства.

Работа VIII Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в строительстве» кафедры строительства и городского хозяйства включала основные направления:

- Строительные конструкции, здания и сооружения.
- Информационное моделирование зданий и сооружений.
- Современные организационно-технологические решения в строительстве, цифровое управление строительной площадкой.
- Управление жизненным циклом объектов строительства.
- Техническая эксплуатация и реконструкция объектов жилищно-коммунального комплекса и городской инфраструктуры.
- Комплексная безопасность и ресурсосбережение зданий и сооружений.
- Материаловедение и эффективные материалы в строительстве.

Конференция объединила свыше 200 ученых из вузов России и других стран, в их числе:

- Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия
- Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, Россия
- Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород, Россия
- Курский государственный университет, г. Курск, Россия
- Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск, Россия
- Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, г. Рязань, Россия
- Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия
- Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия
- Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия
- Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск, Россия

- Новороссийский политехнический институт филиал Кубанского Государственного технологического университета, г. Новороссийск, Россия
- Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия,
- Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия
- Московский архитектурный институт (Государственная академия), г. Москва, Россия
- Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета, г. Рязань, Россия
- Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, г. Москва, Россия
- Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново, Россия
- Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

Оргкомитет конференции выражает благодарность участникам и приглашает всех желающих принять участие в последующих конференциях и форумах.

Оргкомитет

НАПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

ХАРАКТЕРНЫЕ ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ЛИНЕЙНОГО ОБЪЕКТА ВЛ 220 КВ

**Абсиметов В.Э., д-р техн. наук, проф.,
Салтанова Е.В., ст. преп.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

К линейным объектам электроэнергетики предъявляются повышенные требования надежности и безопасности на протяжении всего срока эксплуатации [1]. В настоящее время остается достаточно большое количество ЛЭП, срок эксплуатации которых составляет 50 лет и более. За такое продолжительное время накоплен большой опыт наблюдений за эксплуатацией железобетонных фундаментов опор.

Характерные дефекты и повреждения железобетонных фундаментов опор были проанализированы при проведении комплексного обследования участка линейного объекта ВЛ220 кВ, проходящего по территориям Белгородской, Воронежской и Курской областей который был введен в эксплуатацию в начале 60-х годов прошлого столетия.

ВЛ 220 кВ протяженностью более 100 км проходит преимущественно по степным открытым участкам местности, частично через лес и болотистую местность.

Средняя годовая относительная влажность воздуха на исследуемой территории составляет 75 %. Климат умеренно-континентальный с довольно мягкой зимой со снегопадами и оттепелями и продолжительным летом.

Почвы в данной районе мощные, тучные, типичные черноземы с незначительными эрозийными процессами в виде овражной коррозии без оползневых процессов [2].

В качестве фундаментов на трассе приняты грибовидные фундаменты с прямыми и наклонными стойками типа: Ф-2, Ф-3, Ф-6, Ф-4У, Ф-6У, ФТ-1/ФТ-2. Типы фундаментов на трассе представлены в табл. 1.

Основные параметры фундаментов представлены в табл. 2.

Таблица 1

Типы фундаментов на трассе

№ пп	Тип фундамента	Количество	Номера опор
1	Ф-2	28	2, 26а, 27, 67, 77-79
2	Ф-3	208	3, 5, 6, 7, 28-39, 41, 52-58, 90, 91, 175, 185, 200-203, 224, 225, 246, 247, 271-275, 277, 300, 301, 316, 325, 326, 346-349, 351
3	Ф-6	112	1, 1а, 1б, 4, 11, 27а, 40, 42, 44, 49, 51, 59, 60, 68, 69, 70, 71, 72-74, 76, 266, 276, 294, 350, 358
4	Ф-6У	8	25, 357
5	Ф-4У	44	75, 97, 123, 176, 198, 199, 238, 352, 353, 361, 362
6	Фт-1/Фт-2	255/255	8-10, 12-23, 61-66, 80-89, 92-94, 96, 98-122, 124-174, 178-198, 204-222, 226-237, 239-241, 243-245, 248-265, 267-270, 279-293, 295-299, 302-311, 313-315, 317-324, 327-345

Таблица 2

Основные параметры фундаментов

№ пп	Тип фундамента	Количество	Размер фундамента, мм	Объем фундамента, м ³	Вес фундамента, т
1	Ф-2	28	1500×1500×2700	0,96	2,4
2	Ф-3	208	1800×1800×2700	1,17	2,9
3	Ф-6	112	2700×2700×3200	2,7	5,8
4	Ф-6У	8	3000×2020×3400 (h)	2,85	6,9
5	Ф-4У	44	2400×2400×3400	2,4	5,0
6	Фт-1/Фт-2	255/255	2430×2000×2000	3,6	9,5

ВЛ 220 кВ была введена в эксплуатацию в 1961 г. В процессе эксплуатации линии были выполнены изменения с занесением в паспорт ВЛ 220 кВ:

- 1997 г., произведен капитальный ремонт на ВЛ;
- 2002 г., установлена подставная опора №26а тип П220-3т;
- 2005 г., в связи с разрушением фундаментов промежуточная железобетонная опора №24 типа ПБ-52 заменена опорой ПБ-330-7н;
- 2005 г., произведена замена опор: №24 вместо опоры типа ПБ-52 установлена ПБ-330-7н (разрушение фундамента); №311 вместо опоры типа ПБ-52 установлено две опоры ПБ-330-7н (оползень).
- 2009 г., промежуточная железобетонная опора №177 типа ПБ-52 заменена опорой ПБ-330-7н;
- 2012 г., произведен ремонт фундаментов в количестве 9 шт. на опорах №№159, 179, 90, 88, 53;
- 2012 г., произведен ремонт фундаментов в количестве 8 шт. на опорах №38(2), 41(2), 53(1), 55(2), 56(1);
- 2013 г., произведен ремонт фундаментов в количестве 8 шт. на

опорах №38(2),41(2),53(1),55(2),56(1);

– 2015 г., выполнен ремонт фундаментов опор №247, 276, 279, 287, 298, 306, 324, 311, 314;

– 2016 г., выполнен ремонт фундаментов опор №№54, 86, 88, 342, 344;

– 2017 г., произведено диагностическое обследование ВЛ согласно годовому плану-графику;

– 2017 г., выполнен ремонт фундаментов опор №№182, 183, 217, 218, 224, 227, 285, 297;

– 2018 г., выполнен ремонт фундаментов опор №№ 34, 29, 28, 81, 82, 114, 117, 120, 225, 224, 296, 316, 325.

– 2019 г., выполнен ремонт фундаментов опор №№ 32, 35, 166, 167, 168, 169, 172, 173, 212, 216, 231, 273, 284, 288 [4].

В ходе детального инструментального обследования фундаментов были проведены измерения их геометрических размеров, определена прочность бетона неразрушающими методами, выявлены основные дефекты и повреждения.

Обследованию подвергались все типы фундаментов линейного объекта: Ф-2, Ф-3, Ф-6, Ф-4У, Ф-6У, Фт-1/Фт-2 [3].

Сборные железобетонные фундаменты с наклонными стойками марки Ф-3и Ф-6 предназначены для анкерно-угловых опор решетчатого типа. При значительных горизонтальных нагрузках предусмотрена установка ригелей. Наклон стоек фундаментов соответствует наклону поясов стоек опор.

Железобетонные фундаменты типа Ф-3 приняты для промежуточных металлических опор, фундаменты типа Фт-1/Фт-2 с прямыми стойками приняты для железобетонных промежуточных опор.

Сборные железобетонные подножки типа Ф-2 выполнены с прямыми стойками под анкерно-угловые металлические опоры. Сборные железобетонные подножки с наклонными стойками марки Ф3и Ф6 установлены под анкерно-угловые опоры решетчатого типа. При значительных горизонтальных нагрузках предусмотрена установка ригелей. Конструкция фундаментов выполнена в соответствии с расчетом по несущей способности грунтов основания и прочности самих сборных железобетонных фундаментов

Определение прочности материала бетона фундаментов произведено на основании методики планирования и обработки результатов многофакторных экспериментов с использованием метода наименьших квадратов [5].

Прочность бетона конструкций определяли в соответствии с ГОСТ 22690-2015 «Бетоны. Определение прочности механическими методами

неразрушающего контроля». Для определения фактической прочности материала (бетона) железобетонных конструкций был выполнен неразрушающий контроль конструкций методом ударного импульса при помощи прибора ОНИКС-2.6:

- каждая серия испытаний включает в себя 10 ударов;
- количество серий ударов – не менее трех на каждой конструкции;
- места определения прочности бетона выбраны из условия доступности выполнения испытаний.

Практически у всех исследуемых железобетонных конструкций фундаментов выявлены основные дефекты и повреждения:

- разрушение защитного слоя бетона;
- наличие трещин и сколов;
- поверхностные высолы;
- наличие увлажненных участков;
- коррозия оголенной арматуры;
- пластинчатая ржавчина;
- дефектов бетонирования;
- уменьшение площади сечения стержней до 10-15 %.

Характерные дефекты и повреждения фундаментов представлены на рис. 1-3.



Рис. 1. Трещины в фундаменте



Рис. 2. Оголенная арматура фундамента



Рис. 3. Разрушенный бетон в фундаменте

Прочность бетона обследованных конструкций фундаментов находилась в пределах 296,8 - 329,1 кг/см² (марка М300 класс В22,5 и марка М350 класс В25, соответственно), что ниже проектной (класс бетона В27,5) на 10-15 % [6, 7].

В целом состояние исследуемых строительных конструкций фундаментов соответствует требованиям, предъявляемым к ограниченно работоспособному техническому состоянию.

На основании исследования несущей способности и надежности конструкций железобетонных монолитных фундаментов на линейного объекта ВЛ 220кВ сделаны следующие выводы:

1. Техническое состояние линейного объекта относится к категории III – ограниченно работоспособное.

2. Фактическая прочность бетона, определенная неразрушающими методами, ниже нормативной.

3. В целом конструкции линейного объекта имеют характерные дефекты, коррозионные и механические повреждения [8].

4. Физический износ строительных конструкций линейного объекта за время многолетней эксплуатации превысил нормативные требования.

5. Несущая способность основных конструктивных элементов снижена. Необходима разработка соответствующего проекта на усиление фундаментов и металлоконструкций линии.

Библиографический список

1. Федеральный Закон от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

2. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений».

3. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений».

4. СТО 5694707-29.240.55.111-2011 «Методические указания по оценке технического состояния ВЛ и остаточного ресурса компонентов ВЛ».

5. Абсиметов В. Э. Предложения по разработке гармонизированных стандартов к обоснованию требований технического регламента по безопасности зданий и сооружений «Строительство и Архитектура: Теория и практика развития отрасли»: материалы международной конференции (САТРИД 2019) [1-5 октября 2019 г.] / Кисловодск. 2019. С.18-22.

6. Абсиметов В. Э., Салтанова Е. В., Антонов О. В., Фетисов А. И. Комплексное исследование износа, несущей способности и долговечности строительных конструкций линейного объекта ВЛ 220кВ V Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве»: сб. докл., 14 апреля 2021 г. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. С.21-26.

7. Абсиметов В. Э., Салтанова Е. В. Износ конструкций линий электропередач и разработка предложений по повышению их долговечности "BuildInTech ВIT 2021». Инновации и технологии в строительстве". 2021. С. 309-314.

8. Меркулов С.И. Развитие теории конструктивной безопасности объектов в условиях коррозионных воздействий// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. N 3. С. 44-46.

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТОНКОЙ ПЛАСТИНЫ

Ахтямов А.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Расчет любой системы методом конечных элементов (КЭ) включает в себя следующие основные этапы расчета: построение матриц жесткости отдельных элементов, построение глобальной матрицы жесткости системы, решение полученной системы уравнений, вычисление конечных физических характеристик системы.

Все многообразие КЭ, которое используется при расчете конструкций, можно разделить на две большие группы: классические и проблемно-ориентированные КЭ. К классическим относятся одномерные изотропные, двухмерные и трехмерные КЭ с прямолинейными и криволинейными границами. Такие элементы были разработаны в общей теории МКЭ и предназначались для решения классических задач механики деформируемого твердого тела [1, 2].

На следующем этапе разбиения конструкции сетью КЭ необходимо выбрать формы, размеры и количество КЭ. Как правило, двумерные области покрывают сетью КЭ треугольной или четырехугольной формы [1, 2].

После построения КЭМ системы выполняем подсчет геометрических и жесткостных характеристик отдельных элементов. Примеры вычисления таких характеристик для треугольного и прямоугольного конечных элементов приведены в [3].

Построив матрицы жесткости для каждого конечного элемента системы, необходимо собрать глобальную матрицу жесткости и суммарный вектор нагрузки. Получившаяся при этом система алгебраических уравнений имеет вид:

$$\{P\} = [K] \cdot \{\delta\}, \quad (1)$$

где $\{P\}$ – вектор столбец суммарной нагрузки; $[K]$ – глобальная матрица жесткости системы; $\{\delta\}$ – вектор столбец перемещений.

Решение такой системы имеет вид:

$$\{\delta\} = [K]^{-1} \cdot \{P\}, \quad (2)$$

По найденным значениям перемещений узлов $\{\delta\}$ вычисляем значения реакций связей в закрепленных узлах системы.

Для контроля правильности произведенных вычислений необходимо выполнить проверку условий равновесия узловых сил.

Оценку напряженно-деформированного состояния системы

выполняем путем вычисления напряжений в элементах, которые связаны с относительными деформациями законом Гука:

$$\{\sigma\} = [D] \cdot \{\varepsilon\}, \quad (3)$$

Приведем выражения для подсчета напряжений для треугольного и прямоугольного КЭ [4]. Для треугольного КЭ напряжения постоянны в пределах элемента и определяются выражениями:

$$\{\sigma\} = [D] \cdot [B] \cdot \{\delta\}, \quad (4)$$

где $[D] = \frac{Eh}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix}$ – матрица физических характеристик

элемента; $[B] = \frac{1}{2\Delta} \begin{bmatrix} b_i & b_j & b_k & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_i & c_j & c_k \\ c_i & c_j & c_k & b_i & b_j & b_k \end{bmatrix}$ – матрица геометрических

характеристик элемента; $\{\delta\} = \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ u_k \\ v_i \\ v_j \\ v_k \end{Bmatrix}$ – вектор перемещений КЭ.

В отличие от треугольного, в прямоугольном КЭ напряжения переменны в пределах элемента и имеют вид:

$$\{\sigma(x, y)\} = [D][B(x, y)] \cdot [A]^{-1} \cdot \{\delta\}, \quad (5)$$

где $[D] = \frac{Eh}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix}$ – матрица жесткости КЭ;

$[B(x, y)] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & y & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & x \\ 0 & 0 & 1 & x & 0 & 1 & 0 & y \end{bmatrix}$ – матрица геометрии КЭ;

$[A]^{-1} = \begin{bmatrix} ab & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -b & b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -a & 0 & 0 & a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & ab & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -b & b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -a & 0 & 0 & a \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$ – матрица геометрических характеристик

КЭ; $\{\delta\} = \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ u_k \\ v_i \\ v_j \\ v_k \end{Bmatrix}$ – вектор-столбец перемещений КЭ.

При расчете инженерных конструкций необходимо знать экстремальные (максимальные и минимальные) значения напряжений. Максимальные и минимальные напряжения называются главными напряжениями, а площадки, по которым они действуют – главными площадками. Значения главных напряжений вычисляем по формуле:

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \quad (6)$$

Главные касательные напряжения вычисляем по формуле:

$$\tau_{\max/\min} = \pm \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \quad (7)$$

Положение главных площадок определяется значением угла α_0 , который находится из выражения:

$$\operatorname{tg}(2\alpha_0) = -\frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} \quad (8)$$

Рассмотрим расчет напряженно-деформированного состояния пластины единичной толщины (рис. 1).

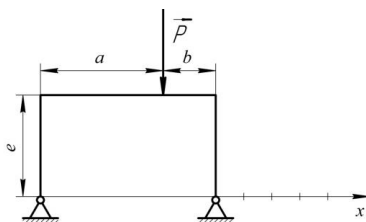


Рис. 1. Исходные данные

Исходные данные для расчета: $a = 420\text{мм}$, $b = 220\text{мм}$, $c = 200\text{мм}$, $P = 80000\text{Н}$, $E = 7,2 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$, $[\sigma] = 800 \text{ Н/мм}^2$; $[\tau] = [\sigma]/2 = 400 \text{ Н/мм}^2$.

Разбиваем пластину на ряд треугольных конечных элементов и выполняем нумерацию узлов и КЭ (рис. 2).

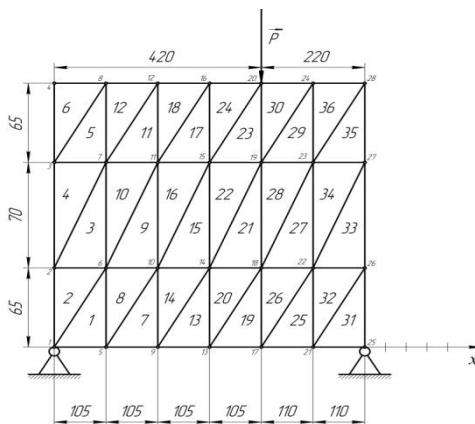


Рис. 2. Разбиение пластины на КЭ

Вся информация о сети КЭ представляем в виде таблиц, как пример [3].

Все дальнейшие вычисления выполняем с помощью системы математического обеспечения MAPLE. Результаты вычислений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Матрица узловых перемещений

№	U_i	V_i	№	U_i	V_i
1	0	0	15	-0.039	-0.539
2	-0.009	-0.032	16	0.007	-0.523
3	0.046	-0.043	17	-0.01	-0.576
4	0.127	-0.043	18	-0.048	-0.591
5	0.091	-0.208	19	-0.079	-0.618
6	-0.021	-0.198	20	-0.126	-0.656
7	0.039	-0.198	21	0.035	-0.34
8	0.119	-0.195	22	-0.047	-0.35
9	-0.112	-0.392	23	-0.113	-0.357
10	-0.046	-0.388	24	-0.213	-0.356
11	0.009	-0.38	25	0	0
12	0.083	-0.37	26	-0.052	-0.052
13	-0.084	-0.537	27	-0.129	-0.082
14	-0.057	-0.541	28	-0.245	-0.088

Согласно вычисленным перемещениям знаков строится схема деформации пластины, как в [3].

По найденным значениям перемещения узлов u_i , v_i , $i = 1, 28$ по формуле (4) вычисляем напряжения для всех конечных элементов системы.

Напряженное состояние пластины наглядно представлено на эпорах. Эпюры σ_x , σ_y , τ_{xy} , представлены на рис. 3-5.

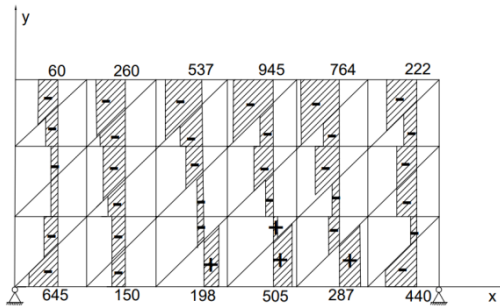


Рис. 3. Эпюра σ_x

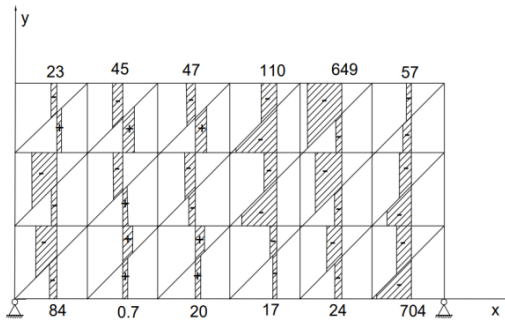


Рис. 4. Эпюра σ_y

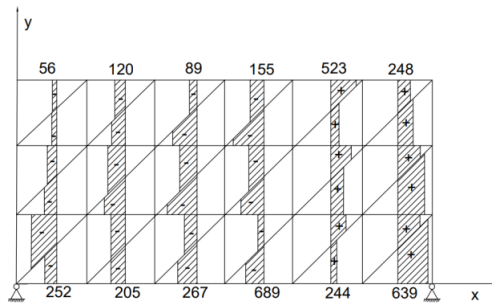


Рис. 5. Эпюра τ_{xy}

Для построения линий равного уровня тонового изображения на сети КЭ используем значения эквивалентных напряжений, вычисленные по формуле:

$$\sigma_{экр} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \quad (9)$$

Библиографический список

1. Зенкевич С. Метод конечных элементов в технике / С. Зенкевич; пер. с англ. – М: Мир, 1975. – 540с.
2. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд, пер. с англ. – М: Мир, 1979. – 390с.
3. Ахтямов А. В. Математическое моделирование и математическое обеспечение автоматизированного проектирования: уч. пособие / А. В. Ахтямов. – Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2005. – 54с.
4. Строительная механика: учеб. пособие для вузов / под ред. А. В. Даркова – изд. 7-е перераб. и доп. – М: Высш. школа, 1976. – 600 с.

ОПЫТ НАТУРНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОДКРАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭСТАКАДЫ ЦЕХА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ШЛАКОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Бессонов С.Н., аспирант,
Солодов Н.В., канд. техн. наук, доц.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Исследование проблем прочности, усталостной выносливости и долговечности стальных подкрановых конструкций с середины прошлого века и до настоящего времени остается актуальным. Этому посвящено достаточно большое количество диссертационных исследований на соискание научной степени как доктора, так и кандидата технических наук, в том числе [1-5], а также многочисленные публикации в научных журналах [6-8]. Обусловлен такой повышенный исследовательский интерес, с одной стороны, широким распространением и особой ответственностью подкрановых конструкций, а, с другой стороны, исключительной сложностью и многофакторностью проблемы обеспечения надежности эксплуатации подкрановых конструкций.

При выполнении технического обследования и экспертизы промышленной безопасности, важным аспектом является анализ причин возникновения дефектов в различных элементах подкрановых балок и рельсовых путей. Классификация этих дефектов и исследование причин их развития в конкретных условиях эксплуатации также являются существенными задачами для выявления особенностей эксплуатации,

оценки эффективности проведения плановых ремонтных мероприятий и условий среды, прогнозирования и планирования затрат и временных ресурсов для поддержания эксплуатационной пригодности подкрановых конструкций.

Данные, приведенные в статье, основываются на технических отчетах по обследованию, данных по экспертизе промышленной безопасности, результатах плано-высотных съемок крановых рельсовых путей, инструментальных замерах, журналах и актах периодического осмотра, информации о ремонтах и других документальных источниках о подкрановых конструкциях цеха по переработке шлаков на крупном металлургическом предприятии Черноземья.

Рассматриваемая крановая эстакада (рис. 1, 2), которая является частью комплекса зданий для переработки металлургических шлаков, оборудована двумя мостовыми кранами с грузоподъемностью 15+15 т, характер технологического процесса соответствует тяжелому режиму работы кранового оборудования. На этой эстакаде также предусмотрена ремонтная зона для мостовых кранов, где используются подвесные краны грузоподъемностью 2 т. Условия эксплуатации данной конструкции характеризуются статическими и динамическими нагрузками, воздействием атмосферных осадков, а также механическими воздействиями в процессе проведения ремонтных работ и монтажа, что явилось причиной повреждения отдельных элементов конструкции. Сооружение построено в 1982 году по чертежам, разработанным в 1979 г. институтом «СТАЛЬПРОЕКТ».



Рис. 1. Общий вид крановой эстакады



Рис. 2. Общий вид мостового крана

Сооружение представляет собой крановую эстакаду с пролетом 36,0 м и длиной 72,0 м. Отметка уровня головки рельса составляет 16,0 м. Фундаменты для колонн (опор) являются отдельно стоящими монолитными железобетонными конструкциями. На высоте 22,6 м предусмотрены пути подвешенного транспорта, которые закреплены через распределительные балки в узлах фермы.

Колонны эстакады стальные двухветвевые с габаритными размерами сечения 1700×620 мм и 2400×620 мм, изготовлены из стали

марки 14ГМ-6 согласно [9] для ветвей колонн и элементов базы, а остальные элементы колонн выполнены из стали СтЗсп5. Расстояние между колоннами составляет 12 и 11,5 м. Подкрановые балки выполнены разрезными и имеют пролет 12 метров, изготовлены из стали марки 14Г2-6 согласно ГОСТ [9].

Крановые рельсы типа КР70 согласно [10]. Длина рельсового пути составляет 138 м. По проекту предусмотрены сварные стыковые соединения рельсов, но на практике они не были выполнены. Промежуточные соединения осуществлены с помощью прижимных и упорных планок с болтовым креплением в шахматном порядке с шагом 750 мм.

Опорными элементами рельсов являются сварные стальные балки двутаврового сечения в количестве 12 шт. Высота сечения балок составляет 1425 мм, а длина – 12 м. Верхний и нижний пояса балок имеют размеры сечения 450×25 мм и 450×18 мм соответственно.

Для обеспечения пространственной жесткости конструкции выполнены вертикальные связи крестообразной формы, изготовленные из спаренных уголков сечением 200×20 мм и 160×20 мм.

Характеристика кранового оборудования (рис. 2): кран мостового типа, магниторейферный, грузоподъемностью 16 т. Высота подъема груза – 23 м. Скорость передвижения – 103 м/мин. Режим работы – тяжелый (7К). Нагрузка на колесо крана – 420 кН. Дата установки – 1989 г. Масса крана – 120 т.

Согласно данным предшествующих обследований, рельсовый путь находится в неработоспособном состоянии и не соответствует требованиям нормативно-технической документации (достиг износа 13-14 %, подлежит замене при достижении износа 15 %). Планово-высотное положение крановых рельсов находится в неудовлетворительном состоянии (подлежит рихтовке). Подкрановые балки подлежат восстановлению.

Целью описываемого обследования (экспертизы) была оценка соответствия подкрановых конструкций эстакады требованиям промышленной безопасности [11, 12] и проведение комплексной экспертной оценки технического состояния данных конструкций [13], их эксплуатационной надежности и возможности дальнейшей эксплуатации, а также выявление причин возникновения дефектов и повреждений.

По результатам освидетельствования подкрановых балок крановой эстакады цеха переработки металлургических шлаков можно выделить следующие выявленные группы дефектов: дефекты сварных швов; деформации ребер жесткости; трещины в металле; дефекты, возникшие вследствие воздействий среды; дефекты соединений; физический износ; планово-высотные отклонения.

К выявленным дефектам сварных швов можно отнести: некачественное выполнение сварного шва и отсутствие сварного шва в зоне сопряжения поперечного ребра и стенки балки (разрушение прихваток электросваркой в зоне отсутствия проектного сварного шва); трещины по поясному сварному шву, как показано на рис. 3.



Рис. 3. Наличие трещины в верхнем поясном шве подкрановой балки

Обнаружены следующие дефекты с искривлением элементов: деформирование (искривление) отдельных поперечных ребер жесткости; смятие опорных ребер, расстройство стыков балок; искривление поперечных ребер жесткости и разрушение сварного шва в зоне примыкания ребра к верхнему поясу балки, как показано на рис. 4.

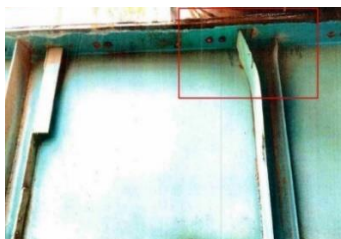


Рис. 4. Искривление поперечного ребра жесткости в верхней части стенки (со стороны верхнего пояса)

Дефекты, касающиеся образования трещин в подкрановых конструкциях: наличие трещин в верхнем поясном шве подкрановой балки шириной раскрытия до 0,4 мм (наличие трещин в сварных швах в зоне сопряжения стенки и верхнего пояса балки); поперечные трещины по поясам и стенкам подкрановых балок; вырезы в тормозном настиле, как показано на рис. 5.

К дефектам, возникшим вследствие воздействий среды можно отнести следующие: разрушение антикоррозийного покрытия; наличие следов поверхностной коррозии металла; участки отслоения лакокрасочного покрытия; коррозия с уменьшением площади сечения элемента более 10 % уголков вертикальной фермы, настила.



Рис. 5. Вырез в тормозном настиле в зоне колонны

Из категории дефектов соединений выявлены следующие: ослабление отдельных элементов крепления балок между собой; отсутствие прокладок, болтов и гаек в отдельных болтовых соединениях, как показано на рис. 6.

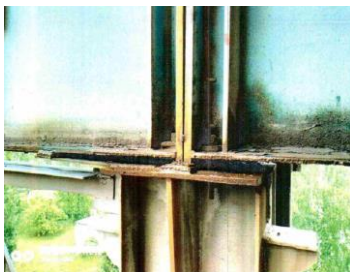


Рис. 6. Отсутствие прокладок, болтов и гаек в болтовых соединениях

К категории физического износа можно отнести: износ головки крановых рельсов.

Из дефектов плано-высотного положения крановых рельсов выявлены следующие: максимальное расширение рельсового пути – 39 мм (при допуске 15 мм); разность высотных отметок крановых рельсов вдоль пути на соседних колоннах – 14 мм (при допуске 10 мм); отклонение крановых рельсов в плане от прямой линии – 29 мм (при допуске 20 мм), как показано на рис. 7; взаимное смещение торцов стыкуемых крановых рельсов в плане и по высоте – до 2 мм (при допуске 2 мм).

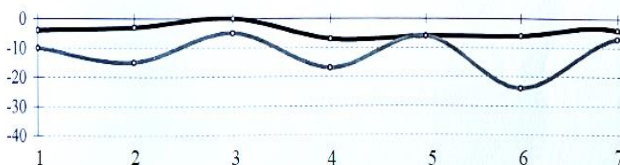


Рис. 7. Выкопировка из схемы геодезической съемки кранового пути

По результатам экспертизы промышленной безопасности в ходе эксплуатации конструкций при температуре ниже $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (открытые крановые эстакады) отмечено повышение опасности хрупких разрушений. Выявлено, что появлению таких разрушений способствует ударный характер приложения нагрузки при расстройках крановых путей и наличие неисправностей в концевых упорах, а также наличие трещин и трещиноподобных дефектов в сварных швах, низкое качество стали.

Таким образом, балки кранового пути воспринимают циклические и ударные нагрузки от мостовых кранов, которые возникают из-за расстройств промежуточных и стыковых креплений крановых рельсов, перепадов рельсов по высоте и других подобных дефектов.

В качестве основных причин возникающих дефектов можно отметить следующие:

- сколы головок крановых рельсов, неповаренные стыки и низкое качество температурных стыков рельсов. Эти дефекты вызывают ударные и вибрационные нагрузки на подкрановые балки, которые не были учтены при расчете их прочности. Неповаренные стыки приводят к повышенным напряжениям в стенках балок, что превышает предусмотренные проектом значения;

- трещины в тормозном настиле возникают в верхней зоне подкрановых балок из-за значительных горизонтальных нагрузок при перекосах кранов и ослаблении креплений рельса к балкам. При ослаблении креплений рельс смещается с оси балки, и верхняя часть стенки начинает работать на изгиб, что приводит к образованию горизонтальных трещин;

- деформации верхнего пояса подкрановых балок на участках между вертикальными ребрами жесткости возникают в случае отрыва упорных планок и при отсутствии или ослаблении болтов крепления рельсов к балкам. При перекосе крана рельс смещается относительно оси балок настолько, что верхний пояс начинает работать на изгиб из своей плоскости на участке между ребрами жесткости, что приводит к значительным остаточным деформациям.

Таким образом, из 138,0 м отклонение крановых рельсов в плане выявлено на протяжении 105,4 м, что составляет около 76 % всего рельсового пути. Разность высотных отметок крановых рельсов выше нормативных 10 мм наблюдается на 44,5 м, что соответствует 32 % рельсового пути. Разность высотных отметок крановых рельсов более 15 мм выявлена на 18 м, что составляет около 13 % рельсового пути.

Можно сделать вывод, что отсутствие качественно выполненных планово-предупредительных ремонтных мероприятий и своевременной замены изношенных элементов способствовало тому, что отдельные конструктивные элементы крановой эстакады перешли в предаварийное

состояние. Дополнительное влияние на это оказало низкое качество проведения монтажных работ и отклонения от проектных решений, особенно в условиях повышенных атмосферных воздействий.

Таким образом, подкрановые конструкции имеют существенный запас прочности, что позволяет им сохранять эксплуатационную пригодность, несмотря на некоторые отклонения от нормативного состояния ряда элементов. Превышение предельных значений параметров износа и недостаточное внимание к мониторингу и планово-предупредительному ремонту подкрановых конструкций снижает их работоспособность и работоспособность эстакады в целом. Для обеспечения безопасности и надежности работы подкрановых конструкций необходимо проводить регулярные проверки и проведение ремонтных работ в соответствии с требованиями нормативных актов по промышленной безопасности.

Библиографический список

5. Туманов В.А. Система управления выносливостью стальных подкрановых конструкций интенсивной нагруженности: Дис. ... д-ра техн. наук. - Пенза, 2002. EDN: NMMCFF

6. Нежданов К.К. Совершенствование подкрановых конструкций и методов их расчета: Дис. ... д-ра техн. наук. - М.: МИСИ, 1993. EDN: ZLFJZT

7. Веселов В.В. Оценка работоспособности эксплуатируемых стальных подкрановых балок: Дис. ... канд. техн. наук. - СПб., 2005. EDN: NNMFFPL

8. Кузьмишкин А.А. Выносливость металлических подкрановых конструкций при тяжелом режиме циклических нагружений: Дис. ... канд. техн. наук. - Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2006. EDN: NNYHYN

9. Ли М.Л. Оценка нагруженности и усталостной долговечности сварных подкрановых балок: Дис. ... канд. техн. наук. - Челябинск: ЮУрГУ, 2004. EDN: NNAZQH

10. Москвичев В.В., Чабан Е.А. Исследование напряженно-деформированного состояния подкрановых балок в штатных режимах эксплуатации / Журнал СФУ. Техника и технологии. 2016. № 4. С. 572-584. EDN: WBXECR

11. Васюта Б. Н. К вопросу об определении напряжений в стенке от местного кручения пояса балки / Изв. вузов. Строительство. 2006. № 3-4. С. 12-17. EDN: KWEQDJ

12. Складнев А. И., Сердюк В. В. Усталостная долговечность и мера повреждаемости верхней зоны стенки сварных подкрановых балок / Безопасность труда в промышленности. 2004. № 11. С. 34-36. EDN: JVVWQP

13. ГОСТ 19282-73 Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная.

14. ГОСТ 4121-76 Рельсы крановые. Технические условия.

15. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ. О промышленной безопасности опасных производственных объектов (с изменениями на 14 ноября 2023 года).

16. Приказ Ростехнадзора от 20.10.2020 N 420 ФНП в области промышленной безопасности от 20.10.2020 N 420. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» (с изменениями на 13 апреля 2022 года).

17. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ЗАКЛАДНЫЕ ДЕТАЛИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ И МОНТАЖЕ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

**Богачев Д.А., аспирант,
Кочерженко В.В., канд. техн. наук, проф.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия*

С развитием строительной индустрии и постоянным совершенствованием технологий производства и монтажа железобетонных конструкций, роль металлических закладных деталей становится более значимой, чем когда-либо прежде. Сегодня, в эпоху высоких стандартов прочности, долговечности и эффективности строительства, современные тенденции в производстве и монтаже металлических закладных деталей играют ключевую роль в обеспечении безопасности и надежности железобетонных конструкций.

В данной статье мы рассмотрим актуальные тенденции в производстве и монтаже металлических закладных деталей для железобетонных конструкций. Мы пройдем путь от выбора подходящих материалов до применения передовых технологий в производстве, а также рассмотрим основные аспекты монтажа этих деталей в бетоне [1].

Закладные детали представляют собой металлические элементы, которые устанавливаются в каркас монолитных конструкций перед их заливкой бетоном. Они включают в себя опорные пластины и анкеры, которые крепятся к ним либо сваркой, либо болтовым соединением. Задача этих деталей состоит в создании прочных соединений в железобетонных конструкциях, увеличении их несущей способности и обеспечении их устойчивости.

Бетонное основание – как правило, несущая и/или ограждающая конструкция из монолитного бетона, воспринимающая своим телом все усилия, передаваемые через закладную деталь.

Опорная пластина – это элемент, который передает усилие с закладной детали на анкера. Их изготавливают из металлических листов разной толщины, определяемой типом закладной детали и расчетами нагрузки по проекту. Толщина металла может колебаться от 5 до 200 мм.

Анкеры, входящие в состав закладных деталей, передают нагрузку с опорных пластин на бетонное основание. Они изготавливаются из круглого проката или арматуры различных классов, с разнообразной поверхностью – как гладкой, так и рифленой. При необходимости на их конце делают резьбу. Марка стали для изготовления металлоконструкций определяется в соответствии с проектной документацией.

Анкер с усилением – это стержень с прикрепленной на конце пластиной, головкой или поперечным стержнем.

Анкерная группа представляет собой набор стержней, работающих на растяжение и сдвиг.

В соответствии с ориентацией стержней металлических изделий, они классифицируются следующим образом: с нормальными (перпендикулярными) анкерами – стержни установлены таким образом, что они расположены перпендикулярно к поверхности металлической пластины, с наклонными анкерами – стержни установлены под определенным углом к поверхности металлической пластины, с комбинированным расположением – изделия имеют сочетание как нормальных, так и наклонных анкеров в зависимости от конкретной конструктивной ситуации (рис. 1, 2).

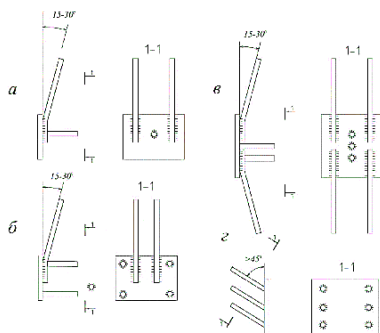


Рис. 1. Закладные детали с наклонными и комбинированными анкерами:
а-в – с наклонными анкерами, приваренными внахлестку и нормальными;
г – с наклонными анкерами, приваренными под слоем флюса

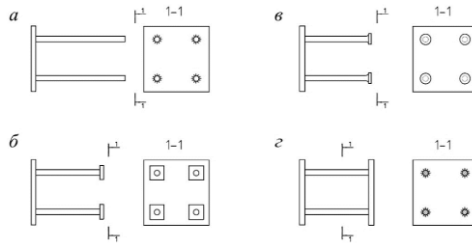


Рис. 2. Виды закладных деталей с нормальными анкерами: *а* – без усилений; *б* – с анкерными пластинами; *в* – с высаженными головками; *г* – с двумя пластинами (типа «закрытый столик»)

В зависимости от конкретных условий и требований, выбор ориентации стержней металлических изделий разнообразен. Нормальное расположение используется, когда установка наклонных стержней затруднена, предпочтительнее же наклонное расположение, поскольку оно наиболее распространено. Комбинированное расположение может применяться при кратном увеличении нагрузок, в то время как в случае небольших нагрузок можно обойтись использованием штампованных деталей [2].

Металлические пластины выпускаются различных форм, включая квадратные, прямоугольные, ромбовидные и круглые, в зависимости от их предназначения. Размеры и толщина металлического листа определяются на стадии проектирования, учитывая требования конкретного проекта.

В зависимости от толщины металла, металлические изделия классифицируются следующим образом:

- с жесткой пластиной: изделия, в которых используется толстый металл, обеспечивающий высокую жесткость и прочность конструкции;
- с гибкой пластиной: изделия, где используется тонкий металл, который обладает гибкостью и способностью подстраиваться под условия нагрузки.

В зависимости от вида анкеров, металлические изделия подразделяются на следующие категории:

- без усиления: изделия, где анкеры не имеют дополнительного усиления на концах;
- с усилением на концах: изделия, где на концах анкеров установлены дополнительные усилительные элементы;
- с двумя пластинами по типу «закрытый столик»: изделия, где используются две пластины, формирующие закрытую конструкцию вокруг анкеров;
- с жесткими сдвиговыми анкерами: изделия, где анкеры способны воспринимать силу сдвига и обеспечивающие устойчивость

конструкции, например, упорами или шпонками;

– с гибкими сдвиговыми анкерами: изделия, где анкеры обладают гибкостью и способностью компенсировать некоторое количество смещения или деформации в конструкции (рис. 3).



Рис. 3. Варианты исполнения закладных деталей с анкерами

Наиболее часто используемым и широко распространенным материалом для металлических изделий является горячекатаная сталь марки Ст3. Изделия из этого материала могут безопасно эксплуатироваться в диапазоне температур от -40 до $+40$ °С. При более низких температурах воздуха возможно использование материалов, таких как ВСтЗкп2 и горячекатаной стали марки 09Г2С, при строгом соблюдении стандартов проектирования. Анкеры для закладных деталей обычно изготавливаются из арматурного проката классов А240, А400, А500 и Ат500С с диаметром от 8 до 25 мм. Выбор марки стали и материалов для сварки осуществляется с учетом требований СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции».

Нормативные и расчетные характеристики бетона основания, включая его сопротивление и начальный модуль упругости, следует определять в соответствии с требованиями СП 63.1333.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения», учитывая класс бетона по прочности на сжатие и коэффициенты работы.

Закладные детали широко применяются в различных областях строительной индустрии. Они используются в процессе возведения монолитных каркасов зданий для обеспечения надежного соединения металлического каркаса сооружения с бетонным основанием фундамента. Основные области применения закладных деталей включают: строительство гидротехнических сооружений и резервуаров, строительство стальных ангаров, создание подпорных стен и ограждающих конструкций из железобетонных блоков, возведение мостов, переходов и путепроводов, монтаж лифтовых шахт, сооружение колодцев, каналов и тоннелей, монтаж навесных фасадов, установка мачт, вышек сотовой связи и линий электропередач [3].

В каждой из этих областей закладные детали играют важную роль в обеспечении прочности и устойчивости конструкций, что делает их неотъемлемой частью современного строительства (рис. 4).

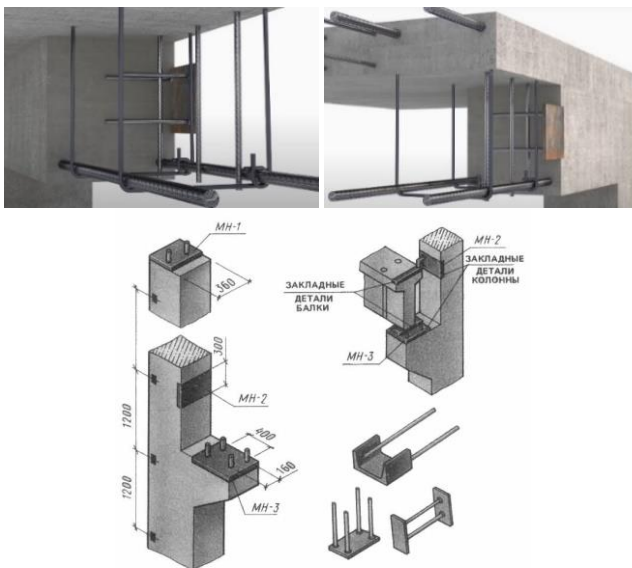


Рис. 4. Варианты применения закладных деталей

Для железобетонных конструкций: при устройстве зданий из сборных железобетонных элементов необходимо обеспечить надежное соединение различных частей сооружений, таких как, например, колонны с фундаментами, балки с колоннами и прочее [4].

Для фундамента: при монтаже фундаментов монолитных каркасов зданий часто используются изделия серии 1.400-15 МН. Для их закрепления в каркасе фундаментной плиты применяют контактную сварку или вязальную проволоку. Кроме того, часто используются фундаментные болты различных типов исполнения и анкерные блоки. Во время заливки бетоном такие металлические изделия полностью или частично утапливаются в бетон. В случае, если пластина перекрывает грань монолитной конструкции, в ней должны быть предусмотрены отверстия для выхода воздуха из бетонной смеси при вибрационном уплотнении.

В некоторых случаях проектируют использование арматурных шпилек между двумя кондукторами (ЗД), труб с фланцем (ЗДФ), особенно при монтаже металлических опор освещения. Помимо листов и арматуры, могут применяться другие виды металлопроката, такие как трубы, швеллеры, уголки, полосы и прочее. Толщину листа принимают от 6 мм, а для нерасчетных закладных деталей, изготавливаемых контактной сваркой, применяются пластины толщиной 5 мм, для

прокатного металла – 4 мм.

Производители металлических изделий и проектировщики ориентируются на следующие нормативные документы:

– ГОСТ 10922-2012 «Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязаные и механические соединения для железобетонных конструкций»;

– ГОСТ Р 57997-2017 «Арматурные и закладные изделия сварные, соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Общие технические условия»;

– Серия 1.400-15 МН «Унифицированные закладные изделия железобетонных конструкций для крепления технологических коммуникаций и устройств»;

– Выпуск 0 Материалы для проектирования;

– Выпуск 1. Рабочие чертежи;

– Серия 1.400-6/76 «Унифицированные закладные детали сборных железобетонных конструкций зданий промышленных предприятий. Выпуск 1 ЗД конструкций одноэтажных зданий»;

– Серия 1.400.2-25.93 «Изделия закладные, унифицированные сборных железобетонных конструкций одноэтажных промышленных зданий»;

– Серия 3.400-6/76 «Унифицированные закладные детали сборных железобетонных конструкций инженерных сооружений промышленных предприятий. Рабочие чертежи»;

– Серия 3.400.2-14.93 «Изделия закладные, унифицированные сборных железобетонных конструкций инженерных сооружений для промышленного строительства. Выпуск 1 Материалы для проектирования и рабочие чертежи».

Процесс изготовления осуществляется, чаще всего, как правило, в соответствии с ГОСТ 10922.

В начале производства осуществляются проектные расчеты для оценки нагрузок на несущие конструкции сооружения. На основе полученных данных определяется тип изделия и подбираются материалы, учитывая условия окружающей среды и требуемые прочностные характеристики. Каждый проект сопровождается разработкой конструкторской документации, включая детальные чертежи металлических изделий [5].

Далее следует этап разметки и подготовки материала, нарезка заготовок закладных в соответствии с проектными размерами. Выполняется зачистка торцов от шлаков и наплывов, появляющихся в результате высокотемпературной обработки металла, а также гибка листового металла, сверловка отверстий и накатка резьбы. Важно обеспечить чистоту поверхности металла, исключив наличие грязи, масла, ржавчины и отслаивающейся окалины. При сварочных работах не

допускается образование трещин, а на переходе от наплавленной части к основе должны быть предотвращены подрезы. Имеющиеся кратеры следует заварить в процессе изготовления деталей. Наплавленный слой также не должен содержать шлака, наплывов или прожженных участков, а также непроваренных областей, прожогов основания и свищей.

После выполнения сварки металлических частей следует провести зачистку сварных швов. Затем производится антикоррозийная обработка, окраска или цинкование для защиты материалов от воздействия окружающей среды. Завершающим этапом является маркировка, упаковка и подготовка сопроводительной документации. Для стандартной продукции прилагается инструкция по монтажу и возможным отклонениям от нормативных размеров. Хотя строительные металлические изделия не подлежат обязательной сертификации, при выборе производителя важно обращать внимание на его соответствие требованиям ГОСТ, техническим условиям и другим нормативным документам. Высокое качество металлических закладных деталей обеспечивается строгим соблюдением требований, установленных в соответствующих стандартах. Места соединения металлических деталей с вертикальной и горизонтальной арматурой могут связываться вязальной проволокой. Кроме того, выполняется дополнительное раскрепление, при котором металлоконструкция прижимается к опалубке в соответствии с правилами производства работ.

Крепление должно обеспечивать устойчивость к нагрузкам, возникающим в процессе укладки и вибрирования свежеслитой бетонной смеси. Плоскости поверхностей металлоконструкций, которые служат опорой для стальных или сборных железобетонных колонн, могут иметь отклонение до 5 мм. В некоторых случаях допускается отклонение осей металлоконструкций от проектного положения до 100 мм, при условии, что это не мешает монтажу в соответствии с требованиями проекта. Для плоских элементов допустимы отклонения от проектного положения в пределах менее 10 мм. Отклонение по оси для трубных элементов не должно превышать 10 мм в любом направлении.

Монтаж закладной может осуществляться различными способами, включая сварку, применение специальных клеевых составов или использование болтового соединения. Существуют два типа установки - сквозной и слепой:

- сквозную установку выбирают, когда доступ к бетонной конструкции возможен со всех сторон, а ее толщина позволяет выполнить отверстие насквозь. В этом случае анкер закладной вводится в отверстие и затем сваривается с листом;

- слепая установка может быть заливной или анкерной, когда

возможно выполнить отверстие только, с одной стороны. В таких случаях используют закладные с одной пластиной, которые крепят цементирующим раствором или фиксацией резьбового анкера. После завершения работ и высыхания раствора производится проверка прочности крепления.

В заключение, рассмотрение закладных деталей и их элементов представляет собой важный аспект в проектировании, производстве и монтаже железобетонных конструкций. Они играют ключевую роль в обеспечении прочности, устойчивости и долговечности сооружений, а также в их функциональности и безопасности эксплуатации.

Разнообразие видов закладных изделий, требования к материалам изготовления и нормативная база являются основой для разработки качественных и эффективных решений в строительстве. Благодаря современным технологиям и стандартам, производство закладных деталей становится более точным, надежным и экономически эффективным.

Понимание и правильное применение закладных деталей в строительстве играет ключевую роль в создании качественных и долговечных инфраструктурных объектов, отвечающих современным требованиям безопасности и функциональности [6].

Библиографический список

1. Кочерженко В.В., Кочерженко А.В. Основы технологии возведения зданий и специальных сооружений: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ. 2016. 235 с.

2. Инструкция по определению состояния стальных закладных деталей в конструкциях крупнопанельных зданий и рекомендации по их антикоррозийной защите и усилению: утверждена МЖКХ РСФСР 18 июня 1974 г. / Министерство жилищно-коммунального хозяйства РСФСР, Ленинградский научно-исследовательский институт Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова. – М.: Стройиздат, 1977. 59 с.

3. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. – М.: ОАО ЦНИИПромзданий, 2005.

4. Иванов, С.И. О новом методическом пособии по проектированию закладных деталей железобетонных конструкций / С.И. Иванов, А. Н. Болгов, Д. В. Кузеванов // Вестник НИЦ Строительство. – 2020. – № 4(27). – С. 28-34.

5. Миронова Ю.В., Абдрахимова Н.С., Халиуллин А.Р. Повышение сопротивляемости несущей системы бескаркасного здания с

бессварными вертикальными стыками прогрессирующему разрушению // Известия казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 4 (38). С. 229-235.

6. Юдин И.В., Петрова И.В., Богданов В.Ф. Совершенствование конструктивных решений, технологии и организации строительства крупнопанельных и панельно-каркасных домов Волжским ДСК // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 4-8.

К РАСЧЕТУ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ НА МЕРЗЛОМ ОСНОВАНИИ

**Есипов С. М., канд. техн. наук, доц.,
Дьяченко А. Ю., магистрант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Не редко труднодоступность района строительства обусловлена сложностью грунтовых условий, относящихся к ряду «неудобных», в данном случае вечномерзлых грунтов. Для того, чтобы появилась возможность учитывать деформацию оснований как можно точнее необходимо оценить их влияние на напряженно-деформированное состояние зданий. В виду этого, становится весьма актуальной проблема учета влияния неравномерных деформаций основания на НДС верхнего строения, а именно, на работу пространственных конструкций [1-3].

Для выполнения исследования взаимодействия системы «основание – фундамент – здание» выполним компьютерное моделирование в программе САПФИР 3D. В качестве моделируемого объекта примем каркасное здание с традиционными конструктивными решениями. Жесткость обеспечивается за счет соединения монолитного перекрытия с колоннами. Расчет модели будет производиться в программных комплексах ЛИРА-САПР. В основе программы заложен метод конечных элементов (МКЭ), позволяющий перейти от простых упрощенных моделей к более сложным, наиболее полно учесть геометрию конструкции, параметры материалов и грунтового основания, условия загрузки и, тем самым, получить результаты, хорошо согласующиеся с работой конструкции в реальных условиях [4, 5].

Модель представляет собой двухэтажное трехпролетное здание со свайным фундаментом, выполненное из железобетона. Здание имеет каркасную конструктивную систему. В качестве несущих элементов выступают колонны, стены лестничных клеток и плиты перекрытия и покрытия. Здание располагается на сваях с плитным ростверком. Несущие элементы выполнены из бетона класса В25. Плита перекрытия 1-го этажа имеет отверстия в местах устройства лестничных клеток (рис. 1).

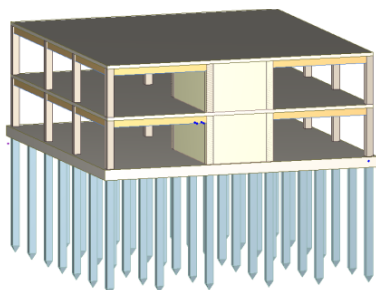


Рис. 1. Модель рассчитываемого здания

Первым слоем в грунтовом массиве является насыпной грунт из крупнозернистого песка, второй – суглинок, третий – супесь. Границы слоев распределены по объему грунта пространственно неоднородно. Природный рельеф участка не имеет перепада высот. В качестве основания свайного фундамента служит суглинок (рис. 2).

№ ИГЭ	Наименование грунта	Цвет	Модуль деформации, кН/м ²	Коэффициент Пуассона	Удельный вес грунта, кН/м ³	Коэффициент перехода к 2 модулю деформации	Природная влажность, доли	Показатель Лёссности IL	Вода Лёсс Насыпности Органи	Коэффициент пористости e	Удельное сцепление c, кН/м ²	Угол внутреннего трения φ_i , °
1	Песок		38000	0.3	16.6	5	0.12			0.66	3	38
2	Суглинок		20000	0.3	17.1	5	0.25	0.2		0.74	35	20
3	Супесь		36000	0.3	21.9	5	0.13	-0.06		0.36	45	30

Рис. 2. Характеристики мерзлого грунтового массива

Расчет производится на основные сочетания нагрузок, в состав которых входят:

- нагрузка 1 (собственный вес конструкций здания);
- нагрузка 2 (вес кровли, полов, перегородок, наружного стенового ограждения).

Рассмотрим осадку здания с учетом оттаивания первых двух слоев грунтового массива, в которых располагаются сваи. В ЛИРА-САПР реализован вариант формирования коэффициентов A_{th} и m_{th} . Возможно задать соответствующие коэффициенты оттаивания A_{th} и сжимаемости m_{th} для указанных слоев грунта. Для первого слоя $A_{th} = 0,00175$, $m_{th} = 0,00021$. Для второго слоя $A_{th} = 0,00105$, $m_{th} = 0,00072$.

Предварительно проэкстраполировав модель грунта, выполним расчет свайного фундамента. При этом коэффициенты упругого основания пересчитываются. После выполнения первого расчета, вычисленные напряжение от приложенных нагрузок необходимо импортировать в модуль «Грунт». Расчеты коэффициентов постели и осадок в программе проводится в несколько итераций. Когда

коэффициентов постели стабилизировался, были получены значения полной осадки – 92 мм.

В период оттаивания тугопластичные и мягкопластичные суглинки существенно ухудшают свои прочностные и деформационные свойства. Разупрочнение их составляет 30–50 %, что существенно уменьшает несущую способность свай в слое смерзания их с грунтом [6].

Для расчета модели здания с учетом того, что все слои грунтового массива будут оставаться в мерзлом состоянии, коэффициенты A_{ch} и m_{ch} не учитываем. Итоговая осадка в данном случае составила 32 мм.

Перемещения элементов каркаса по вычисленным результатам представлены на рис. 3 (для наглядности перемещения элементов каркаса увеличены в 50 раз).

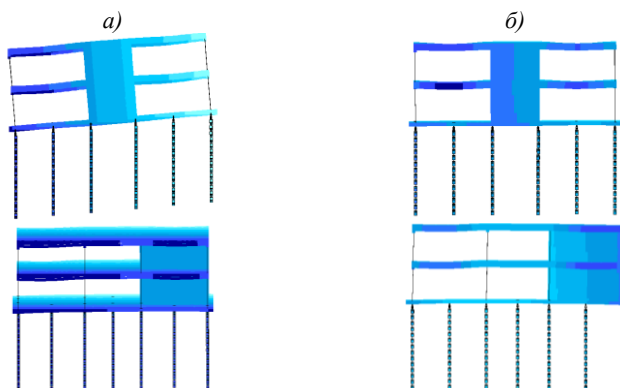


Рис. 3. Перемещения элементов каркаса здания вид с фронтальной (вверху) и торцевой стороны (внизу) здания: *a* – при оттаивании грунта; *б* – при мерзлом состоянии грунта

Наличие полностью мерзлого грунта привело к уменьшению осадки и крена здания за счет увеличенной жесткости основания. Однако вариант с учетом оттаивания вышележащих слоев грунта привел к увеличению усилий в несущих конструкциях за счет неравномерной осадки разных частей здания. Заметны изменения по каждому из показателей, следовательно, при расчете необходимо учитывать все факторы, влияющие на грунтовый массив.

Ниже приведены значения расчета для сравнения основных показателей модели здания (табл. 1).

Распределение напряжений и перемещений в плитах перекрытия и плите ростверка для 2-х заданных расчетных моделей схожи между собой. Изополю перемещений распределены неравномерно, имеет место плавное увеличение перемещений в сторону увеличения залегающего слоя песка, суглинка и уменьшению слоя супеси.

Таблица 1

Результаты расчета модели здания на мерзлом основании		
Показатель	С учетом таяния	Мерзлый грунт
Осадка [мм]	92	32
Плита покрытия		
Напряжения M_x (min/max), кН·м	-58.9/20.4	-62.1/20.3
Напряжения M_y (min/max), кН·м	-66.6/18.5	-70.3/18.5
Плита ростверка		
Напряжения M_x (min/max), кН·м	-195/121	-190/97.9
Напряжения M_y (min/max), кН·м	187/101	-183/105
Сваи		
Нагрузка на сваи min/max, кН	298/456	352/412
Несущая способность свай min/max, кН	817/834	1490/1500

Таким образом, возникновение крена здания возможно не только при выраженной асимметрии жесткостных характеристик здания или несимметричном нагружении, но и неоднородном напластовании грунтов.

Решение практической задачи показало, что неравномерные осадки деформации основания и фундамента ведут к заметному перераспределению усилий в элементах надземной части. Таким образом, только совместный расчет зданий и оснований может считаться корректным.

Библиографический список

1. Охлопкова Т. В., Гурьянов Г. Р., Плотников А. А. Строительство и проектирование зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты // Инженерный вестник Дона. 2018. №4. С. 62-75.
2. Кочерженко В. В. Инновационные свайные технологии в современном фундаментостроении // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2022. № 4. С. 57–67.
3. Майструк А. Г., Пегин П. А. Анализ конструкции фундаментов, устраиваемых на вечномерзлых грунтах // Заметки ученого. 2021. №9. С. 31-35.
4. Улицкий В. М., Шашкин А. Г., Шашкин К. Г., Шашкин В. А. Основы совместных расчетов зданий и оснований. Спб.: Издательство института «Геореконструкция», 2014. 328 с.
5. Егорова Е.С., Иоскевич А.В., Иоскевич В.В., Агишев К.Н., Кожевников В.Ю. Модели грунтов, реализованные в программных комплексах SCAD Office и Plaxis 3D // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №3. С. 31–60.
6. Кузнецова В. Н. Анализ результатов сжимаемости мерзлых грунтов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. № 7. С. 90-93.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ НА СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ

Иванова Ж.В., канд. техн. наук, доц.,

Третьякова Е.Г., канд. архитектуры, доц.

*Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, Россия*

В настоящее время в РФ действующая нормативная база содержит необходимые документы для проектирования и строительства зданий в стандартных условиях без учета специфических особенностей регионов строительства. Одной из таких особенностей некоторых районов является наличие территорий сложного рельефа с различным перепадом отметок местности, для которых нет необходимых требований и рекомендаций по строительству. Главная причина их не разработанности состоит в отсутствии необходимости в них.

Строительство на сложных рельефах в РФ сегодня это уникальное явление и если что-то и возводится, то это как правило, общественные здания гостиниц, спортивных или рекреационных объектов. Они не являются типовыми и строятся по специально для них выполненным проектам. В регионах РФ у проектировщиков как правило отсутствует богатый опыт строительства на склонах и возникает необходимость ориентироваться на существующие примеры в странах Запада для теоретического и практического освоения этой практики.

Активная урбанизация городов РФ в скором будущем так или иначе приведет к необходимости освоения сложного рельефа для строительства жилья. Опыта проектирования в этой области недостаточно, поскольку нет большого количества городов на сложном рельефе как в странах Европы или Южной Америке. И принципы, и приемы застройки на склонах сложились именно там.

Анализ исторического развития городов демонстрирует, что рельеф во многом способствовал своеобразному их развитию, придавая городу компактность, повышая оборонительные возможности, создавая здоровые санитарно-эпидемиологические условия. Но при этом возникали существенные технические сложности. Русское градостроительство всегда демонстрировало всесторонний учет рельефа при возведении городов, грамотно и бережно учитывая особенности рельефа и формируя особенности образа города, которые делали его неповторимым и уникальным. Особенности рельефа диктовали приемы расположения ансамблей кремлей, места размещения знаковых храмовых ансамблей.

Еще во времена существования Древне Русского государства появились города, в которых активно использовался рельеф. Среди них

можно отметить Киев, Смоленск, Владимир, Нижний Новгород и Тобольск. Многие города со сложным рельефом с течением времени начинают сползать своей застройкой и осваивать прилегающие равнинные территории [1].

В России в XVIII в. при переходе на регулярную планировку во многих городах были построены градостроительные ансамбли на сложном рельефе и имеются города, где жилищное строительство с момента основания города осуществлялось только на рельефе. Примером такого города является Тбилиси, расположенный в низкогорной местности с перепадом рельефа более 200 м.

Среди современных российских городов Владивосток представляет интерес как город, созданный на рельефе. Он был заложен на холмах-сопках в 1860 г. Развитие его планировочной структуры начинается с момента основания и отличается характерным перепадом высот в основном до 200 метров отдельных частей города. Первоначально улицы прокладывались в виде полос вдоль береговых линий нескольких бухт и лишь после его застройки начинают подниматься вверх по склонам [2-4].

Территория РФ занята горными массивами приблизительно на одну треть (рис. 1).

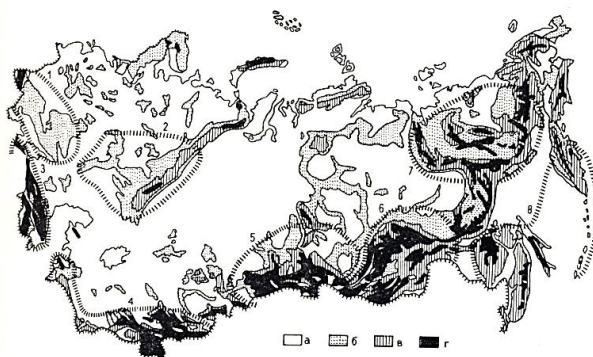


Рис. 1. Градостроительное зонирование и районирование территории СССР по условиям рельефа. Зоны рельефа: а – плоский; б – холмистый; в – гористый; г – горный сложный [1]

Это около 6 млн км². Поэтому актуальность проблемы освоения их высока. Многие российские города страдают наличием в их структуре массивов малопригодных территорий. Они составляют в среднем около 7,5 %, но в каких-то регионах это более 15-20 % территории города.

Строительство на сложном рельефе может быть очень экономически выгодным в связи с тем, что наводнения и паводки последних десятилетий носят угрожающий характер, оставляя каждый год без жилья

и сельскохозяйственных угодий огромные территории определенных регионов страны.

Застройка городов на сложном рельефе отличается некоторыми серьезными преимуществами, среди которых не только возможность создания оптимального визуального комфорта. Излишняя урбанизация архитектурной среды может ограничиваться освоением территорий со сложным рельефом. Тем самым можно будет добиваться повышения плотности городской застройки. Еще одна проблема урбанизации связана с необходимостью создания основ устойчивого развития городов. Устойчивое развитие предполагает ко-эвалентное существование антропогенной и природной среды с максимальным сохранением природных ландшафтов, и освоение сложных рельефов будет обеспечивать их возможно первозданную целостность [5, 6].

В настоящее время в зависимости от степени крутизны рельефа существует разработанная классификация типов местностей, в соответствии с которой рельефы бывают малой, средней и большой сложности. Существующие на данный момент сложившиеся типологические варианты жилья пригодны для разнообразных типов рельефа.

И классификация типов жилья по способу компоновки их относительно склонов выделяет несколько возможных типов зданий: равнинный дом, заглубленный дом, дом на «курых ножках», консольный дом, «дом фантом», террасный дом, подвесной дом, дом-мост, комбинированный дом.

Застройка склонов жильем осуществляется многоэтажными и малоэтажными домами как индивидуальными, так и заблокированными домами, диагональными домами, террасными домами. Но массовая застройка индивидуальными домами практически отсутствует. Такого типа фешенебельные дома встречаются исключительно в живописных природных местах и являются совершенными по конструктивным и архитектурным характеристикам.

Жилые дома террасного типа до недавнего времени считались не самыми распространенными, строились редко и преимущественно в теплых странах.

Тем не менее среди приемов застройки на сложном рельефе наиболее комфортной сейчас считается именно террасная застройка. Распространение террасный тип застройки получил не случайно. Отличительная особенность его состоит в том, что он обустроен индивидуальным пространством для отдыха [5, 6].

Террасная застройка является одним из исторических типов жилья в жарком климате. Когда-то она в виде домов типа пуэбло появилась у народов Южной Америки (рис. 2). Сложный рельеф характерен для этого континента, поскольку через всю территорию тянутся Кордильеры, площадь которых составляет 3,3 млн км².



Рис. 2. Дом типа пуэбло

В настоящее время основными причинами застройки склонов жилыми домами террасного типа является совокупность факторов, среди которых не только сложные условия инженерно-геологического характера, с уклоном рельефа от 15 % промилле и выше, и отсутствия возможности строить многоэтажные жилые дома, но и необходимость повышения комфорта жилых квартир посредством создания открытых террас в качестве летних помещений для отдыха, которые позволяют к тому же пустить в квартиры много естественного света, создать защищенность террас, обильно озеленить террасы. К тому же дома террасного типа в отличие от многих других обладают достаточно высокими экологическими качествами, органично вписываются в существующий ландшафт.

Террасная застройка, гармонично вписывающаяся в естественный ландшафт, обладает и рядом недостатков, среди которых повышенные теплотери из-за большой площади наружных ограждений, необходимость устройства зрительной изоляции, затруднение удаления снега с террас, Данные недостатки могут быть решены правильно подобранными архитектурно-планировочными решениями, и они не являются большим препятствием для использования данного типа застройки в тех регионах, где они приемлемы по климатическим условиям.

Однако есть еще один существенный недостаток террасной застройки, да и любой застройки на сложном рельефе. Он состоит в недоступности этого вида застройки для маломобильных групп населения и определенной сложности ее доступности для растущего количества пожилого населения нашей страны. Поэтому такого вида застройка не должна занимать максимально большие территории в городах, а присутствовать фрагментарно.

Библиографический список

1. Крогиус, В. Р. Город и рельеф / В. Р. Крогиус. – Москва : Стройиздат, 1979. – 123 с. : ил., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=602119>(дата обращения: 29.03.2024). – Библиогр.: с. 117-119. – Текст : электронный.
2. Калабин, А.В. Дом на рельефе / А. В. Калабин. – Екатеринбург: Вебстер, 2012. – 160 с.
3. Город нашенский [Текст] : [О Владивостоке] : [Сборник] / Отв. ред. и сост.: Л. Ивашенко. - Владивосток : Дальневост. кн. изд-во, 1970. - 431 с., 57 л. : ил.; 22 см.
4. Матвеев Н. П. Краткий исторический очерк г. Владивостока [Текст] / Н. П. Матвеев. - Изд. 2-е, доп. - Владивосток : Рубеж, 2012. - 510, [1] с. : ил., портр., факс.; 22 см. - (Библиотека альманаха "Рубеж"); ISBN 978-5-85538-050-7.
5. Горниак Л. Использование территории со сложным рельефом под жилую застройку / Л. Горниак; Перевод со словац. В. К. Иванова. - Москва : Стройиздат, 1982. - 72 с. : ил.; 21 см. - Перевод изд.: Zasadí zastavby svahov / Ladislav Horniak (Bratislava).
6. Трухачева Г. А., Хитева Е. О. Принципы создания архитектурной среды проживания с учетом природного окружения в условиях сложного рельефа как способа повысить качество жилища//Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. XXXIII междунар. науч.-практ. конф. №4(29). – Новосибирск: СибАК, 2014., С.172-180.

О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕКРЫТИЙ БАЛОЧНОГО ТИПА

Колесников В.А., аспирант,

Никулин А.И., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Доля монолитного железобетона в общем объеме железобетонных конструкций особенно высока в гражданских зданиях, объектах черной и цветной металлургии, горнодобывающей, химической и других отраслей промышленности. При возведении монолитных железобетонных конструкций значительная часть затрат (от 35 до 45%) приходится на установку и демонтаж опалубки, включая временные поддерживающие стойки.

Один из способов решения указанной проблемы заключается в переходе к сборно-монолитным железобетонным, в том числе комбинированным конструкциям [1, 5, 12]. Под комбинированными

будем понимать перекрытия, которые включают в себя сборные балочные элементы таврового сечения с нижней полкой из тяжелого бетона и верхнюю монолитную плиту из легкого конструкционного бетона, например, керамзитобетона [5, 12]. При этом опалубка для устройства монолитной части перекрытия временно закрепляется на нижних полках сборных элементов, что оставляет свободными (без поддерживающих стоек, как это происходит при устройстве монолитных перекрытий) помещения на ниже расположенных этажах.

Монолитная плита по мере твердения керамзитобетона благодаря предусмотренным в сборных элементах шпонкам и выпускам арматуры постепенно включается в совместную работу. На основании исследований, проведенных С.И. Меркуловым и А.И. Татаренковым [7], был выявлен эффект временного рассогласования относительных деформаций в зоне сопряжения сборного и монолитного бетонов. Этот эффект практически исчезал, когда монолитная составляющая конструкции набирала проектную прочность или, во многих случаях, ее существенную часть.

Таким образом, к началу нормальной эксплуатации объекта сборно-монолитные перекрытия балочного типа работают под нагрузкой как сплошные конструкции, имеющие два жестко соединенных между собой элемента из бетонов с разными деформативно-прочностными характеристиками (верхняя полка из керамзитобетона небольшой прочности и тавровая балка из тяжелого бетона средней прочности). С учетом этого условия рассмотрим построение методики расчета прочности по нормальному сечению сборно-монолитного комбинированного балочного перекрытия на основе использования нелинейной деформационной расчетной модели, важнейшими элементами которой являются криволинейные диаграммы деформирования бетона и арматуры [3, 4, 11].

Диаграммы состояния как тяжелого бетона, так и легкого керамзитобетона при неоднородном сжатии и неоднородном растяжении принимаются без ниспадающих участков [2] и характеризуются следующими параметрами: общим начальным модулем упругости E_{b2} , предельными сопротивлениями бетона сжатию R_b и растяжению R_{bt} , а также соответствующими значениями относительных деформаций ε_{bu} и ε_{btu} (рис. 1).

Для аналитического описания диаграммы деформирования бетона при неоднородном сжатии (см. кривую 1 на рис. 1) принимается степенная функция, использованная ранее Г.И. Мельниковым [6]:

$$\sigma_b = R_b \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{bu}} \right)^{n_u} \right], \quad (1)$$

где σ_b , ε_b – соответственно, текущие значения напряжения и относительной деформации бетона при неоднородном сжатии (координаты произвольной промежуточной точки диаграммы); R_b , ε_{bu} – соответственно, предельные величины прочности и относительной деформации бетона при неоднородном сжатии (координаты конечной точки диаграммы); n_u – показатель степени, характеризующий нелинейность диаграммы неоднородного сжатия бетона ($n_u \geq 1$).

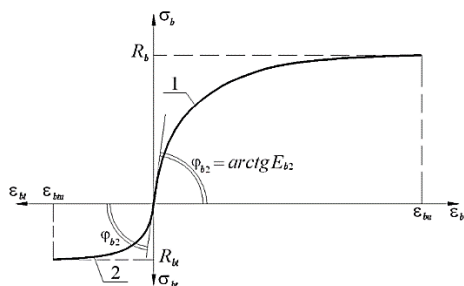


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона и керамзитобетона при неоднородном сжатии (кривая 1) и неоднородном растяжении (кривая 2)

Для определения неизвестных параметров диаграмм неоднородного сжатия бетона (ε_{bu} , E_{b2} , n_u) приняты следующие гипотезы и допущения [9, 11]:

1) критерием разрушения сжатого бетона в нормальном сечении изгибаемого железобетонного элемента является достижение фибровым волокном сжатой зоны этого элемента предельной величины относительной деформации при неоднородном сжатии ε_{bu} ;

2) предельная величина удельной энергии деформирования бетона при неоднородном сжатии равна удельной энергии разрушения центрально сжатого бетонного образца;

3) для предельной стадии деформирования бетона при неоднородном сжатии (что соответствует сжатой зоне сечения изгибаемого элемента на этапе разрушения) деформация волокна, проходящего через центр тяжести эпюры сжимающих напряжений, равна предельной деформации бетона при центральном сжатии ε_{bR} .

Так, для стадии исчерпания прочности изгибаемого железобетонного элемента по сжатой зоне бетона после соответствующих математических преобразований получаем следующую систему уравнений:

$$E_{b2} = \frac{n_u R_b}{\varepsilon_{bu}}, \quad (2)$$

$$n_u = 3n_0, \quad (3)$$

$$\varepsilon_{bu} = \varepsilon_{bR} \frac{2(3n_0 + 2)}{3(n_0 + 1)}, \quad (4)$$

где E_{b2} – начальный модуль упругости бетона при неоднородном сжатии; ε_{bR} – предельная величина относительной деформации бетона при центральном сжатии, определяемая экспериментальным путем; n_0 – показатель степени, характеризующий нелинейность диаграммы центрального сжатия ($n_0 \geq 1$).

Используемый в выражениях (3), (4) показатель степени n_0 находится из условия равенства начального модуля упругости бетона при центральном сжатии E_{b1} и тангенса угла наклона касательной в начальной точке соответствующей диаграммы $\sigma \sim \varepsilon$:

$$n_0 = \frac{E_{b1} \cdot \varepsilon_{bR}}{R_b}. \quad (5)$$

Также необходимо учитывать, что входящий в зависимость (5) начальный модуль упругости E_{b1} отличается от нормативного модуля E_{bn} , который по существу является секущим модулем деформаций бетона при сжатии. Для нахождения величины E_{b1} используется следующее условие: кривая $\sigma \sim \varepsilon$ при центральном сжатии бетона должна проходить через точку с координатами $\varepsilon_b = 0,3R_b / E_{bn}$ и $\sigma_b = 0,3R_b$. После преобразований получаем следующую зависимость для определения искомого параметра:

$$E_{b1} = \frac{R_b \ln(0,7)}{\varepsilon_{bR} \ln\left(1 - \frac{0,3R_b}{E_{bn} \varepsilon_{bR}}\right)}. \quad (6)$$

Предельную величину относительной деформации бетона при центральном сжатии (ε_{bR}) для тяжелых бетонов можно принять по эмпирической формуле, приведенной в работе [9]:

$$\varepsilon_{bR} = 0,022 \sqrt[3]{R_b / E_{bn}}. \quad (7)$$

Аналогичную степенную функцию принимаем для описания диаграммы неоднородного растяжения (см. кривую 2 на рис. 1):

$$\sigma_{bt} = R_{bt} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_{bt}}{\varepsilon_{btu}} \right)^{m_u} \right], \quad (8)$$

где σ_{bt} , ε_{bt} – соответственно, текущие значения напряжения и относительной деформации бетона при неоднородном растяжении;

ε_{btu} – предельная величина относительной деформации бетона при неоднородном растяжении; m_u – показатель степени, характеризующий нелинейность диаграммы неоднородного растяжения бетона ($m_u \geq 1$).

Для получения значений неизвестных параметров диаграмм неоднородного растяжения бетона (ε_{btu} , m_u) адаптируются первые две гипотезы из принятых для сжатия:

о критерии разрушения бетона в растянутой зоне изгибаемого элемента;

об инвариантности удельной энергии разрушения бетона при центральном и неоднородном растяжении.

Математическая интерпретация этих гипотез позволила получить необходимые зависимости для нахождения указанных величин:

$$\varepsilon_{btu} = \frac{\varepsilon_{btR} \cdot m_0}{m_0 + 1} + \sqrt{\left(\frac{\varepsilon_{btR} \cdot m_0}{m_0 + 1}\right)^2 + \frac{4R_{bt} \cdot \varepsilon_{btR} \cdot m_0}{E_{b2} \cdot (m_0 + 1)}}, \quad (9)$$

$$m_u = \frac{E_{b2} \cdot \varepsilon_{btu}}{R_{bt}}, \quad (10)$$

где E_{b2} – начальный модуль упругости бетона при неоднородном сжатии принимается таким же для неоднородного растяжения (см. рис. 1); ε_{btR} – предельная величина относительной деформации бетона при центральном растяжении, определяемая экспериментальным путем; m_0 – показатель степени, характеризующий нелинейность диаграммы центрального растяжения ($m_0 \geq 1$).

Используемый в формуле (9) показатель степени m_0 находится по зависимости, аналогичной (10):

$$m_0 = \frac{E_{b1} \cdot \varepsilon_{btR}}{R_{bt}}, \quad (11)$$

где E_{b1} – начальный модуль упругости бетона при центральном сжатии принимается равным своему аналогу для неоднородного растяжения.

Предельную величину относительной деформации бетона при центральном растяжении (ε_{btR}) для тяжелых бетонов можно принять по эмпирической формуле, предложенной в работе [8]:

$$\varepsilon_{btR} = \frac{1}{15} \sqrt[3]{\left(\frac{R_{bt}}{E_{bt}}\right)^2}. \quad (12)$$

Именно эти диаграммы (1), (8) в сочетании с гипотезой плоских сечений используются в расчетной модели для определения необходимых характеристик сжатой и растянутой зон бетона в

изгибаемом железобетонном элементе непосредственно перед его разрушением по нормальному сечению, то есть они являются диаграммами состояния бетона.

Далее необходимо рассмотреть принимаемые в расчетной модели диаграммы состояния арматуры. Для описания уточненных криволинейных диаграмм деформирования арматурных сталеи различных марок и классов будем использовать подход, предложенный в работе [10].

Диаграмма растяжения арматуры принята с физической площадкой текучести (рис. 2).

Для ее описания применяется кусочная функция, состоящая из одного линейного и двух нелинейных уравнений [10]:

$$\text{при } 0 < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{el} \quad \sigma_s = E_s \varepsilon_s, \quad (13)$$

$$\text{при } \varepsilon_{el} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{yf} \quad \sigma_s = \sigma_{el} + \frac{E_s (\varepsilon_s - \varepsilon_{el}) [1 + D_{s1} (\varepsilon_s - \varepsilon_{el})]}{1 + C_{s1} (\varepsilon_s - \varepsilon_{el})}, \quad (14)$$

$$\text{при } \varepsilon_{yf} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_u \quad \sigma_s = \sigma_y + \frac{E_{s2} (\varepsilon_s - \varepsilon_{yf}) [1 + D_{s2} (\varepsilon_s - \varepsilon_{yf})]}{1 + C_{s2} (\varepsilon_s - \varepsilon_{yf})}, \quad (15)$$

где E_{sm} – начальный модуль упругости арматуры; σ_{el} , ε_{el} – предел упругости и соответствующая относительная деформация арматуры (см. т. 1 на рис. 2); σ_y , ε_{yf} – предел текучести и относительная деформация в конце площадки текучести арматуры (см. т. 2 на рис. 2); σ_u , ε_u – временное сопротивление и предельная относительная деформация при разрыве арматуры (см. т. 3 на рис. 2); C_{s1} , D_{s1} , C_{s2} , D_{s2} – параметры нелинейности кусочной функции, описывающей второй и третий участки диаграммы; E_{s2} – модуль упругости арматуры в начальной точке третьего участка.

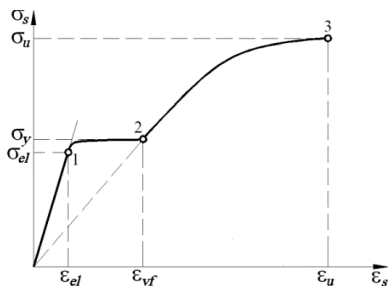


Рис. 2. Уточненная криволинейная диаграмма деформирования арматуры с физической площадкой текучести

Зависимости для определения неизвестных параметров кусочной функции ($C_{s1}, D_{s1}, C_{s2}, D_{s2}, E_{s2}$) представлены в работе [10].

При построении методики расчета прочности по нормальному сечению рассматриваемого сборно-монолитного комбинированного балочного перекрытия учитываем фактическую форму его конструктивного решения в виде двутавра с широкой верхней полкой из керамзитобетона.

Наличие этой верхней полки в сечении изгибаемого элемента требует рассмотрения двух основных вариантов НДС для стадии исчерпания его прочности: нейтральная ось может быть расположена как в ребре, так и в верхней полке. Реализация каждого из этих вариантов зависит от геометрических размеров двутаврового сечения, от соотношения классов бетонов по прочности на сжатие, от процентов армирования сжатой и растянутой полок, от класса растянутой арматуры и других факторов.

Рассмотрим наиболее часто встречающийся вариант расположения нейтральной оси в ребре изгибаемого комбинированного двутаврового элемента для стадии исчерпания его прочности (рис. 3).

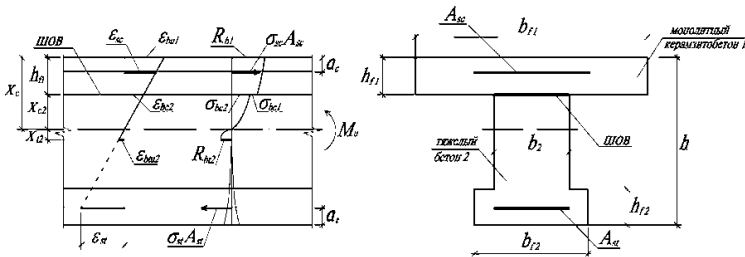


Рис. 3. Схема распределения относительных деформаций, напряжений и усилий в нормальном сечении изгибаемого комбинированного элемента двутаврового профиля на стадии исчерпания прочности для случая расположения нейтральной оси в ребре

Аналитическое отображение расчетной схемы рассматриваемого комбинированного элемента, представленного на рис. 3, приводит к следующим уравнениям равновесия:

$$b_{f1} h_{f1} \omega_{f1} R_{b1} + \sigma_{sc} A_{sc} + b_2 x_{c2} \omega_{c2} \sigma_{bc2} - b_2 x_{r2} \omega_{u2} R_{bt2} - \sigma_{st} A_{st} = 0, \quad (16)$$

$$M_u = b_{f1} h_{f1} \omega_{f1} R_{b1} (x_{c2} + \gamma_{f1} h_{f1}) + \sigma_{sc} A_{sc} (x_c - a_c) + b_2 x_{c2}^2 \omega_{c2} \gamma_{c2} \sigma_{bc2} + \sigma_{st} A_{st} (h - x_c - a_1) + b_2 x_{r2}^2 \omega_{u2} \gamma_{u2} R_{bt2}, \quad (17)$$

где M_u – искомый изгибающий момент, соответствующий исчерпанию прочности элемента по нормальному сечению; $\omega_{f1}, \omega_{c2}, \omega_{u2}, \gamma_{f1}, \gamma_{c2}, \gamma_{u2}$ – интегральные геометрические характеристики

эпюр сжимающих и растягивающих напряжений в ребре и в верхней полке приведенного двутаврового сечения рассчитываемого балочного элемента; x_{c2} , x_{t2} , x_c – высоты сжатой и растянутой зон бетона в ребре и в сечении в целом; σ_{sc} , σ_{st} – напряжения, соответственно, в сжатой и растянутой арматуре; σ_{bc2} – сжимающее напряжение на верхней грани сборного элемента в уровне шва сопряжения с верхней полкой из керамзитобетона.

Индексы 1 и 2, используемые при обозначении искомых неизвестных параметров, соответствуют принадлежности к сборному элементу (индекс 2) или к монолитной верхней полке (индекс 1).

Неизвестными величинами в этих двух уравнениях равновесия являются: момент исчерпания прочности M_u , размеры сжатой и растянутой зон бетона в ребре и в сечении в целом x_{c2} , x_{t2} , x_c , напряжения в сжатой и растянутой арматуре σ_{sc} , σ_{st} , сжимающее напряжение на верхней грани сборного элемента в уровне шва сопряжения с верхней полкой из керамзитобетона σ_{bc2} , интегральные геометрические характеристики эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах бетона ω_{f1} , ω_{c2} , ω_{tu2} , γ_{f1} , γ_{c2} , γ_{tu2} . Таким образом, общее число уравнений, требуемое для определения этих неизвестных переменных, должно быть равно 13.

Коэффициенты полноты эпюр напряжений в бетоне ω_{f1} , ω_{c2} , ω_{tu2} и относительные расстояния от центров тяжести эпюр до нейтральной оси, соответственно, в сжатой верхней полке (γ_{f1}), в сжатой зоне ребра (γ_{c2}) и в растянутой зоне ребра (γ_{tu2}) находятся с помощью следующих интегральных выражений:

$$\omega_{f1} = \frac{\int_0^{x_c} \sigma_{bcz} dz}{R_{b1} h_{f1}}, \quad (18)$$

$$\omega_{c2} = \frac{\int_0^{x_{c2}} \sigma_{bcz} dz}{\sigma_{bc2} x_{c2}}, \quad (19)$$

$$\omega_{tu2} = \frac{\int_0^{x_{t2}} \sigma_{btz} dz}{R_{bt2} x_{t2}}, \quad (20)$$

$$\gamma_{f1} = \frac{\int_{x_{c2}}^{x_c} \sigma_{bcz} z dz}{h_{f1} \int_{x_{c2}}^{x_c} \sigma_{bcz} dz}, \quad (21)$$

$$\gamma_{c2} = \frac{\int_0^{x_{c2}} \sigma_{bcz} z dz}{x_{c2} \int_0^{x_{c2}} \sigma_{bcz} dz}, \quad (22)$$

$$\gamma_{u2} = \frac{\int_0^{x_{i2}} \sigma_{buz} z dz}{x_{i2} \int_0^{x_{i2}} \sigma_{buz} dz}. \quad (23)$$

Вывод конкретных алгебраических выражений для вычисления этих интегральных геометрических характеристик эпюр напряжений предусматривает использование соответствующих уравнений деформирования бетона при неоднородном сжатии и растяжении (1), (8), а также привлечение гипотезы плоских сечений для нормального сечения рассматриваемого железобетонного элемента.

В качестве примера ниже представлены алгебраические зависимости, позволяющие рассчитать геометрические характеристики эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах (ω_{c2} , γ_{c2} , ω_{u2} , γ_{u2}), которые расположены в ребре двутаврового комбинированного сечения изгибаемого элемента:

$$\omega_{c2} = \frac{\frac{n_{u2}}{n_{u2} + 1} - \left(1 - \frac{\varepsilon_{bc2}}{\varepsilon_{bu2}}\right) \cdot \left[1 - \frac{1}{n_{u2} + 1} \left(1 - \frac{\varepsilon_{bc2}}{\varepsilon_{bu2}}\right)^{n_{u2}}\right]}{\left(1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_{bc2}}{\varepsilon_{bu2}}\right)\right) \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_{bc2}}{\varepsilon_{bu2}}\right)^{n_{u2}}\right]}, \quad (24)$$

$$\gamma_{c2} = 1 - \frac{\frac{n_{u2}}{2(n_{u2} + 2)} - \left(1 - \frac{\varepsilon_{bc2}}{\varepsilon_{bu2}}\right)^2 \cdot \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{n_{u2} + 2} \left(1 - \frac{\varepsilon_{bc2}}{\varepsilon_{bu2}}\right)^{n_{u2}}\right]}{\frac{n_{u2}}{n_{u2} + 1} - \left(1 - \frac{\varepsilon_{bc2}}{\varepsilon_{bu2}}\right) \cdot \left[1 - \frac{1}{n_{u2} + 1} \left(1 - \frac{\varepsilon_{bc2}}{\varepsilon_{bu2}}\right)^{n_{u2}}\right]}, \quad (25)$$

$$\omega_{u2} = \frac{m_{u2}}{m_{u2} + 1}, \quad (26)$$

$$\gamma_{m2} = \frac{m_{u2} + 3}{2(m_{u2} + 2)}, \quad (27)$$

где ε_{bc2} – величина относительной деформации на верхней грани сборного элемента в уровне шва сопряжения с верхней полкой из керамзитобетона (см. рис. 3).

Так как в выражениях (24), (25) появился еще один неизвестный параметр (ε_{bc2}), то число неизвестных величин увеличилось до 14-ти, а количество уравнений пока намного меньше.

С учетом принятой гипотезы плоских сечений для рассматриваемого железобетонного элемента (см. рис. 3) записываются следующие условия совместности относительных деформаций:

$$\frac{\varepsilon_{bu2}}{x_{t2}} = \frac{\varepsilon_{bu1}}{x_c}, \quad (28)$$

$$\frac{\varepsilon_{bc2}}{x_{c2}} = \frac{\varepsilon_{bu1}}{x_c}, \quad (29)$$

$$\frac{\varepsilon_{st}}{\varepsilon_{bu1}} = \frac{h - a_t}{x_c} - 1, \quad (30)$$

$$\frac{\varepsilon_{sc}}{\varepsilon_{bu1}} = 1 - \frac{a_c}{x_c}, \quad (31)$$

$$x_c = h_{f1} + x_{c2}. \quad (32)$$

В этой группе уравнений добавляются еще две неизвестных величины ε_{sc} , ε_{st} . В итоге число неизвестных параметров становится равным 16-ти. При этом количество уравнений для их решения достигает 13-ти.

Неизвестные напряжения в сжатой и растянутой арматуре σ_{sc} , σ_{st} находим с помощью кусочной функции (13)..(15), принятой для описания диаграмм деформирования арматурных сталей с физической площадкой текучести. С целью упрощения подсчета количества разрешающих уравнений ограничимся представлением кусочной функции в общем виде:

$$\sigma_{sc} = f_1(\varepsilon_{sc}), \quad (33)$$

$$\sigma_{st} = f_2(\varepsilon_{st}). \quad (34)$$

Таким образом добавляются еще две зависимости, входящие в систему разрешающих уравнений. Их общее число достигает 15-ти. То

есть необходимо добавить только одно уравнение, чтобы всю систему можно было решить.

Воспользуемся зависимостью (1), чтобы определить неизвестную величину сжимающего напряжения σ_{bc2} на верхней грани сборного элемента в уровне шва сопряжения с верхней полкой из керамзитобетона:

$$\sigma_{bc2} = R_{b2} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_{bc2}}{\varepsilon_{bu2}} \right)^{n_{u2}} \right]. \quad (35)$$

В результате решения полученной системы уравнений, включающей 16 уравнений с 16-тью неизвестными величинами, определяются искомые параметры напряженно-деформированного рассматриваемого железобетонного элемента, в том числе предельный изгибающий момент M_u , соответствующий исчерпанию его прочности по нормальному сечению для случая расположения нейтральной оси в ребре. В связи с тем, что ряд представленных зависимостей носит нелинейный характер, то их численная реализация производится с использованием итерационных процедур.

В данной работе рассмотрено предельное состояние изгибаемой сборно-монолитной комбинированной конструкции перекрытия балочного типа – этап, непосредственно предшествующий исчерпанию ее прочности по нормальному сечению. На основе нелинейной деформационной расчетной модели разработана методика расчета прочности изгибаемых конструкций рассматриваемого типа, основанная на использовании диаграмм неоднородного сжатия и растяжения бетона (без ниспадающей ветви), аналитическое описание которых принято по аналогии с зависимостью Г.И. Мельникова в виде степенной функции. Для описания уточненных диаграмм состояния арматуры с физической площадкой текучести принята кусочная функция А.И. Никулина, состоящая из одного линейного и двух нелинейных уравнений. Разработанная методика расчета в виде системы разрешающих уравнений, включающих условия равновесия внутренних и внешних силовых факторов, а также основанные на гипотезе Бернулли линейные соотношения относительных деформаций, позволяют определить искомую величину предельного изгибающего момента M_u в нормальном сечении изгибаемого комбинированного двутаврового элемента с верхней полкой из керамзитобетона. Поскольку расчетная методика разработана без привлечения эмпирических зависимостей, то ее можно использовать для теоретического определения прочности конструкций рассматриваемого вида практически любых размеров, при любой прочности бетона и различном содержании растянутой и сжатой арматуры.

Библиографический список

1. Богачева С.В., Никулин А.И. Расчет по прочности нормальных сечений сборно-монолитных перекрытий каркасных зданий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 4. С. 33-37.
2. Васильков Г.В. Эволюционная теория жизненного цикла самоорганизующихся механических систем // Строительная механика и расчет сооружений. 2008. № 1. С. 67-72
3. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.
4. Кодыш Э.Н., Никитин И.К., Трекин Н.Н. Расчет железобетонных конструкций из тяжелого бетона по прочности, трещиностойкости и по деформациям. М.: Изд-во АСВ, 2011. 352 с.
5. Крючков А.А., Дронов А.В., Логачев К.И. Расчет стержневых элементов сборно-монолитных перекрытий из керамзитобетона на основе единого подхода к определению прочности и деформативности // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 19-21.
6. Мельников Г.И. Исследование граничного армирования и прочности перearмированных железобетонных элементов с одиночной арматурой: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.23.01. Киев, КИСИ, 1964. 20 с.
7. Меркулов С.И., Татаренков А.И. Оценка резерва несущей способности эксплуатируемых железобетонных конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 66-69.
8. Никулин А.И. К определению предельной относительной деформации бетона в растянутой зоне изгибаемого железобетонного элемента // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6; Режим доступа: <http://www.science-education.ru/120-16844> (дата обращения: 10.04.2024).
9. Никулин А.И. К уточнению величин предельных относительных деформаций бетона в сжатой зоне изгибаемых железобетонных элементов // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 12-15.
10. Никулин А.И. Универсальная зависимость для аналитического описания диаграмм растяжения арматурной стали // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 157-162.
11. Никулин А.И. Энергетический подход к трансформированию эталонных диаграмм сжатия бетона // Бетон и железобетон. 2013. № 5. С. 12-14.
12. Смоляго Г.А., Крючков А.А., Дронова А.В., Дрокин С.В. К расчету изгибаемых элементов составного сечения из легких бетонов на пористых заполнителях // Строительство и реконструкция. 2012. № 2 (40). С. 38-43.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИАГРАММ СЖАТИЯ БЕТОНОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Колесников В.А., аспирант,
Никулин А.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Проводимые в последние годы исследования изгибаемых железобетонных конструкций [1, 2, 4, 5] показывают, что бетон в их сжатой зоне работает в условиях неоднородного деформирования. Чтобы установить вид эпюр напряжений в сечении изгибаемого железобетонного элемента, применяют различные приемы трансформирования исходных диаграмм, полученных при центральном сжатии эталонных бетонных образцов [3, 7, 10]. В данной статье для таких преобразований используется энергетический подход, предложенный в работе [10].

Уравнение для аналитического описания диаграммы сжатия бетона при центральном нагружении принимаем по аналогии с зависимостью Г.И. Мельникова [6] в виде степенной функции:

$$\sigma_b = R_b \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{bR}} \right)^{n_1} \right], \quad (1)$$

где σ_b , ε_b – соответственно, текущие значения напряжения и относительной деформации бетона при центральном сжатии; R_b , ε_{bR} – предельные величины прочности и относительной деформации бетона при центральном сжатии, определяемые экспериментальным путем; n_1 – показатель степени, характеризующий нелинейность диаграммы центрального сжатия ($n_1 \geq 1$).

Рассмотрим эталонную диаграмму сжатия бетона (рис. 1).

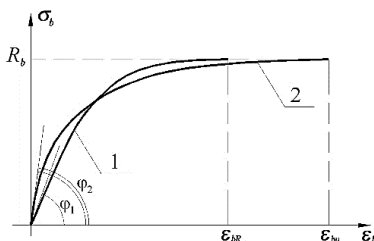


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона при центральном (кривая 1) и неоднородном (кривая 2) сжатии

Показанные на рис. 1 углы наклона касательных в начальной точке для кривых 1 и 2 численно равны $\varphi_1 = \arctg(E_{b1})$ и $\varphi_2 = \arctg(E_{b2})$.

Для нахождения указанных параметров диаграмм центрального сжатия используются как экспериментальные данные, так и общепринятые теоретические предпосылки.

К параметрам, определяемым экспериментально в ходе испытания стандартных бетонных призм, относятся следующие:

- предельные сопротивления бетона центральному сжатию R_b ;
- нормативный модуль упругости бетона E_{bn} , величина которого устанавливается при напряжениях $\sigma_b = 0,3R_b$;
- предельные относительные деформации бетона при центральном сжатии ε_{bR} .

Последний из перечисленных параметров (ε_{bR}) для тяжелых бетонов можно принять в соответствии с рекомендациями, приведенным в работе [1, 8, 9, 11].

Что касается других перечисленных выше параметров (R_b , E_{bn}), то нормативная база их значений для широкого диапазона используемых в настоящее время бетонов достаточно хорошо разработана [1, 5, 11] и постоянно пополняется.

Используемый в уравнении (1) показатель степени n_1 находится из условия равенства начального модуля упругости бетона при центральном сжатии E_{b1} и тангенса угла наклона касательной в начальной точке соответствующей диаграммы $\sigma \sim \varepsilon$:

$$n_1 = \frac{E_{b1} \cdot \varepsilon_{bR}}{R_b}, \quad (2)$$

где E_{b1} – начальный модуль упругости бетона при центральном сжатии.

Также необходимо учитывать, что входящий в зависимость (1) начальный модуль упругости E_{b1} отличается от нормативного модуля E_{bn} , который по существу является секущим модулем деформаций бетона при сжатии. Для нахождения величины E_{b1} используется следующее условие: кривая $\sigma \sim \varepsilon$ при центральном сжатии бетона должна проходить через точку с координатами $\sigma_b = 0,3R_b$ и $\varepsilon_b = 0,3R_b / E_{bn}$.

После преобразований получаем следующую зависимость для определения искомого параметра:

$$E_{b1} = \frac{R_b \ln(0,7)}{\varepsilon_{bR} \ln\left(1 - \frac{0,3R_b}{E_{bn} \varepsilon_{bR}}\right)}. \quad (3)$$

Рассмотрим теперь процедуру получения диаграммы деформирования бетона при неоднородном сжатии. Для этого

воспользуемся подходом, предложенным в работе А.И. Никулина [10], где используется энергетический критерий разрушения бетона при сжатии.

Для описания диаграммы деформирования бетона при неоднородном сжатии (см. кривую 2 на рис. 1) принимается зависимость, аналогичная (1):

$$\sigma_b = R_b \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{bu}} \right)^{n_2} \right], \quad (4)$$

где ε_{bu} – предельная величина относительной деформации бетона при неоднородном сжатии (аналог параметра ε_{b2} из СП 63 [11], но принимающий различные значения для разных классов бетона); n_2 – показатель степени, характеризующий нелинейность диаграммы неоднородного сжатия бетона.

Для определения неизвестных параметров диаграммы неоднородного сжатия бетона (ε_{bu} , E_{b2} , n_2) приняты следующие гипотезы и допущения [10]:

1) для предельной стадии деформирования бетона при неоднородном сжатии (что соответствует сжатой зоне сечения изгибаемого элемента на этапе непосредственно перед его разрушением) деформация волокна, проходящего через центр тяжести эпюры сжимающих напряжений, равна предельной относительной деформации бетона при центральном сжатии ε_{bR} ;

2) критерием разрушения сжатого бетона в нормальном сечении изгибаемого железобетонного элемента является достижение крайним волокном сжатой зоны этого элемента предельной величины относительной деформации при неоднородном сжатии ε_{bu} ;

3) предельная величина удельной энергии деформирования бетона при неоднородном сжатии равна удельной энергии разрушения центрально сжатого бетонного образца.

Эти гипотезы в виде математических выражений после соответствующих преобразований позволяют определить неизвестные параметры диаграммы неоднородного сжатия бетона, которая совместно с гипотезой плоских сечений формирует сжатую зону бетона в нормальном сечении изгибаемого железобетонного элемента:

$$n_2 = 3n_1, \quad (5)$$

$$\varepsilon_{bu} = \varepsilon_{bR} \frac{2 \cdot (3n_1 + 2)}{3 \cdot (n_1 + 1)}, \quad (6)$$

$$E_{b2} = \frac{n_2 R_b}{\varepsilon_{bu}}, \quad (7)$$

где E_{b2} – начальный модуль упругости бетона при неоднородном сжатии.

Для практической реализации представленных зависимостей был разработан алгоритм и программа расчета «Beton_N». В качестве исходных данных приняты параметры из действующих норм [5, 11]: R_b – нормативная призменная прочность бетона осевому сжатию; E_{bn} – начальный модуль упругости бетона. Предельные относительные деформации бетона при осевом сжатии (ε_{bR}) приняты по рекомендациям работы [9]. Некоторые результаты расчетов, выполненных с помощью программы «Beton_N», представлены в табл.

Таблица

Параметры диаграмм центрального и неоднородного сжатия бетонов различных классов по прочности

Параметры	Класс бетона					
	B15	B20	B30	B40	B50	B60
R_b , МПа	11,0	15,0	22,0	29,0	36,0	43,0
E_{bn} , МПа	24000	27500	32500	36000	38000	39500
E_{b1} , МПа	27364	31185	36569	40225	42137	43481
ε_{bR}	0,00170	0,00180	0,00193	0,00205	0,00216	0,00226
n_1	4,229	3,742	3,208	2,844	2,528	2,285
E_{b2} , МПа	43840	50315	59573	66068	69799	72586
ε_{bu}	0,00318	0,00335	0,00355	0,00374	0,00391	0,00406
n_2	12,687	11,227	9,624	8,531	7,585	6,856

В частности, величины предельных относительных деформаций при осевом сжатии ε_{bR} , найденные по предложенной формуле (2), возрастают от 0,00170 для бетона класса В15 до 0,00226 для бетона В60. То есть принятое в СП 63.13330.2018 постоянное значение $\varepsilon_{bR} = 0,002$ примерно соответствует классу бетона В35, а для бетона более высокой прочности (В60) этот параметр увеличивается на 13 %.

Значения предельных относительных деформаций бетона при неоднородном сжатии ε_{bu} также возрастают с ростом прочности бетона и укладываются в диапазон от 0,00318 до 0,00406. Таким образом, согласно приведенным в *таблице* данным нормируемая в СП 63 величина $\varepsilon_{bu} = 0,0035$ соответствует классу бетона В30. Отношение анализируемых параметров ($\varepsilon_{bR} / \varepsilon_{bu}$) не является постоянной величиной, которая уменьшается от 1,87 для бетона класса В15 до 1,80 для В60.

Начальные модули упругости бетона при центральном сжатии (E_{b1}) превышают нормативные величины (E_{bn}) на 10...14 %, где меньшее значение диапазона относится к бетону В60. Превышение аналогичных параметров бетона при неоднородном сжатии (E_{b2}) по отношению к E_{bn}

существенно больше и составляет в среднем 83 %.

Анализ показателей степени (n_1 , n_2) зависимостей (1) и (4), описывающих, соответственно, диаграммы центрального и неоднородного сжатия бетона, позволяет отметить их общую тенденцию: существенное уменьшение величин в 1,85 раза при повышении прочности бетона от класса В15 до В60. Эта особенность диаграмм свидетельствует о том, что у более прочных бетонов доля упругих деформаций всегда выше, чем у их низкопрочных аналогов. При этом конкретные численные значения показателей степени (n_2) для зависимости (4) в три раза превышают аналогичные параметры (n_1) для выражения (1), используемого для описания диаграмм центрального сжатия.

Учитывая, что предлагаемые зависимости основаны на фундаментальных энергетических соотношениях и непротиворечивых гипотезах, представляется возможным использовать такие диаграммы для исследовательских расчетов прочности изгибаемых железобетонных элементов из конструкционных бетонов практически любых классов и видов, в том числе из керамзитобетона и его аналогов.

Библиографический список

1. Алмазов В.О. Проектирование железобетонных конструкций по Евронормам: научное издание. М.: Изд-во АСВ, 2011. 216 с.
2. Звездов А.И., Залесов А.С., Мухамедиев Т.А., Чистяков Е.А. Расчет прочности железобетонных конструкций при действии изгибающих моментов и продольных сил по новым нормативным документам // Бетон и железобетон. 2002. № 2. С. 21-25.
3. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.
4. Карпенко Н.И., Радайкин О.В. К совершенствованию диаграмм деформирования бетона для определения момента трещинообразования и разрушающего момента в изгибаемых железобетонных элементах // Строительство и реконструкция. 2012. № 3. С. 10-16.
5. Кодыш Э.Н., Никитин И.К., Трекин Н.Н. Расчет железобетонных конструкций из тяжелого бетона по прочности, трещиностойкости и по деформациям. М.: Изд-во АСВ, 2011. 352 с.
6. Мельников Г.И. Исследование граничного армирования и прочности переармированных железобетонных элементов с одиночной арматурой: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.23.01. Киев, КИСИ, 1964. 20 с.
7. Немировский Ю.В., Болтаев А.И. Диаграммы деформирования бетонов и железобетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 125-129.
8. Несветаев Г.В. К созданию нормативной базы деформаций бетона

при осевом нагружении // Известия вузов. Строительство. 1996. № 8. С. 122-124.

9. Никулин А.И. К уточнению величин предельных относительных деформаций бетона в сжатой зоне изгибаемых железобетонных элементов // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 12-15.

10. Никулин А.И. Энергетический подход к трансформированию эталонных диаграмм сжатия бетона // Бетон и железобетон. 2013. № 5. С. 12-14.

11. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 / Минрегион России. М.: ФАУ «ФЦС», ООО «Аналитик», 2012. 155 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОННЫХ ПРИЗМ С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНОГО ВРЕМЕНИ ИХ НАГРУЖЕНИЯ ДО РАЗРУШЕНИЯ

**Коуркин С.В., аспирант,
Никулин А.И., канд. техн. наук, доц.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Поскольку динамические воздействия чаще всего относятся к аварийным, основное требование, предъявляемое к зданиям и сооружениям, состоит в том, чтобы они выдержали без лавинообразного обрушения однократное воздействие сверхкратковременной динамической нагрузки.

Анализ существующих методов расчета показывает, что для решения многих задач динамического деформирования железобетонных конструкций наиболее приемлемой является нелинейная деформационная модель железобетона, одним из важнейших элементов которой являются диаграммы деформирования бетона и арматуры.

Повышенная ударная прочность бетона при высокоскоростном нагружении связана с мгновенным проявлением внутренних сил его вязкого сопротивления, непосредственно воспринимающих внешние воздействия и тормозящих развитие поперечных деформаций, являющихся физической причиной его разрушения.

С целью получения достаточно простых по своей структуре расчетных формул и зависимостей, определяющих прочность бетона при импульсных динамических нагрузках, принят энергетический подход к разрушению бетона, впервые предложенный В.М. Бондаренко [3] и получивший свое дальнейшее развитие в монографии С.И. Меркулова [6], где учет режимности нагружения выполнен на основе постулата инвариантности величины потенциальной энергии деформирования

материала к моменту разрушения. Этот постулат сводится к простому равенству:

$$W_{кр.}^0 = W_{дл.}^0 = const . \quad (1)$$

Аналогичный подход можно применить для определения динамической прочности бетона, находящегося в условиях однородного напряженного состояния, характеризуемого малым временем нагружения образца до разрушения, исчисляемого секундами и их долями [2, 10, 11]. В соответствии с рис. 1, прочность бетона, как и его хрупкость, возрастает при сокращении времени воздействия на рассматриваемый образец [1, 4, 5].

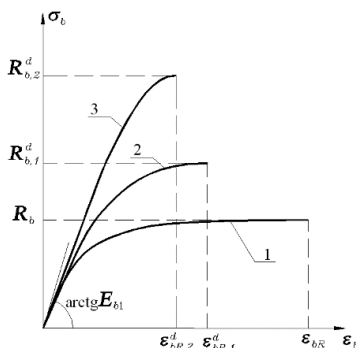


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона при центральном статическом (кривая 1) и динамическом сжатии с учетом различного времени нагружения образцов (кривые 2 и 3)

Для аналитического описания диаграмм деформирования бетона при статическом и при ускоренном центральном сжатии используем дробно-рациональную функцию одного и того же вида, рекомендованную, например, в работе [8]:

$$\sigma_b = \frac{E_{b1}\varepsilon_b(1 + D_{b1}\varepsilon_b)}{1 + C_{b1}\varepsilon_b} , \quad (2)$$

где E_{b1} , D_{b1} , C_{b1} – начальный модуль упругости и параметры нелинейности деформирования бетона при центральном сжатии, получаемые экспериментально-теоретическим путем [8]; σ_b , ε_b – текущие значения напряжений и деформаций сжатия.

Входящий в зависимость (2) начальный модуль упругости E_{b1} отличается от нормативного модуля E_{bn} , который по существу является секущим модулем деформации бетона при сжатии. Так, для нахождения величины E_{b1} и параметров нелинейности C_{b1} и D_{b1} используются зависимости (3)...(5).

$$E_{b1} = \frac{E_{bn}}{0,7} \left(1 - \frac{0,3R_b}{E_{bn} \varepsilon_{bR}} \left(2 - \frac{R_b}{E_{bn} \varepsilon_{bR}} \right) \right), \quad (3)$$

$$D_{b1} = -R_b / (E_{b1} \varepsilon_{bR}^2), \quad (4)$$

$$C_{b1} = E_{b1} / R_b - 2 / \varepsilon_{bR}. \quad (5)$$

Для определения параметров диаграмм динамического центрального сжатия бетона при различных скоростях нагружения эталонных образцов-призм до полного их разрушения принимаем следующие гипотезы и допущения [9]:

- рассматривается нагружение бетонных образцов в условиях постоянной скорости увеличения напряжения;
- величина удельной энергии деформирования бетона при центральном сжатии непосредственно перед его разрушением является константой, не зависящей от скорости нагружения образца;
- начальные модули упругости бетона при статическом и динамическом сжатии равны между собой;
- касательный модуль деформации в предельной точке диаграммы динамического центрального сжатия равен нулю.

Аналитическое отображение принятых гипотез приводит к решению системы из трех уравнений, выраженных формулами (6)...(8):

$$D_{b1}^d = -\frac{R_b}{E_{b1} (\varepsilon_{bR}^d)^2}, \quad (6)$$

$$C_{b1}^d = \frac{E_{b1}}{R_b} - \frac{2}{\varepsilon_{bR}^d}, \quad (7)$$

$$\int_0^{\varepsilon_{bR}} \sigma_b d\varepsilon_b = \int_0^{\varepsilon_{bR}^d} \sigma_b^d d\varepsilon_b^d. \quad (8)$$

Последнее равенство отражает гипотезу об инвариантности величины удельной энергии деформирования бетона при сжатии непосредственно перед его разрушением. В результате его интегрирования и последующих преобразований получаем следующую зависимость:

$$\begin{aligned} \frac{\varepsilon_{bR}}{C_{b1}} \left\{ \frac{D_{b1} \varepsilon_{bR}}{2} + \left(1 - \frac{D_{b1}}{C_{b1}} \right) \left(1 - \frac{\text{Ln}(1 + C_{b1} \varepsilon_{bR})}{C_{b1} \varepsilon_{bR}} \right) \right\} = \\ = \frac{\varepsilon_{bR}^d}{C_{b1}^d} \left\{ \frac{D_{b1}^d \varepsilon_{bR}^d}{2} + \left(1 - \frac{D_{b1}^d}{C_{b1}^d} \right) \left(1 - \frac{\text{Ln}(1 + C_{b1}^d \varepsilon_{bR}^d)}{C_{b1}^d \varepsilon_{bR}^d} \right) \right\}. \quad (9) \end{aligned}$$

В полученной системе трех уравнений (6), (7), (9) неизвестными

являются четыре параметра: R_b^d , D_{b1}^d , C_{b1}^d , ε_{bR}^d . В качестве недостающего четвертого уравнения принимаем эмпирическую зависимость (10) выведенную в работе [7] для нахождения коэффициента динамического упрочнения бетона в зависимости от времени нагружения образца до разрушения, качественный вид которой представлен на рис. 2.

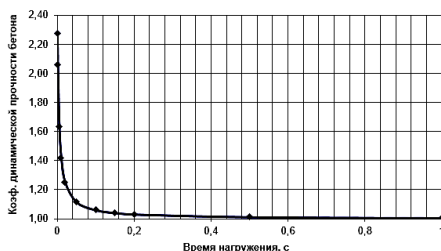


Рис. 2. Зависимость коэффициента динамического упрочнения от времени нагружения образца до разрушения для бетона класса В30

$$\varphi_b^d = \frac{R_b^d}{R_b} = \frac{l_b^d + k_b^d \cdot t_d}{1 + n_b^d \cdot t_d + m_b^d \cdot t_d^2}, \quad (10)$$

где R_b – прочность бетона при эталонном статическом нагружении; R_b^d – динамическая прочность бетона при заданном времени действия (t_d) постоянно увеличивающейся нагрузки; l_b^d , k_b^d , n_b^d , m_b^d – коэффициенты уравнения, получаемые с помощью обработки результатов экспериментальных исследований.

Коэффициенты динамического упрочнения бетонов различных классов в зависимости от времени нагружения стандартных призм до их разрушения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициентов динамического упрочнения (φ_b^d) для бетонов различных классов по прочности на сжатие в зависимости от времени их нагружения до разрушения

Время, с	Класс бетона			
	В10	В30	В50	В60
1200	1,00	1,00	1,00	1,00
1	1,01	1,01	1,00	1,00
0,1	1,10	1,06	1,04	1,04
0,01	1,68	1,42	1,29	1,25
0,001	2,60	2,06	1,77	1,67

Для проверки принятых предпосылок и допущений были изготовлены и испытаны стандартные бетонные призмы (100×100×400 мм) с целью определения влияния времени нагружения

образца до разрушения на его деформативно-прочностные свойства. Всего было забетонировано 8 образцов из бетона одного класса по прочности на сжатие. В дополнение к призмам были изготовлены контрольные образцы бетона в виде четырех кубов 100×100×100 мм для предварительного определения кубиковой прочности бетона непосредственно перед испытанием призм.

Программа испытаний предусматривала два интервала времени для нагружения до разрушения каждого из образцов: 8...15 с и 2...3 с. В связи с этим образцы были разбиты на две серии по 4 призмы в каждом из запланированных интервалов времени нагружения.

С целью упрощения восприятия результатов полученные разрушающие нагрузки для всех испытанных бетонных призм представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний бетонных призм на центральное сжатие до разрушения при различном времени нагружения

№ образца	Разрушающая нагрузка (кН) для интервала времени нагружения 2...3 с.	Среднее значение разрушающей нагрузки, кН	№ образца	Разрушающая нагрузка (кН) для интервала времени нагружения 8...15 с.	Среднее значение разрушающей нагрузки, кН
1.1	246,03	223,03	2.1	223,75	199,20
1.2	207,34		2.2	197,59	
1.3	208,61		2.3	195,43	
1.4	230,12		2.4	180,02	

Анализ приведенных в табл. 2 данных в целом подтверждает принятые нами теоретические предпосылки и допущения. В частности, средняя прочность образцов, разрушенных в интервале 2...3 с, на 12 % превышает аналогичный показатель для интервала 8...15 с.

Представленные в данной статье материалы уже позволяют включить их в виде динамических диаграмм состояния бетона, используемых как составная часть нелинейной деформационной модели железобетона, для разработки соответствующих методик определения несущей способности и момента трещинообразования железобетонных балочных элементов при импульсном нагружении в виде однократной сверхкратковременной динамической нагрузки.

Библиографический список

1. Баженов Ю.М. Бетон при динамическом нагружении. М.: Стройиздат, 1970. 292 с.
2. Белов Н.Н., Копаница Д.Г., Кумпяк О.Г., Югов Н.Т. Расчет железобетонных конструкций на взрывные и ударные нагрузки.

Нортхэмптон-Томск. 2004. 433 с.

3. Бондаренко В.М. Некоторые вопросы нелинейной теории железобетона. Харьков: Изд-во ХГУ, 1968. 324 с.

4. Гладков Д.И. Сопротивление бетона разрушению // Известия вузов. Строительство. 2004. № 8. С. 47-53.

5. Квирикадзе О.П. Влияние скорости загрузки на деформации и прочность бетона // Ползучесть строительных материалов и конструкций: Сб. научн. трудов; Под ред. А.Р. Ржаницына. М.: Стройиздат, 1964. С. 269-276.

6. Меркулов С.И. Основы теории реконструкции железобетона: монография. Курск: Изд-во АСВ, 2014. 208 с.

7. Никулин А.И. Прочность бетона при динамическом импульсном сжатии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №1. С. 77-81.

8. Никулин А.И. Энергетический подход к трансформированию эталонных диаграмм сжатия бетона // Бетон и железобетон. 2013. №5. С. 12-14.

9. Никулин А.И., Али Фадиль А.Х. Прочность бетона при импульсном динамическом сжатии с учетом времени нагружения // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы Международных академических чтений. Курск: Курск. гос. ун-т, 2014. С. 92-98.

10. Попов Г.И. Железобетонные конструкции, подверженные действию импульсных нагрузок. М.: Стройиздат, 1986. 128 с.

11. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С. Особенности расчета конструкций на действие кратковременных динамических нагрузок // Бетон и железобетон. 1985. № 6. С. 15-16.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ЗОНЫ БЕТОНА И СТАЛЬНОГО ЛИСТА С ВЫШТАМПОВКОЙ

**Кочерженко В.В., канд. техн. наук, проф.,
Кузнецов В.В., аспирант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

В настоящее время, одним из актуальных направлений исследований являются вопросы совершенствования конструктивных решений сталежелезобетонных перекрытий с внешним армированием. При этом, ряд вопросов прочности и деформативности контактной зоны стального профилированного настила и бетона требуют дополнительного изучения. Частично, особенности работы контактной зоны

«сталь – бетон» рассмотрены [1, 3] в смежном вопросе изучения процесса анкеровки стального стержня в бетон. При этом, не ясны прочностные и деформативные характеристики зоны контакта стального листа и бетона, организованного с помощью выштамповки на профилированном настиле. При этом в нормативной литературе [6] отсутствует информация о особенностях работы на сдвиг в направлении перпендикулярном расположению гофров стального настила. Для изучения работы выштамповки на сдвиг в перпендикулярном направлении разработана схема испытания с использованием стальной несъемной обоймы, которая подразумевает использование выдергивающей нагрузки и позволяет экспериментально изучить особенности работы контактной зоны между стальным листом и бетоном под нагрузкой. Общий вид схемы испытания продемонстрирован на рис. 1.

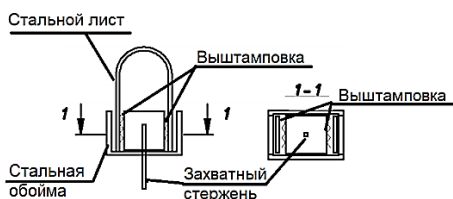


Рис. 1. Общий вид расчетной схемы

Два различных типа разрушения образцов при сдвиге в перпендикулярном направлении продемонстрированы на рис. 2.



Рис. 2. Два различных типа разрушения образцов с выкалыванием бетона (слева), с горизонтальной трещиной (справа)

В контексте численного моделирования рассмотрим несколько вариантов моделирования контактной зоны стального тонкого листа и бетона, организованного с помощью выштамповки на стальном листе, и примем величину разрушающей нагрузки 1, 2 т. Одним из вариантов моделирования является замена контактной зоны бетонной шпонкой с

приведенными геометрическими характеристиками. Основной способ моделирования контактной зоны с использованием связевых элементов который рассмотрен в работе [2] в контексте данной статьи не освещался, так как дает представление о характере передачи нагрузок на бетон, при этом разрушение происходит по связевым элементам, обладающим нелинейной жесткостью. Целью данной статьи является моделирование процесса разрушения бетонной части образца.

Используя формулы, приведенные в нормативной литературе [4] в приложении Е «Расчет бетонных шпонок» вычисляются приведенная высота и глубина шпонки.

При величине внешней разрушающей нагрузки 1, 2 т, расчетных сопротивлениях бетона сжатию и растяжению (для бетона класса В25 14,5 МПа и 1,05 МПа соответственно) и расчетной длине шпонки 50 мм приведенная высота и глубина принимаются равными 55 и 10 мм соответственно.

Используя формулы, приведенную в нормативной литературе [4] в приложении Ж «Расчет коротких консолей» вычисляются приведенные геометрические характеристики бетонной консоли.

При аналогичной величине внешней разрушающей нагрузки и расчетных сопротивлениях бетона сжатию и растяжению, и расчетной ширине бетонной консоли 100 мм приведенная высота принимается равной 20 мм. Исходя из равенства геометрических размеров бетонной шпонки и консоли примем длину консоли равной 20 мм.

Созданная расчетная схема для оценки характера разрушения образцов при испытаниях выштамповки на сдвиг в перпендикулярном направлении имеет характеристики аналогичные тем, которые использовались для моделирования процесса анкеровки стального стержня в бетон [2], для расчетов использовался программный комплекс LIRACAPR. Различный характер возникающих напряжений в бетонной части образца продемонстрирован на рис. 3.

Особенности разрушения образцов для исследования характеристик контактной зоны стального листа и бетона, выполненной с помощью выштамповки работающей на сдвиг в перпендикулярном направлении, были выявлены при различных приведенных геометрических параметрах бетонной шпонки и бетонной консоли.

При использовании приведенных геометрических размеров бетонной шпонки направление наибольших напряжений распространялось горизонтально от зоны контакта к середине образца, что может являться причиной появления горизонтальных трещин.



Рис. 3. Различный характер распространения возникающих напряжений в бетоне с наклонным (слева) и с горизонтальными (справа) направлениями возможного разрушения

При рассмотрении работы зоны контакта стальной пластины и бетона как бетонной консоли направление наибольших напряжений распространялось вверх под углом к верхней части образца, что могло повлечь наклонную трещину, что может являться причиной появления наклонных и привести к скалыванию бетона на краях образца.

Как показывает численный эксперимент основные всплески напряжений возникают различных областях, при применении различных подходах к определению приведенных геометрических характеристик контактной зоны стального листа и бетона, выполненной с помощью выштамповки работающей на сдвиг в перпендикулярном направлении.

Библиографический список

1. Гвоздев, А.А. Состояние и задачи исследований сцепления арматуры с бетоном / А.А. Гвоздев // Бетон и железобетон. 1968. №12. С. 1-4.
2. Кузнецов В.В. Моделирование анкеровки стального стержня в бетон в программном комплексе LIRACAPR // VI Международный студенческий форум - 2021 – Белгород, 2021. С. 77-83.
3. Смоляго Г.А., Дронов В.И. Основы курса «Железобетонные и каменные конструкции». Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. С.34-39.
4. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-101-2003. М., 2018. 143 с.
5. СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования. М.: Стандартинформ, 2017. – 130 с.

ПОСТРОЕНИЕ РЕАЛИСТИЧНОЙ МОДЕЛИ И АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИЙ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ В ПК ABAQUS

Крючков А.А., канд. техн. наук, доц.,
Марченко А.В., аспирант,
Зиятдинова А.Н., преподаватель
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

В современной нормативной документации не встречаются методики по расчету элементов, поврежденных в следствии эксплуатации или случайного воздействия [1]. В связи с этим рекомендуется обратить внимание на совершенствование методик расчета для поврежденных конструкций из железобетона [2]. Самым практичным, емким и надежным способом для восстановления несущей способности таких конструкций являются стальные обоймы [3]. Однако, при использовании ПК ABAQUS при проведении расчетов методом конечных элементов, не трудно заметить, что модель изначально является идеальной, вследствие чего при выполнении расчета и наблюдением за деформациями, возникающими в бетоне, возникает подозрение в нереалистичности развития этих самых деформаций [4, 5]. Целью данного исследования является построение более реалистичной модели деформаций, возникающих в бетоне с помощью ПК ABAQUS.

Создание расчетной модели.

Идеализированная модель колонны, обжатой стальной обоймой представлена в виде диаграммы напряжения-деформации, с деформационным упрочнением (рис. 1).

Данные для описания нелинейных свойств бетона, использованные для расчета представлены в табл. 1.

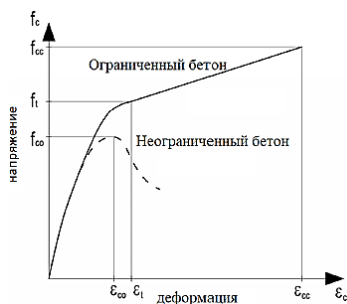


Рис. 1. Кривая напряжения-деформации для бетона ограниченного обжатой стальной обоймой и неограниченного бетона [6, 7]

Таблица 1

Свойства бетона	
Плотность бетона, т/мм ³	2.4E-9
Диаметр поперечного сечения бетонной колонны, мм	150
Высота колонны, мм	375
Модуль Юнга	20111
Коэффициент Пуассона	0,2

В работе использовалась модель бетона с пластических разрушением, параметры модели представлены в табл. 2. Зависимости напряжений и коэффициентов напряжения от нелинейных деформаций при сжатии и зависимости напряжений и коэффициентов повреждения от деформации при растяжении представлены в табл. 3.

Таблица 2

Параметры пластического разрушения бетона				
(ψ)	ε	f_{ψ}/f_{c0}	к _c	Viscosity parameter
40	0.1	1.16	0.66667	0.0

Таблица 3

Зависимости напряжений и коэффициентов напряжения от нелинейных деформаций при сжатии и зависимости напряжений и коэффициентов повреждения от деформации при растяжении

Зависимость напряжений и деформаций при сжатии		Коэффициент повреждения бетона при сжатии	
Напряжения σ_c (Мпа)	Нелинейные деформации ε_c^{in}	Коэффициент повреждения dc	Нелинейные деформации ε_c^{in}
1	2	3	4
28,7	0,00224186	0,01	0,00224186
26,2	0,00272488	0,10	0,00272488
23,4	0,00319123	0,19	0,00319123
21,5	0,00355263	0,26	0,00355263
19,8	0,00383504	0,32	0,00383504
18,0	0,00410749	0,38	0,00410749
17,2	0,0042817	0,41	0,0042817
16,4	0,00454182	0,43	0,00454182
15,5	0,00477208	0,47	0,00477208
14,7	0,00499909	0,50	0,00499909
14,0	0,00508435	0,52	0,00508435
13,1	0,00547627	0,55	0,00547627
11,9	0,00595389	0,59	0,00595389
10,4	0,00671501	0,64	0,00671501
9,5	0,00738416	0,67	0,00738416
8,6	0,00798406	0,71	0,00798406
7,0	0,00869562	0,76	0,00869562
6,2	0,00950024	0,79	0,00950024
5,5	0,01013996	0,81	0,01013996

Окончание табл. 3

1	2	3	4
5,0	0,01075998	0,83	0,01075998
4,6	0,01143952	0,84	0,01143952
4,2	0,01219827	0,85	0,01219827
3,7	0,01308232	0,87	0,01308232
3,3	0,01436912	0,89	0,01436912
2,9	0,01555356	0,90	0,01555356
2,7	0,01636858	0,91	0,01636858
2,1	0,0175331	0,93	0,0175331

Назначение граничных условий.

Сжимающая нагрузка сосредоточена у верхней грани металлической пластины, давящей на колонну в направлении оси Y. Граничные условия, соответствуют равенству:

$$U1 = U2 = U3 = UR1 = UR2 = UR3 = 0; \quad (1)$$

Создание конечно-элементной сетки модели.

Для создания трехмерной модели с использованием метода конечных элементов были использованы конечные элементы в виде кубиков размером по грани 50 мм и 1 мм (рис. 2).

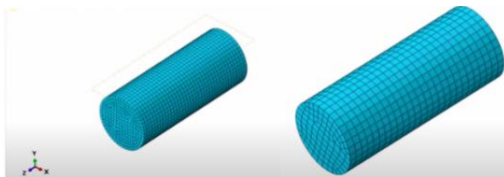


Рис. 2. Конечно-элементная модель колонны с сеткой 10 и 50 мм

Для модели с сеткой 10 мм были выполнены дополнительные построения, которые заключались в формировании «среза» вдоль поперечного сечения колонны (рис. 3), с целью определения его влияния на характер и направления возникновения деформаций.

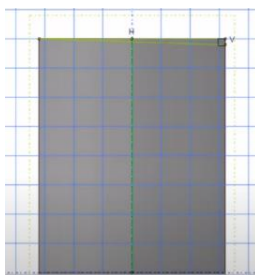


Рис. 3. Срез вдоль поперечного сечения колонны

Результаты расчета.

На рис. 4 представлены результаты расчета. В модели с сеткой 50 мм была рассмотрена «идеальная модель, с симметрично расположенной сеткой конечных элементов. В результате наблюдается симметричное распределение деформаций, по верху и низу колонны с последующим разрушением вдоль всего сечения колонны.

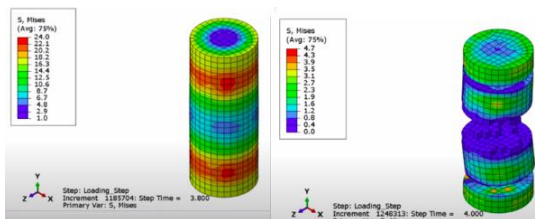


Рис. 4. Распределение деформаций в симметричной модели

Для колонны с «дефектом» распределение деформаций представлено на рис. 5.

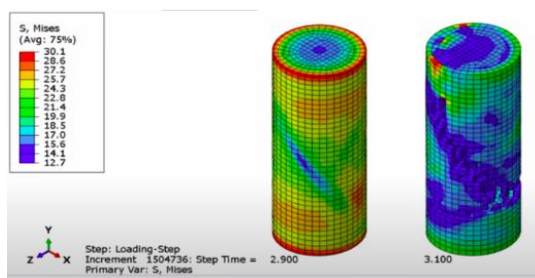


Рис. 5. Распределение деформаций в колонне с косым срезом у вершины

Таким образом мы наблюдаем трещину как при испытании сдвигом, при том, что точка приложения нагрузки и ее направление оставались неизменными. Процесс формирования и развития трещины выглядит более реалистичными, а «дефект», смоделированный в программном комплексе, является более вероятным и встречающимся, чем идеально гладкая поверхность колонн, к которым прилагаются нагрузки в классических вариантах расчета.

В процессе исследования был рассмотрен способ построения более реалистичной модели возникновения пластических деформаций в бетонной колонне с измененной геометрией. В дальнейшем необходимо верифицировать полученные результаты натурным путем с целью создания более точной методики расчета напряженно-деформированного состояния колонн с повреждениями, вызванными в процессе эксплуатации или случайного воздействия.

Библиографический список

1. СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России).
2. Алжиде Г., Топилин А.Н. Компьютерное моделирование восстановления поврежденной железобетонной колонны с помощью композитных материалов в программном комплексе abaqus // Инновации и инвестиции. 2021. №3. С. 228-234.
3. Крючков А.А. Теоретическое и экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния железобетонных стержневых элементов с учетом влияния поперечной силы// Материалы Международных академических чтений «Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения» – Курск, 2006. – С. 264-267.
4. Computational methods in Structural and Solid Mechanics, EN234 ABAQUS TUTORIAL, School of Engineering, Brown University, 2015,12.
5. Теряник В.В., Борисов А.О. Усиление сжатых железобетонных колонн обоями// Журнал «Жилищное строительство» – Тольятти, 2010. – №2 – С. 24-25.
6. Дэниел И.М., Орильшай, Инженерная механика композиционных материалов, Нью-Йорк, Оксфорд, 2006.
7. Комитет АСІ 439, «Механические соединения арматурных стержней, АСІ 439.3R-91», в части 3 Руководства АСІ по бетонной практике, Американский институт бетона, Детройт, 1991 г., С. 439.

УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЕЗДОВОГО ПОЯСА ПОДКРАНОВО-ПОДСТРОПИЛЬНОЙ ФЕРМЫ

Маркина Ю.Д., ст. преп.

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород, Россия

Подкраново-подстропильные фермы (ППФ) используются в цехах черной металлургии, на заводах корабле- и судостроения и в других большепролетных зданиях с поперечным расположением кранов в уровне покрытия. Тяжелые условия работы предприятий и большая грузоподъемность кранов обуславливают значительные размеры ППФ, особенно их ездовых поясов прямоугольного замкнутого сечения, ширина которых составляет 2-3 м [1].

В соответствии с рекомендациями по расчету ППФ, приведенными в [2] жесткость узловых соединений ездового пояса с элементами решетки ППФ в расчете не учитывается [3-5], нормальные силы в элементах ППФ определяются по расчетной схеме, представляющей собой ферму с шарнирными узлами и с центровкой раскосов по оси ездового пояса.

В статье [6] предложена уточненная расчетная схема ездового пояса с учетом упругой податливости решетки в плоскости фермы, представлены метод определения жесткости упругих опор, эмитирующих работу решетки и результаты аналитической методики подбора сечения и определения жесткости упругих опор пояса в плоскости фермы. В данной статье приведены результаты проверки методики [6] на ППФ с различными геометрическими параметрами. Представлены уточненные формулы расчета податливости узлов ездового пояса и жесткости упругих опор для ППФ с различным количеством панелей [7].

Предлагаемая расчетная схема ездового пояса с учетом упругой податливости решетки - балка на упругих опорах (рис. 1).

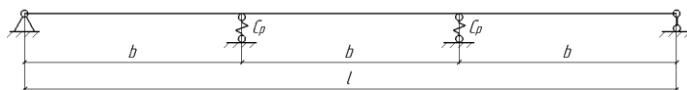


Рис. 1. Расчетная схема балки на упругих опорах

Жесткость упругих опор, эмитирующих работу решетки ППФ, определялась как разность жесткости ППФ и ездового пояса по формуле:

$$C_p = F \left(\frac{1}{f_{\text{ППФ}}} - \frac{1}{f_6} \right); \quad (1)$$

где $f_{\text{ППФ}}$ – прогиб ППФ в точке приложения силы F (рис. 2, а); f_6 – прогиб эквивалентной балки в точке приложения силы F (рис. 2, б).

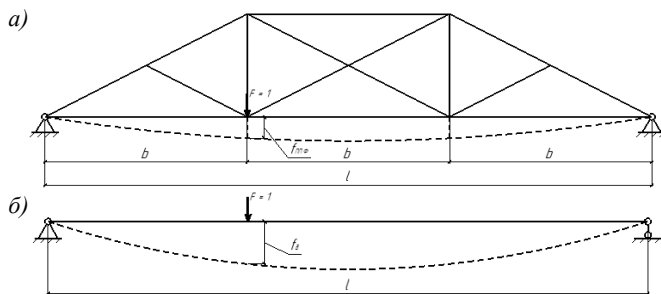


Рис. 2. Расчетные схемы для определения податливости: а – ППФ; б – балки сечением эквивалентной ездовому поясу ППФ опор

Для выведения наиболее точной аналитической методики расчета жесткость ППФ определялась шестью методами: четырьмя аналитическими и двумя численными. По первому аналитическому методу усилия в элементах фермы определялись в соответствии с действующими рекомендациями. Предложены еще три аналитических метода. Для каждого случая построены эпюры изгибающих моментов в

нижнем поясе и эпюры продольных сил во всех элементах ППФ. Определение продольных усилий принятым методом дает высокую погрешность и не рекомендуется к использованию.

Произведена численная проверка метода определения изгибающего момента в нижнем поясе ППФ от внецентренного примыкания элементов решетки. На расчет податливости нижнего пояса ППФ эксцентриситет центровки решетки не оказывает существенного влияния. Для определения жесткости упругих опор им пренебрегаем.

Перемещение от изгиба нижнего пояса достаточно точно определяется всеми аналитическими методами. Перемещение от продольных сил, рассчитанных действующим методом, дает значительное отклонение. Так как вклад в перемещение ППФ перемещений от продольных усилий в нижнем поясе близок к 0 %, исключаем эту составляющую из формулы определения податливости ППФ.

Проведена проверка разработанной методики на ППФ с различными геометрическими параметрами. После получения большой погрешности результатов расчета податливости среднего узла четырехпанельной ППФ (рис. 3) с целью уточнения методики расчета произведено дополнительное исследование составляющих выведенной формулы определения жесткости упругих опор.

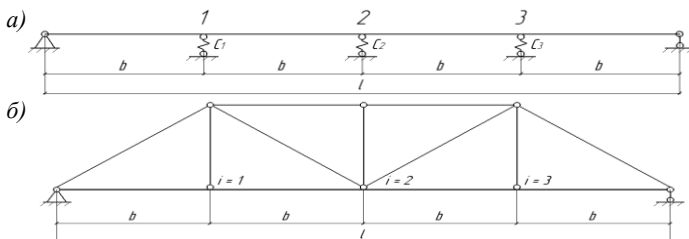


Рис. 3. Расчетная схема четырехпанельной ППФ для аналитического расчета: *a* – эквивалентной ездовому поясу балки на упругих опорах; *б* – с неразрезным нижним поясом

Выявлено, что погрешность возникает в связи с упрощением определения перемещения от изгиба нижнего пояса. Можно спрогнозировать, что с увеличением количества панелей ППФ отклонение результатов методики от численного исследования будет возрастать.

По полученным данным проведено уточнение формулы расчета жесткости упругих опор для ППФ с различным количеством панелей. Для расчета податливости узлов ездового пояса ППФ, состоящей из 4 и более пролетов, необходимо использовать формулу:

$$\delta_{\text{ППФ}} = \sum_1^m \int_0^l \frac{[\overline{M_{\text{НП}}^0}]^2}{EI_{y \text{ НП}}} ds + \frac{\sum_1^m l_{i \text{ п}} [N_{i \text{ п}}]^2}{EA_{\text{п}}}; \quad (2)$$

где i – номер узла сопряжения решетки с нижним поясом (без учета опорного) – рис. 3; $\overline{M_{\text{НП}}^0}$ и $\overline{N_i^0}$ – изгибающий момент в элементах нижнего пояса и продольные усилия в стержнях ППФ, вызванные действием единичной силы $P = 1$, приложенной по направлению искомого перемещения; l – длина стержня фермы, а суммирование выполняется по всем стержням; n – количество панелей ППФ; b – длина панели нижнего пояса; $M_{i \text{ НП}}$ – изгибающие моменты в i -ом узле нижнего пояса ППФ; $N_{i \text{ п}}$ – продольные усилия в i -ых элементах решетки и верхнего пояса; $l_{i \text{ п}}$ – длина i -ого элемента решетки или верхнего пояса; $I_{y \text{ НП}}$ – момент инерции относительно оси y нижнего (ездового) пояса;

$A_{\text{п}}$ – площади элементов решетки и верхнего пояса.

Для ближайших к опорам узлов ($i = 1; i = n - 1$) трех- и двухпанельной ППФ формулу (2) можно упростить:

$$\delta_{\text{ППФ}} = \frac{2b \sum_1^m [M_{i \text{ НП}}]^2}{3EI_{y \text{ НП}}} + \frac{\sum_1^m l_{i \text{ п}} [N_{i \text{ п}}]^2}{EA_{\text{п}}}; \quad (3)$$

Общий вид формулы определения жесткости упругих опор, эмитирующих работу узлов крепления решетки в плоскости ППФ:

$$C_i = \frac{EA_{\text{п}}}{\sum_1^m l_{i \text{ п}} [N_{i \text{ п}}]^2} + EI_{y \text{ НП}} \left(\frac{1}{\int_0^l \frac{[\overline{M_{\text{НП}}^0}]^2}{EI_{y \text{ НП}}} ds} - \frac{3n}{(n-1)^2 i^2 b^3} \right); \quad (4)$$

Для ближайших к опорам узлов сопряжения нижнего пояса с решеткой ($i = 1; i = n - 1$) трех- и двухпанельной ППФ формула (4) упрощается до вида:

$$C_i = \frac{EA_{\text{п}}}{\sum_1^m l_{i \text{ п}} [N_{i \text{ п}}]^2} + \frac{3EI_{y \text{ НП}}}{b} \left(\frac{1}{2 \sum_1^m [M_{i \text{ НП}}]^2} - \frac{n}{(n-1)^2 b^2} \right); \quad (5)$$

Выполнена проверка методики определения податливости узлов ездowego пояса и жесткости упругих опор, эмитирующих работу этих узлов в плоскости ППФ для различных конструктивных решений ППФ. Проведено уточнение формулы расчета жесткости упругих опор для ППФ с различным количеством панелей.

Библиографический список

1. Еремин К.И., Шульга С.Н. Моделирование развития усталостных повреждений в подкраново-подстропильных фермах // Вестник МГСУ. 2014. №5. С. 30-38.
2. Руководство по проектированию стальных подкрановых конструкций. М.: ЦНИИпроектстальконструкция, 1976. 112 с.
3. Туснина О.А., Такки В.Ф., Егоров И.Ф. Опыт замены нижнего

пояса находящейся под нагрузкой подкраново-подстропильной фермы // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 4. С. 21-28. DOI: 10.33622/0869-7019.2023.04.21-28.

4. Еремин К. И., Шульга С. Н. Напряженно-деформированное состояние узлов подкраново-подстропильных ферм // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 4. С. 52–54.

5. Маркина Ю.Д. Кручение нижнего пояса подкраново-подстропильной фермы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухов. 2023. № 11. С. 27–36. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-11-27-36.

6. Лампси, Б. Б., Маркина Ю. Д. Жесткость узлов подкраново-подстропильной фермы в ее плоскости // Строительная механика и конструкции. 2023. № 11. С. 51–63. DOI: 10.36622/VSTU.2023.39.4.006.

7. Markina Yu. D. Verification and refinement of the methodology for calculating the stiffness of crane secondary truss joints in its plane // Privolzhsky Scientific Journal. 2024. № 1 (69). P. 11-22.

ИЗГИБ С КРУЧЕНИЕМ В КРАЙНИХ РИГЕЛЯХ КАРКАСНО СВЯЗЕВОЙ СИСТЕМЫ ЗДАНИЙ

Меркулов С.И., д-р техн. наук, проф.,

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

Кашуба С.О., аспирант,

Родина Э.Е., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Для возникновения кручения, в конструкциях, работающих на изгиб достаточно переместить точку приложения нагрузки перпендикулярно продольной оси. Яркими примерами конструкций, работающих на изгиб с кручением, могут быть крайние балки в каркасной конструктивной схеме, балки с боковыми консолями, наклонные арки и т.д. Также дополнительное кручение может произойти по причине появления случайных эксцентриситетов приложения нагрузки, асимметрии несущего сечения, неоднородностью конструкции, неравномерной осадки фундамента здания или сооружения и т.д. [1-3]

Если брать во внимание жизненный цикл любого здания или сооружения, его неотъемлемой частью является реконструкция. В процессе восстановления или перевооружения объекта капитального строительства может быть изменена расчетная схема здания в целом, что повлечет за собой изменение принципов работы его отдельных конструкций, например, появление эксцентриситета в центрально нагруженных колоннах или возникновение кручения в изгибаемых

элементах. Даже без изменения расчетной схемы, при реконструкции отдельные элементы здания требуют увеличения несущей способности с обоснованным подходом к технико-экономическим показателям.

Внешнее композитное армирование, получающее в последнее время широкую популярность, во время реконструкции будет способствовать увеличению несущей способности строительных элементов, при экономии бетона и арматурной стали. [4, 5]

В качестве усиливаемых конструкций рассмотрим крайние балки прямоугольного сечения в многоэтажных производственных зданиях, выполненных по серии 1.420-12 разработанной Госстроем СССР в 1979 г. Выпуск 0-3 указанной серии предлагает компоновку зданий с сеткой колонн $6,0 \times 6,0$ м, с использованием в качестве крайних балок ригелей марок Б46-1 и Б47-1, изготавливаемых по выпуску 8. За рассчитываемую конструкцию взят ригель Б47-1. Габаритные размеры сечения: высота 500 мм, ширина 300 мм. Нижнее армирование $3\emptyset 36$ А-III(A400), верхнее армирование по всей длине $3\emptyset 20$ А-III(A400) + $1\emptyset 28$ А-III(A400), верхнее армирование в опорной зоне $3\emptyset 36$ А-III(A400), поперечное вертикальное армирование $3\emptyset 12$ А-III(A400), поперечное горизонтальное армирование $2\emptyset 12$ А-III(A400). Бетон марки В30.

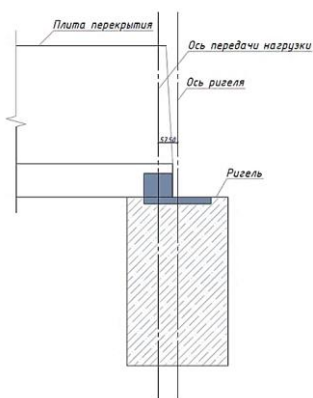


Рис. 1. Узел установки плиты перекрытия на прямоугольный ригель

Для определения влияния возникающего кручения на несущую способность ригеля в программном комплексе ПК ЛИРА-САПР 2022 построены 2 расчетные схемы рамы каркаса. В первой (рис. 2, а), в месте приложения нагрузки от плиты перекрытия приложено кручение, равное значению нагрузки, умноженному на эксцентриситет, во второй (рис. 2, б) приложена только вертикальная нагрузка.

Рама каркаса выполняется с неразрезным ригелем. Передача нагрузки от плиты перекрытия на ригель происходит через закладные детали. Ширина закладной детали ригеля составляет 200 мм, а плиты перекрытия – 85 мм, опирание предусматривается с отклонением от оси ригеля, а величина эксцентриситета составляет 57,5 мм, узел установки плиты перекрытия на прямоугольный ригель представлен на рис. 1.

Для определения влияния

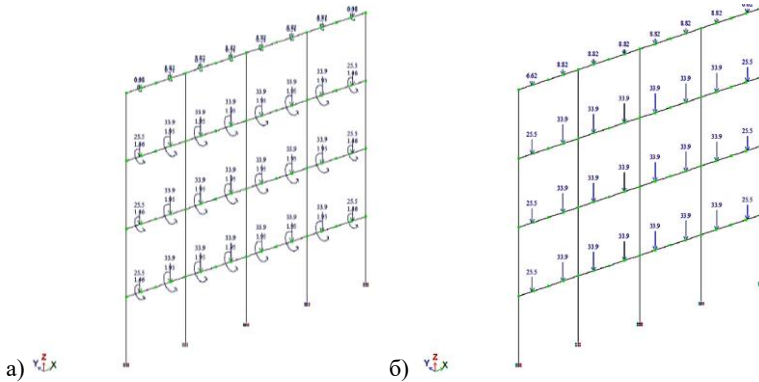


Рис. 2. Расчетные схемы: *a* – 1-й вариант нагружения (вертикальная сила и кручение); *б* – 2-й вариант нагружения (только вертикальная сила)

В качестве нормативных значений нагрузок приняты согласно серии 1.420-12: постоянная нагрузка – 700 кг/м² и полезная нагрузка – 2500 кг/м², снеговая нагрузка принята для III снегового района – 150 кг/м², ветровая нагрузка в рамках данного исследования не учтена. Грузовая площадь сбора нагрузки для рядовых закладных составляет 9,00 м², для торцевых закладных деталей – 6,75 м².

По результатам расчета получены эпюры напряжений M_y , Q_z и M_x , для обеих расчетных схем. Эпюры M_y и Q_z (рис. 3, *a*, *б*) для обоих вариантов нагружения идентичны, различия только в появлении эпюры M_x для первого варианта нагружения (рис. 4).

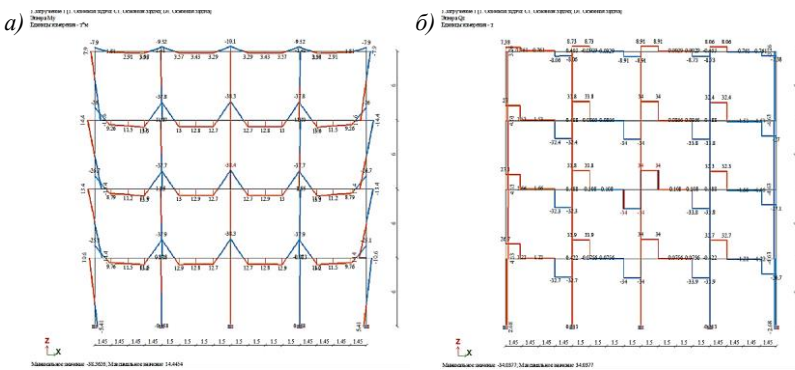
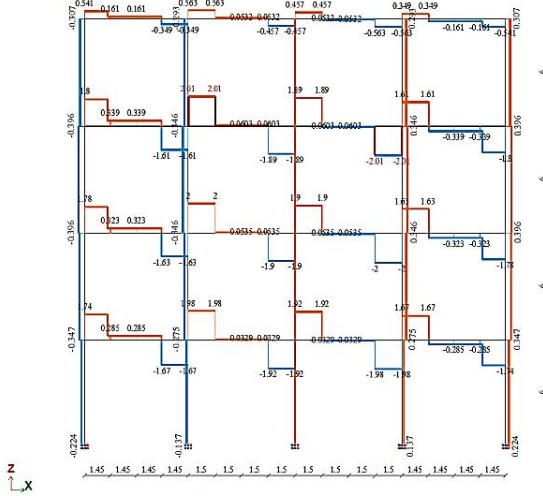


Рис. 3. Эпюры напряжений обоих вариантов нагружения: *a* – M_y ; *б* – Q_z

1. Загружение 1 [1]. Основная нагрузка: С1. Основная нагрузка: D1. Основная нагрузка:
Эпюра Mx
Единица измерения: -Г*М



Минимальное значение: -2.01032; Максимальное значение: 2.01032

Рис. 4. Эпюры напряжений Mx для 1-го варианта нагружения (вертикальная сила и кручение)

Воспользовавшись инструментом армирование стержней программного комплекса ПК ЛИРА-САПР 2022 получены эпюры требуемой продольной и поперечной арматуры.

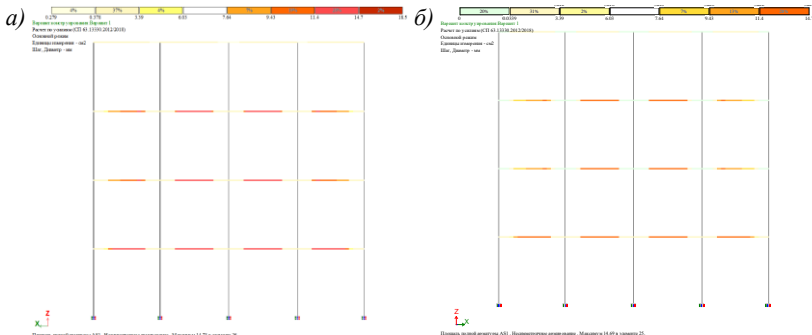
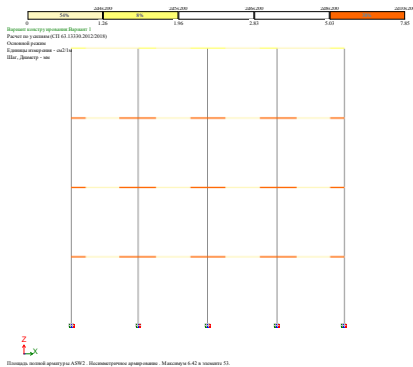
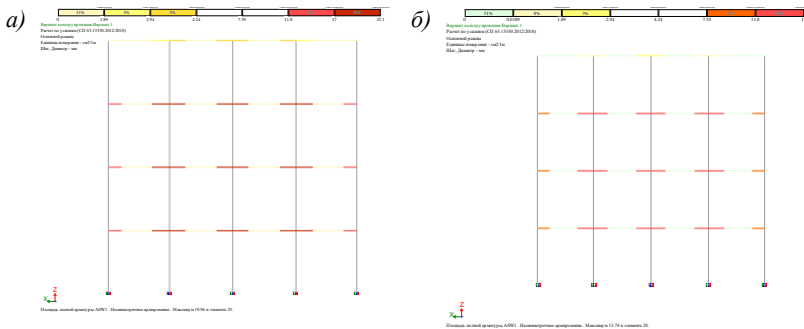
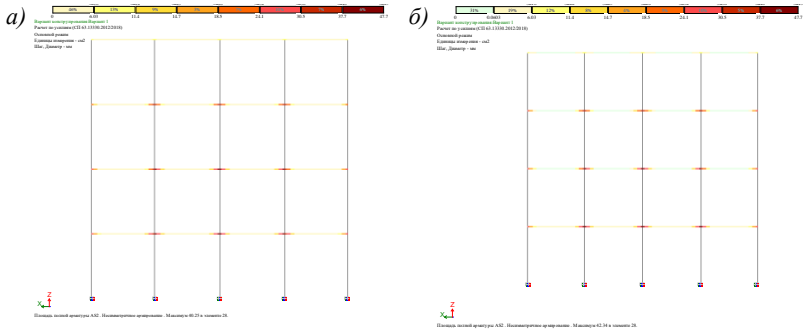


Рис. 5. Расчетная площадь нижней продольной арматуры: а – для 1-го варианта нагружения (вертикальная сила и кручение); б – для 2-го варианта нагружения (только вертикальная сила)



В результате рассмотрения эпюр, представленных на рисунках 5-8, видно, что дополнительное усилие от кручения на продольное армирование существенного влияния не оказывает. Противоположная ситуация возникает с поперечным армированием. Для восприятия усилия кручения расчетная площадь вертикальной поперечной арматуры возрастает в 1,5 раза, с максимального значения в 13,74 см² для 2 варианта нагружения, до максимального значения в 19,96 см² для 1 варианта нагружения. Также при появлении кручения возникает необходимость установки расчетного горизонтального поперечного армирования.

Таким образом, при проектировании усиления железобетонных многоэтажных каркасных зданий нельзя пренебрегать значением возникающего крутящего момента в крайних ригелях. Необходимость усиление обуславливается увеличением нагрузки на здание, либо физическим и моральным износом строительных конструкций, либо изменением расчетной схемы здания, в любом из указанных вариантах игнорирование факта влияния эксцентриситета приложения нагрузки недопустимо.

Библиографический список

1. Демьянов, А.И. Экспериментальные исследования железобетонных конструкций при кручении с изгибом и анализ их результатов / А.И. Демьянов, А.С. Сальников, В.И. Колчунов // Строительство и реконструкция. 2017. № 4(72). С. 17-26.
2. Колчунов, В.И. Результаты экспериментальных исследований трещинообразования железобетонных конструкций при кручении с изгибом / В.И. Колчунов, А.С. Сальников // Строительство и реконструкция. 2016. № 6(68). С. 22-28.
3. Демьянов, А.И. Экспериментальные исследования железобетонных конструкций при кручении с изгибом / А.И. Демьянов, А.А. Покусаев, В.И. Колчунов // Строительство и реконструкция. 2017. № 5(73). С. 5-14.
4. Меркулов, С. И. Предварительное описание работы железобетонных элементов с внешним армированием композитными материалами при изгибе с кручением / С. И. Меркулов, С. М. Есипов, С. О. Кашуба // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 11. – С. 40-48.
5. Меркулов С.И., Есипов С.М. Экспериментальные исследования железобетонных элементов, усиленных внешним армированием композитными материалами // "Лелейтовские чтения-150". Современные методы расчета железобетонных и каменных конструкций по предельным состояниям: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения А.Ф. Лелейта. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. – С. 248-252.

ТИПОЛОГИЯ МОДУЛЬНЫХ БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАПОЛЯРЬЯ

Нефедова П.С., студент,

Нешева А.А., студент,

Нижегородцева Ю.Е., ст. преп.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск, Россия

Выбор темы обоснован тем, что Президент России подписал указ об утверждении стратегии развития Арктической зоны РФ на период до 2035 г. Стратегия определяет основные направления, задачи и меры по развитию Арктической зоны, а также механизмы, этапы и ожидаемые результаты их реализации. Разработаны конкретные списки мер для достижения целей в областях социально-экономического развития, научно-технологических достижений для освоения Арктики, для защиты окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Данные меры могут быть реализованы благодаря внедрению модульных быстровозводимых сооружений с использованием передовых технологий. Для составления типологической базы модульных станций, необходимо изучить историю освоения арктической зоны и формирования сопутствующих сооружений по мере технологического процесса (рис. 1).

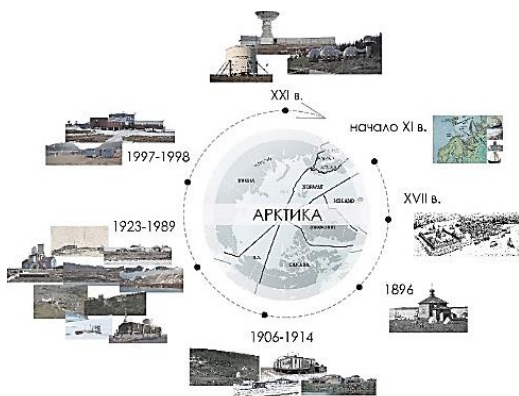


Рис. 1. Time-линия модульных быстровозводимых станций в Арктике

Арктика – северная полярная область земного шара. Ее материковые части государств сегодня именуются «Арктической пятеркой»: это Россия, США, Канада, Дания и Норвегия. В разное время они внесли свой вклад в изучение Арктического региона.

Начало изучения Арктики в письменной истории датируется XI в., когда русские мореплаватели достигли побережья Северного Ледовитого океана. В 1601 г. по указу царя Бориса Годунова на реке Таз был основан первый заполярный город в Сибири – Мангазея. Этот город стал отправной точкой для освоения прилегающих территорий. В 1896 г. в Малых Кармакулах была открыта метеорологическая станция, которая является старейшей действующей полярной станцией в России.

В 1930-х гг. началось строительство целой сети полярных станций. В период распада Советского Союза финансирование арктических регионов резко сократилось, что привело к остановке многих инфраструктурных объектов. В XXI в. начался новый виток развития и освоения российской Арктики.

Арктическая исследовательская станция Flashline Mars, основанная в 2001 г., расположена в Канаде. Станция является первым имитирующим местом обитания на Марсе, которая используется для проведения геологических и биологических исследований в условиях, аналогичных тем, что встречаются на Марсе.

«Обсерватория Земли» – геодезическая обсерватория, основанная в 2022 г., расположенная в Новом Олесунне. Она является новейшим дополнением к глобальной сети космических геодезических станций и спутниковой инфраструктуры.

Международная арктическая станция «Снежинка» представляет собой научно-образовательную платформу для исследователей и инноваторов, занимающихся разработкой новых технологий в Арктике. Это первый в мире круглогодичный, полностью автономный комплекс функционирует на основе водородной энергетики и возобновляемых источников энергии, и не использует дизельное топливо. Открытие планируется в 2024 г., располагается станция в Нефритовой долине.

По мере изучения Арктической зоны было замечено параллельное развитие интересующих нас строений на Антарктике. Изучив данный регион, а также опираясь на исследования Татевосян А. Г., Пунтуса В.А. и Мясеппа К.К., мы выдвигаем гипотезу, о том, что сооружения, подходящие для южного полюса, также могут быть использованы при строительстве на севере, так как обе зоны обладают суровыми климатическими особенностями и нуждаются в экологичном использовании природного ресурса.

В ходе мониторинга строительства научно-исследовательских станций, который продолжался в течение нескольких десятков лет, было установлено, что темпы развития технологий и архитектуры в Антарктике намного выше, чем на противоположном полюсе. Это определяется следующими причинами:

По договору об Антарктической зоне от 1958 г. о том, что это территория не принадлежит ни одной из стран, по данной причине

разворачивать строительство традиционных городов и поселков нецелесообразно. Соответственно высокими темпами развивались мобильные и быстровозводимые типы зданий;

Антарктида, как будто бы специально создана для отработки моделей инженерных объектов для последующего планетарного освоения Луны, Марса и других криогенных космических тел;

Антарктида является наиболее специфической зоной планеты. Скорость ветров достигает около 100 м/с, а температура -90°C .;

Доставка на континент топлива очень дорога и обременительна, поэтому есть предпочтения для развития экологически чистых, возобновляемых источников энергии;

Поэтому, включив в исследование территорию Антарктиды (рис. 2), мы можем в полной мере проследить развитие модульных быстровозводимых станций и сформировать типологическую базу, применимую в условиях Арктики.



Рис. 2. Time-линия модульных быстровозводимых станций в Антарктиде

Антарктикой принято считать область земной поверхности, находящуюся к югу от 60° ю. ш. Согласно международному договору 1958 г.а, на территории можно заниматься только наукой.

Во времена географических открытий в XV-XVI вв. европейская география получила достоверные сведения о земле на Южном полюсе. Первая высадка человека на континент состоялась благодаря морякам китобойного судна «Сесилия» в 1821 г. А первая высадка с зимовкой проведена норвежскими исследователями в 1895 г., в их распоряжении были 2 небольших домика. Эти события заложили основу для дальнейшего исследования берегов и внутренних районов континента.

В 1903 г. Шотландская экспедиция отправлена в Антарктику с задачей установки метеостанции. Для этой цели было построено первое каменное здание в регионе. В 1906 г. Аргентина объявила о запуске постоянной базы на антарктической территории, которая получила название Оркадас и является самой старой из существующих станций. В

1930-е гг. началась эра «механизации» антарктических исследований, с появлением самолетов и передовых средств связи, что позволило достичь самых отдаленных уголков континента.

С середины XX вю началось масштабное международное изучение Антарктиды с использованием промышленных методов. На континенте было создано множество постоянных баз различными странами.

Из современных Антарктических станций нам хотелось бы отметить те, которые обладают интересным объемно-пространственным решением, передовыми технологиями и экологичностью: Восток, Принцесса Елизавета, Halley 6, НИС Bharati, Конкордия, Juan Carlos I, Sanae, Discovery Building, Comandante Ferraz.

В результате изучения исторического развития двух полюсов можно сделать выводы о ключевых конструктивных и технологических принципах, которые определяют концептуальные черты современной арктической архитектуры.

Принципы утилитарности и функциональности выражаются в том, что функция и польза преобладают над эстетической стороной архитектурной формы.

Адаптивность и подвижность являются важными характеристиками блоков. Из-за ограниченного пространства, которое необходимо для предотвращения теплопотерь, помещения и конструкции должны быть изменчивыми. Функции помещений должны иметь возможность налагаться друг на друга в зависимости от различных задач.

Быстровозводимость и модульность. Они позволяют сократить продолжительность строительных работ в 10-15 раз и изменять конфигурацию разбираемой конструкции по мере необходимости.

Архитектура в Арктике характеризуется стремлением к дистанцированию от земной поверхности. Это проявляется в использовании различных технологий, таких как свайные конструкции, консоли и высокие цоколи. Мерами, защищающими комплекс от снежных заносов, являются сочетание аэродинамической формы модулей с общей ориентацией объектов.

Социальная ориентация. Жители северных широт вынуждены постоянно находиться в суровых условиях, поэтому архитектура должна возмещать эти факторы.

Энергоэффективность. В современной арктической архитектуре используются различные источники энергии, такие как солнечная энергия, растапливаемый снег и приливные волны. Однако наиболее значимым источником является ветер.

Один из ключевых аспектов энергетических систем, строящихся в Арктике - их автономность, поскольку в этом регионе часто отсутствует доступ к централизованной энергетической инфраструктуре. Примером успешной реализации автономной системы является научно-исследовательская станция «Принцесса Елизавета» в Антарктиде. Эта «умная» система обеспечивает станцию энергией и может накапливать

излишки добытых ресурсов, подобным образом функционирует «Halley 6» - британская научная станция.

В целях формирования типологических моделей быстровозводимых модульных сооружений, был проведен сравнительный анализ действующих и планируемых к возведению станций, с выявлением их характерных особенностей (табл. 1). По итогу у нас получилось, что из 22-х выделенных нами станций: 13 из Антарктики, 9 из Арктики (рис. 3).

Таблица 1

Итоговые результаты анализа

Расположение	13 из Антарктики, 9 из Арктики
Назначение	все имеют научно-исследовательское
Использование	15 – для круглогодичного, 5 – для сезонного
Форма	4 – сложная бионическая; 3 – простая бионическая; 7 – сложная геометрическая; 8 – простая геометрическая
Цвет	Ярко выраженный – 14, нейтральный – 8
Энергоэффективность и экологичность	5 – солнечная энергия, 8 – ветряная; системы очистки воды – 6; автономное электроснабжение при помощи дизельного генератора – 7, энергетической установки на водороде – 1; автономное теплоснабжение – 7; аэродинамическую форму – 9; переработку отходов – 3.
Конструкция фундамента	сваи – 15, стальные фермы – 4, опоры – 3

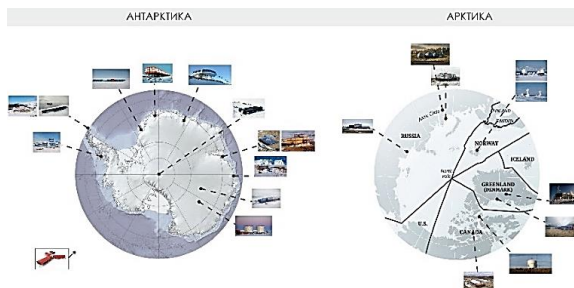


Рис. 3. Географическое расположение рассматриваемых модульных быстровозводимых станций

Анализ показал, что функциональное насыщение большинства станций направлено на круглогодичное комфортное пребывание людей на объекте, соответственно объединение жилой функции с элементами спортивной, развлекательной, отдыха и рабочего процесса, который включает в себя исследовательскую функцию в том числе.

Если говорить про общие черты объемно-планировочного решения станций, то 4 имеют сложную бионическую форму; 3 – простую бионическую; 7 имеют сложную геометрическую форму; 8 – простую геометрическую (рис. 4).



Рис. 4. Формообразование рассматриваемых модульных быстровозводимых станций

На сегодняшний день особенную отличительную черту можно проследить в конструктивном устройстве объектов. Инновационные решения в области строительных материалов позволяют создавать легкие, эргономичные объекты, с высокими показателями энергоэффективности, что очень важно в условиях крайнего севера.

Библиографический список

1. Антарктида: кто и когда открыл, история открытия / [Электронный ресурс] // Большая страна : [сайт]. – URL: <https://bolshayastrana.com/blog/otkrytie-i-issledovanie-antarktity-188>.
2. В. Путин, Указ о национальных целях развития России до 2030 года / В. Путин [Электронный ресурс] // Президент России : [сайт]. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/63728>
3. История Антарктики / [Электронный ресурс] // Википедия : [сайт]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/История_Антарктики
4. История Арктики. Освоение территорий / [Электронный ресурс] // Чистая Арктика : [сайт]. – URL: <https://cleanarctic.ru/development-history>.
5. История освоения русской Арктики: от поморских кочевь к атомным ледоколам / [Электронный ресурс] // Arctic Russia : [сайт]. – URL: <https://bolshayastrana.com/blog/otkrytie-i-issledovanie-antarktity-188>
6. Международной арктической станции «Снежинка» / [Электронный ресурс] // : [сайт]. – URL: https://tradehouse-rus-uae.com/storage/articles/files/2021/09/4_institute_of_arctic_technologies_mipt.pdf
7. Пантус, В. А., Мясепп, К. К. Концептуальное проектирование жилища для Арктики и Антарктики [Текст] / В. А. Пантус, К. К. Мясепп // Современное проектирование. Научно-технический и производственный журнал. – 2015. – № 1. – С. 13-17.
8. Пунтус, В.А. Здания двойного применения в Арктике и Антарктиде

(Анализ эволюции формы и технологии). / В.А. Пунтус, К.К. Мясепп // НАУ. – 2015. – №8-3 (13). – С. 84-89.

9. Татевосян, А. Г. Современные технологии в архитектуре Арктики / А. Г. Татевосян // Актуальные исследования. Международный научный журнал. – 2023. – № 15. – С. 43-48.

10. Токарев, А.Е. Концептуальная модель функционального зонирования модуля временного проживания для арктических районов России / А.Е. Токарев // Вестник ТГАСУ. – 2019. – №4. – С. 76-93.

ФИЗИЧЕСКАЯ НЕЛИНЕЙНОСТЬ МАТЕРИАЛА ПРИ РАСЧЕТЕ УЗЛА ОПИРАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ БАЛОК НА РАСКОС ИЗ КРУГЛОЙ ТРУБЫ

Николенко К.С. аспирант,
Абсиметов В.Э. д-р техн. наук, проф.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Целью проведения численного исследования работы узлов конструкций является получение НДС (напряженно-деформированного состояния) от расчетных нагрузок. В результате анализа НДС определяются максимальные напряжения в узлах конструкций. В ходе анализа полученных результатов и сравнения напряжений с нормативными характеристиками материалов составляются выводы и рекомендации по проектированию узлов с учетом физической нелинейности.

Рассчитываемый узел представлен на рис. 1. Для расчета в программном комплексе по проектной модели была получена конечно-элементная модель узла.

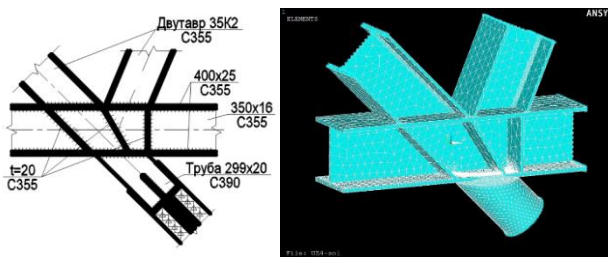


Рис. 1. Проектная и конечно-элементная модели узла

Нагрузки на узел прикладываются согласно рис. 2.

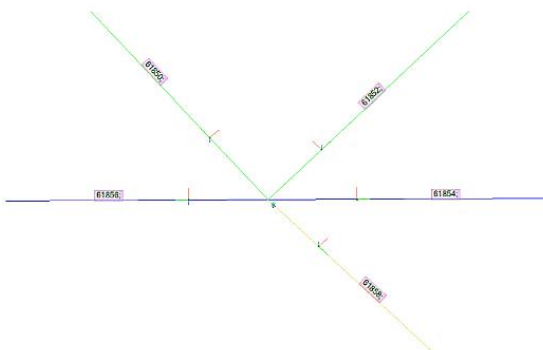


Рис. 2. Схема приложения нагрузок на узел

В работе для определения эффективных характеристик сечения использован программный комплекс Ansys V11, основанный на методе конечных элементов (МКЭ).

Расчет ведется в геометрически и физически нелинейной постановке. Расчетные схемы узлов конструкции представляют собой объемные пространственные модель с минимальным числом упрощений. Для моделей определены отдельные точки, в которых задаются нагрузки. Эти нагрузки принимаются из конечноэлементной модели здания в сечениях, расположенных в тех же местах что в рассчитываемой модели. С целью моделирования фактического НДС узла на конце одного из элементов принимается жесткая заделка, на концах других элементов прикладываются усилия из расчетной схемы.

Для анализа результатов были представлены следующие данные (рис. 3-5).

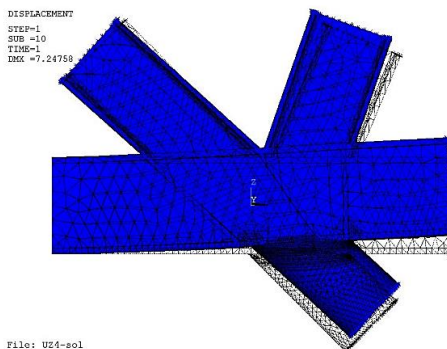


Рис. 3. Деформированная схема узла

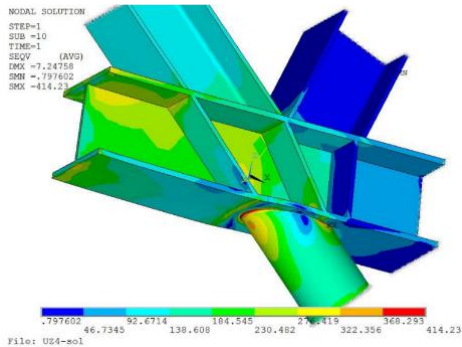


Рис. 4. Результирующие напряжения по Мизесу

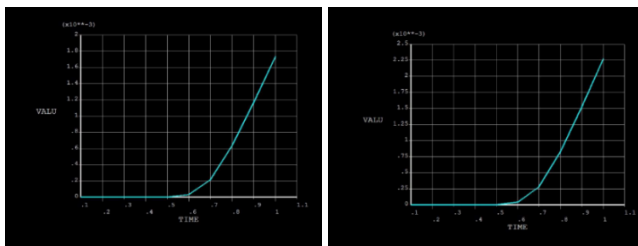


Рис. 5. График напряжения по Мизесу в наиболее напряженной точке и график максимальных относительных деформаций по Мизесу

В результате расчета установлено, что с учетом физической нелинейности металла несущая способность узла обеспечена. Благодаря учету физической нелинейности металла, удалось добиться наиболее экономически эффективных сечений в данном узле. Наиболее нагруженная зона узла находится в местах примыкания левого раскоса из двутавра 35К2. Для того, чтобы обеспечить более равномерную передачу усилий рекомендуется приварить два вертикальных ребра между горизонтальными кольцевыми ребрами балки, отвечающие обоим боковым приходящим раскосам.

Также были выданы рекомендации для сборки узла заводом изготовителем, с учетом имеющихся допущений в расчетной схеме и проектной документации следует отметить, что катеты сварных швов примыкания основных несущих элементов в узле должны обеспечивать равнопрочное соединение. При изготовлении требуется обеспечить ультразвуковой контроль основных швов в узле в объеме 100%.

Библиографический список

1. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М.: 2011.

2. Александров А.В. Основы теории упругости и пластичности / А.В. Александров, В.Д. Потапов. М.: Высшая школа, 1990. 399 с.
3. Балдин В.А., Вельский Г.Е., Потапов В.Н. Экономия стали на основе совершенствования норм расчета и проектирования стальных конструкций // Строительная механика и расчет сооружений. -1982. - № 6. – С. 18-21.
4. Золотарев А.Б., Блохина Н.З. Исследование плоского напряженного состояния ортотропной нелинейно-упругой пластины// Труды ЦНИИСК. М. 2001. С. 140 – 147.
5. Биргер И.А. Общие алгоритмы решения задач теории упругости, пластичности и ползучести / И.А. Биргер // Успехи механики деформируемых сред. №2, 1975. С. 51-73.
6. Солодов Н.В., Усов К.А., Ечин В.А., Анализ работы узлов сварной балки с гофрированной стенкой и поясами из ЗГСП // ZBORNİK RADOVA. 12.2017. С. 131-133
7. Абсиметов В.Э, Смаилова Б.О., Гуменюк В.В., О разработке нормативов по эксплуатации уникальных объектов, оборудованных технически сложными системами и механизмами // Сборник трудов II международной научно- практической конференции «Качество и безопасность строительства: современные принципы технического регулирования и внедрения инноваций» ТОО «Проектная академия» Kazgor» г. Алматы. 2010.

РАСЧЕТ УЗЛА ОПИРАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ БАЛОК НА КРУГЛЫЙ ОПОРНЫЙ ЭЛЕМЕНТ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ

**Николенко К.С., аспирант,
Абсиметов В.Э., д-р техн. наук, проф.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Целью проведения численного исследования работы узлов конструкций является получение НДС (напряженно-деформированного состояния) от расчетных нагрузок [2]. В результате анализа НДС определяются максимальные напряжения в узлах конструкций. В ходе анализа полученных результатов и сравнения напряжений с нормативными характеристиками материалов составляются выводы и рекомендации по проектированию узлов с учетом физической нелинейности.

Для проверки несущей способности, а также жесткости элементов узла был использован программный комплекс Ansys V11.

Расчет ведется на методе конечных элементов (МКЭ) в

геометрически и физически нелинейной постановке. Расчетные схемы узлов конструкции - объемные пространственные твердотельные элементы с минимальным числом упрощений.

Рассчитываемый узел представлен на рис. 1, 2. Для расчета в программном комплексе по проектной модели была получена конечно-элементная модель узла.

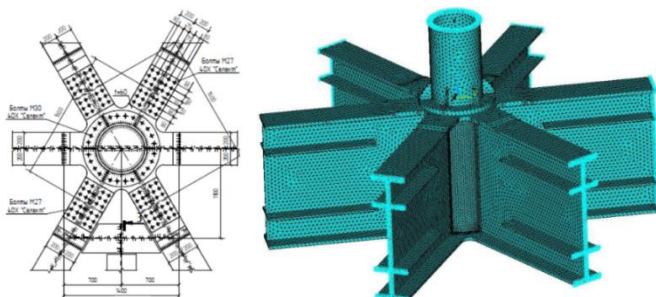


Рис. 1. Проектная и конечно-элементная модели узла

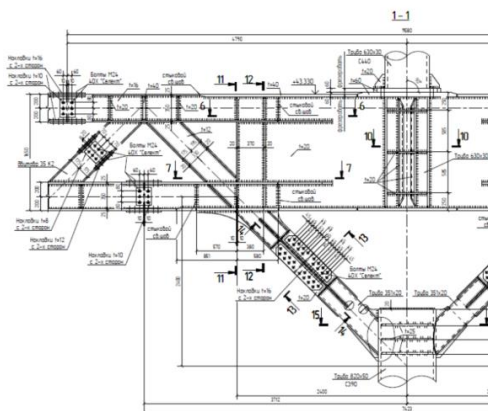


Рис. 2. Вид сбоку на рассчитываемый узел

Профили элементов: верхний проходящий подвес, а также сечение опорного элемента – труба 630×30; проходящие раскосы – сварное сечение двутавра из листов, с полкой толщиной 40 мм и стенкой толщиной 20 мм.

Нагрузки принимаются из конечно-элементной модели здания в сечениях, расположенных в тех же местах что в рассчитываемой модели. С целью моделирования фактического НДС узла на конце одного из элементов принимается жесткая заделка, на концах других элементов

прикладываются усилия из расчетной схемы [3]. Направление нагрузок для узла прикладываем по рис. 3.

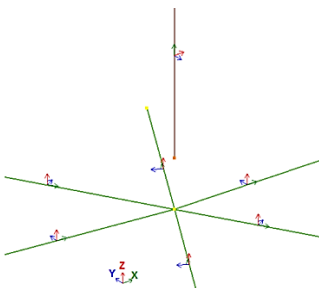


Рис. 3. Схема направления приложения нагрузок на узел

Для анализа данных необходимо наличие изополей распределения напряжений, а также графы роста напряжений в наиболее нагруженных зонах узла (рис. 4-7) [4].

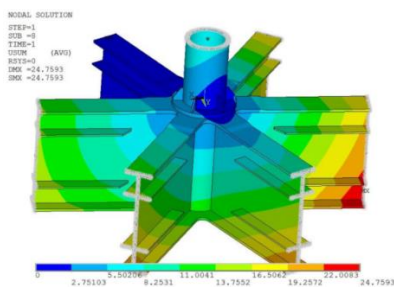


Рис. 4. Изополя деформирования узла

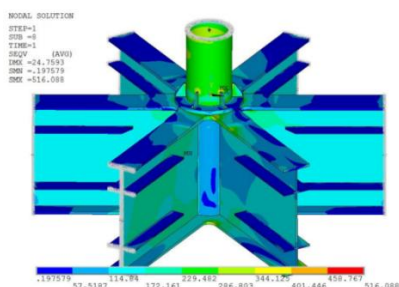


Рис. 5. Изополя результирующих напряжений по Мизесу

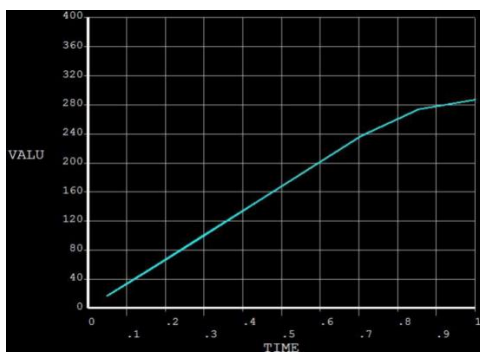


Рис. 6. График напряжения по Мизесу в наиболее напряженных зонах

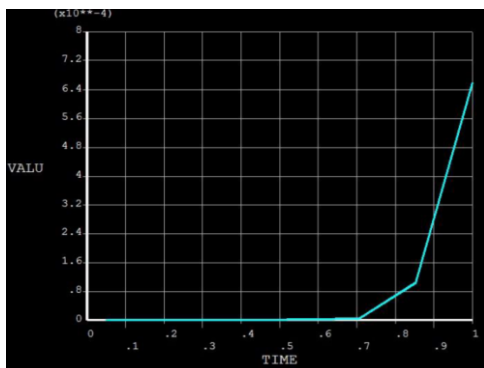


Рис. 7. График максимальных относительных деформация по Мизесу

В результате расчета установлено, что в нелинейно-физической стадии расчета узла несущей способности профилей достаточно для восприятия расчетных нагрузок. В линейной физической стадии расчета несущей способности профилей недостаточно. Учет физической нелинейности позволяет разумно экономить металл, благодаря чему удалось добиться наиболее экономически эффективных сечений в данном узле. Наиболее нагруженная зона узла находится в концентраторе напряжения нижней полки опорного круглого элемента. Для того, чтобы обеспечить более равномерную передачу усилий в элементах узла потребуются более серьезный подход к контролю сварных швов [5], а также обязательная постановка ответного элемента из листа внутрь опорного круглого элемента, который будет отвечать вертикальным стенкам всех приходящих раскосов.

Библиографический список

1. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М.: 2011.
2. Александров А.В. Основы теории упругости и пластичности / А.В. Александров, В.Д. Потапов. М.: Высшая школа, 1990. 399 с.
3. Балдин В.А., Вельский Г.Е., Потапов В.Н. Экономия стали на основе совершенствования норм расчета и проектирования стальных конструкций //Строительная механика и расчет сооружений. -1982. - № 6. – С. 18-21.
4. Золотарев А.Б., Блохина Н.З. Исследование плоского напряженного состояния ортотропной нелинейно-упругой пластины// Труды ЦНИИСК. М. 2001. С. 140 – 147.
5. Биргер И.А. Общие алгоритмы решения задач теории упругости, пластичности и ползучести / И.А. Биргер // Успехи механики деформируемых сред. №2, 1975. С. 51-73.

6. Солодов Н.В., Усов К.А., Ечин В.А., Анализ работы узлов сварной балки с гофрированной стенкой и поясами из ЗГСП // ZBORNİK RADOVA. 12.2017. С. 131-133

7. Абсиметов В.Э, Смаилова Б.О., Гуменюк В.В., О разработке нормативов по эксплуатации уникальных объектов, оборудованных технически сложными системами и механизмами // Сборник трудов II международной научно- практической конференции «Качество и безопасность строительства: современные принципы технического регулирования и внедрения инноваций» ТОО «Проектная академия» Kazgor» г. Алматы. 2010.

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ УВЕЛИЧЕНИЯ СЕЧЕНИЯ ДВУТАВРОВОЙ БАЛКИ

Обернихин Д.В., канд. техн. наук, доц.,

Викол Д.И., магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

С течением времени большинство строительных конструкций нуждается в ремонте, усилении или замене. Данная необходимость может возникнуть в следствие разрушений, изменений нагрузок или геометрии элемента. Увеличение сечения является перспективным, эффективным и широко распространенным на практике методом усиления балочных систем [1].

Для балок рациональнее увеличить сечение в наиболее удаленных от нейтральной оси волокнах. При этом, если позволяют габариты, увеличить и общую высоту балки, учитывая возможную потерю общей устойчивости. При таком усилении в большей степени возрастают момент инерции и момент сопротивления балки относительно нейтральной оси [2, 3].

Основные положения данного метода заключается в увеличении сечения металлических конструкций на участках наибольших напряжений путем присоединения к данной конструкции дополнительных усиливающих элементов (стержней, пластин, уголков, двутавров и швеллеров) при помощи сварки, болтов или заклепок [4].

При усилении балок способом увеличения сечения, временная нагрузка должна отсутствовать, при возможности, постоянную нагрузку на балку необходимо снизить [5].

Рассмотрим три варианта усиления сечения при помощи дополнительных элементов и изменение характеристик их сечений.

Первый вариант усиления (рис. 1, а) состоит из исходной двутавровой балки 40 Б1 (ГОСТ Р 57837-2017), к верхнему поясу которой

добавлены два уголка $70 \times 70 \times 7$ (ГОСТ 8509-93), к нижнему поясу – швеллер 24У (ГОСТ 8240-97) (рис.1, а). Площадь сечения усиленной балки равна $121,52 \text{ см}^2$, при этом, площадь сечения добавленных элементов – $49,16 \text{ см}^2$.

Второй вариант усиления (рис. 1, б) состоит из двутавровой балки 40 Б1 (ГОСТ Р 57837-2017), к верхнему поясу которой добавлена пластина 12×160 мм, к нижнему поясу – пластину 12×260 мм (рис. 1, б). Получаем площадь сечения балки после усиления равную $122,76 \text{ см}^2$, при этом, площадь сечения добавленных элементов – $50,40 \text{ см}^2$.

Третий вариант усиление (рис. 1, в) заключается в добавлении к исходной двутавровой балке 40 Б1 (ГОСТ Р 57837-2017) четырех уголков $90 \times 90 \times 7$ (ГОСТ 8509-93), расположенных между полкой и стенкой балки (рис. 1, в). В итоге увеличения получаем площадь сечения балки равную $121,54 \text{ см}^2$, при этом, площадь сечения добавленных элементов – $49,18 \text{ см}^2$.

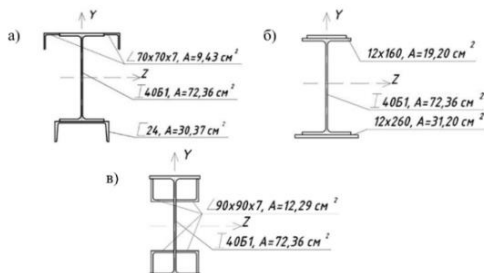


Рис. 1. Виды усиления балок: а – вариант 1; б – вариант 2; в – вариант 3

При помощи программного комплекса «ЛИРА-САПР» получаем значения основных геометрических характеристик образованных сечений по трем вариантам (табл. 1).

На основании данных, приведенных в табл. 1 можно сделать следующие выводы:

- момент инерции относительно главной оси Y во втором варианте усиления на $0,3 \%$ и $31,62\%$ больше чем в первом и третьем вариантах соответственно;

- наибольший момент сопротивления относительно главной оси Y соответствует второму варианту усиления и составляет $1764,74 \text{ см}^3$, что на $11,92 \%$ больше, чем в первом варианте и на $20,59 \%$ больше, чем в третьем варианте.

Сравнивая данные по отношению момента инерции относительно главной оси Y к массе 1 погонного метра дополнительных элементов видно, что первый вариант усиления на $1,63 \%$ выгоднее чем второй и на $30,99\%$, чем третий.

Таблица 1

Характеристики сечений балок

Характеристика	Обозначение	Вариант усиления		
		1	2	3
Координата x центра тяжести в текущей системе координат, мм	X _o	0	0	0
Координата y центра тяжести в текущей системе координат, мм	Y _o	-27,868	-19,941	0
Площадь, см ²	A	121,52	122,76	121,54
Момент инерции относительно главной оси Y, см ⁴	I _y	40436,435	40578,528	27745,708
Момент инерции относительно главной оси Z, см ⁴	I _z	8620,995	3614,571	4152,317
Момент сопротивления относительно главной оси Y, см ³	W _y	1554,456	1764,737	1401,298
Момент сопротивления относительно главной оси Z, см ³	W _z	508,613	278,044	417,318
Статический момент инерции относительно главной оси Y, см ³	S _y	1057,741	1069,293	864,998
Статический момент инерции относительно главной оси Z, см ³	S _z	390,171	251,867	281,238
Усредненный погонный вес, кН/м	g	0,936	0,945	0,936
Масса 1 п.м. дополнительных элементов, кг	m	38,78	39,56	38,56
Момент инерции относительно главной оси Y1, см ⁴ /масса 1 п.м. дополнительных элементов, кг	$\frac{I_y}{m}$	1042,71	1025,75	719,55

Произведем расчет величины нормальных напряжений при значении момента $M_y=300$ кН·м. Изменение напряжений по высоте сечения соответствует изменению деформаций. Наибольшие напряжения действуют по краям сечения.

Значения нормальных напряжений отображены на рис. 2.

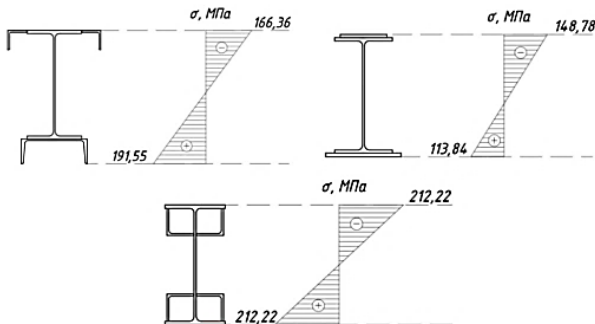


Рис. 2. Эпюры нормальных напряжений

Геометрические характеристики относительно оси Y для первого и второго варианта сопоставимы, однако относительно оси Z наиболее выгодные характеристики имеет первый вариант увеличения сечения. Значения максимальных нормальных напряжений во втором варианте усиления при одинаковом изгибающем моменте меньше, чем в первом и в третьем вариантах на 11,8 %, 42,6 % и 68,3 %, 86,4 % соответственно для верхней и нижней полок.

Несмотря на это, допустимо применение третьего варианта, как и других, не приведенных в статье. Так как не всегда имеется возможность доступа и усиления по верхним и нижним граням балок.

Библиографический список

1. Бальдин Г. М., Таничева Н. В. Усиление строительных конструкций при реконструкции и капитальном ремонте зданий: учеб. пос. для вузов / – М.: Изд. АСВ. – 2008 – 112 с.
2. Гроздов В. Т. Усиление строительных конструкций при реставрации зданий и сооружений. - СПб, 2005. – 114 с.
3. Кудишин Ю.И., Беленя Е.И. Металлические конструкции, Академия, 2007.
4. Солодов, Н. В. Прочность и деформативность при смятии в болтовом соединении / Н. В. Солодов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 1. – С. 82-87.
5. М.Р.Бельский, А.Н.Лебедев. Усиление стальных конструкций. Киев, Будивельник, 1981.

ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ БЕТОНА С ДОБАВЛЕНИЕМ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ

**Обернихин Д.В., канд. техн. наук, доц.,
Мещеряков В.М., аспирант**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Вопрос появления и развития трещин, а также повышения трещиностойкости, приобретает особенно важную значимость для изгибаемых элементов, эксплуатирующихся в условиях агрессивного воздействия окружающей среды. В конструкциях без трещин стальная арматура работает в достаточно благоприятных условиях. Однако при появлении трещин в растянутой зоне элемента воздействие агрессивной окружающей среды на арматурный стержень усиливается, так же возрастает перепад напряжений в арматуре [1].

В железобетонных элементах причинами образования трещин является достаточно большое количество факторов даже при низких нагрузках. Известно, что бетон уже после изготовления имеет дефекты структуры, связанные с особенностью его приготовления, которые могут являться концентраторами напряжений, служащими источниками трещинообразования при действии нагрузок. Введение арматуры в растянутую зону бетонного элемента незначительно увеличивает предельную растяжимость бетона по сравнению с неармированным бетоном, т.е. незначительно «отодвигает» момент трещинообразования.

В традиционных железобетонных конструкциях растягивающие напряжения воспринимают арматурные стержни. При этом введение армирования в тело бетона не устраняет такие недостатки бетона, как невысокая прочность на растяжение и подверженность коррозии [2]. Использование бетонов с полимерными добавками улучшает указанные качества железобетонных конструкций, при этом плотность бетона с добавлением полимерных добавок несколько ниже, чем у тяжелого бетона, а, следовательно, и масса конструкций [3-6].

Для полноценного изучения НДС сечений изгибаемых элементов необходимо определить зависимости между напряжениями и относительными деформациями, возникающими в бетоне с добавлением резиновой крошки. С этой целью изготовлены контрольные образцы-призмы [7-9].

Контрольные образцы-призмы из бетона с добавлением резиновой крошки представлены на рис. 1.



Рис. 1. Контрольные образцы-призмы из бетона с добавлением резиновой крошки

Компонентные составы бетона с добавлением резиновой крошки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Компонентные составы бетона с добавлением резиновой крошки

Компонент	Содержание компонентов в первой серии образцов, мас. %	Содержание компонентов во второй серии образцов, мас. %	Содержание компонентов в третьей серии образцов, мас. %
Вода	7,63	7,69	7,57
Цементное вяжущее	15,26	15,38	15,14
Кварцевый песок	28,99	27,69	30,28
Щебень	47,39	47,76	47,01
Резиновая крошка	0,73	1,48	–

Первая серия образцов из бетона с заменой 5 % общего объема мелкого заполнителя резиновой крошкой. Вторая серия из бетона с заменой 10 % общего объема мелкого заполнителя резиновой крошкой. Кроме того, изготовлены образцы из тяжелого бетона (на основе которого разработаны действующие расчетные методики) для определения и анализа аналогичных характеристик.

На основании испытаний образцов-призм на сжатие будут получены данные о фактической прочности и диаграммы зависимости между напряжениями и относительными деформациями сжатия для бетона с добавлением резиновой крошки. Исходя из диаграммы, для бетона с добавлением резиновой крошки будут получены уравнения, описывающие зависимость между напряжениями и относительными деформациями.

Для планируемых к испытанию образцов-балок из бетона с добавлением резиновой крошки разработаны схемы армирования и расположения датчиков при проведении эксперимента. Продольные стержни – арматура класса А500С, поперечные – проволока класса В500С, шаг поперечных стержней равен 50 мм, с целью предотвращения разрушения по наклонным сечениям опытных балок.

Схема приложения нагрузки на образцы-балки и геометрические размеры балок представлены на рис. 2.

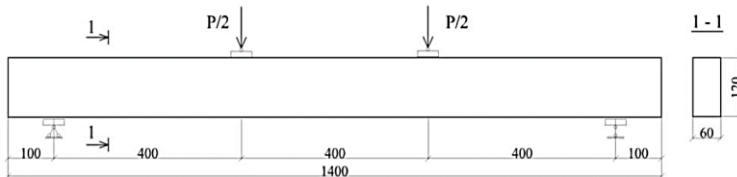


Рис. 2. Схема приложения нагрузки на образцы-балки и геометрические размеры балок

Для измерения продольных деформаций в нормальном сечении на балку и арматуру наклеиваются тензодатчики. Для измерения вертикальных перемещений балок будут применены датчики линейных перемещений.

Схема расположения датчиков по высоте сечения балки, схема расположения прогибомера, схема армирования представлены на рис. 3. Схема расположения датчиков на нижней грани балки, сечение 2-2 представлены на рис. 4.

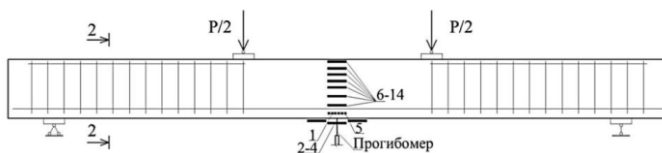


Рис. 3. Схема расположения датчиков по высоте сечения балки. Схема расположения прогибомера. Схема армирования

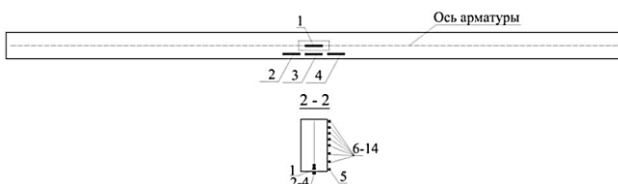


Рис. 4. Схема расположения датчиков на нижней грани балки. Сечение 2-2

За величину разрушающей нагрузки на балку принимается максимальное значение усилия прессы, при котором достигается предел текучести арматуры.

Экспериментальное исследование изгибаемых конструкций из бетона с добавлением резиновой крошки с целью разработки рекомендаций по их расчету на данный момент находится на этапе получения экспериментальных данных.

Результатом экспериментального исследования станет определение достоверного напряженно-деформированного состояния железобетонных изгибаемых элементов из бетона с добавлением резиновой крошки, будут получены данные об их прочности и трещиностойкости. Это позволит провести сравнение с аналогичными элементами из тяжелого железобетона и разработать (адаптировать) способы расчета для железобетонных изгибаемых элементов из бетона с добавлением резиновой крошки. Кроме того, планируется дать рекомендации по применению железобетонных изгибаемых элементов из бетона с добавлением резиновой крошки в массовом строительном производстве.

Библиографический список

1. Фролов Н.В. Современная классификация полимеркомпозитной арматуры // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. №4-1.
2. Павленко П.В. Моделирование процессов взаимодействия бетона и арматуры в железобетонных конструкциях: физические основы и математические алгоритмы // Инновации и инвестиции. 2023. №5.
3. Мощанский, Н.А. Конструктивные и химически стойкие полимербетоны / Н.А. Мощанский, В.В. Патуров. – М.: Стройиздат, 1970. – 194 с.
4. Харчевников, В.И. Стекловолокнистые полимербетоны – коррозионностойкие материалы для конструкций химических производств: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05 / Виталий Иванович Харчевников. – Воронеж, 1982. – 424 с.
5. Патуров, В.В. Полимербетоны / В.В. Патуров. – М.: Стройиздат, 1987. – 287 с.
6. Панкова, Т.А. К вопросу о применении новых видов бетонов / Т.А. Панкова, А.Г. Хазова // Международная научно-практическая конференция «Культурно - историческое наследие: вчера, сегодня, завтра». – Саратов, 2014. – С. 109-111.
7. Хикс, Ч. Основные принципы планирования эксперимента / Ч. Хикс. – М.: издательство «Мир», 1967. – 406 с.
8. Яворский, В.А. Планирование научного эксперимента и обработка экспериментальных данных. Методические указания к лабораторным работам / В. А. Яворский. – М.: МФТИ, 2006. – 44 с.
9. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Стандартинформ, 2013. – 30 с.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК, ВНЕШНЕ АРМИРОВАННЫХ УГЛЕПЛАСТИКОМ

Обернихин Д.В., канд. техн. наук, доц.,

Обернихина Я.Л., ст. преп.

Усик И.Л., магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Необходимость в усилении железобетонных конструкций в процессе эксплуатации может быть вызвана изменением полезной нагрузки, влиянием агрессивного воздействия внешней среды, т.е. коррозии арматуры и бетона и т.д. Дефекты и повреждения, возникающие в железобетонных конструкциях, приводят к снижению их несущей способности, что в свою очередь ограничивает их нормальную

эксплуатацию. Увеличение нагрузок приводит к росту изгибающего момента и поперечной силы, что в свою очередь может способствовать образованию наклонных трещин. При этом разрушение железобетонных балок по наклонным сечениям обычно происходит хрупко, внезапно. Поэтому усиление наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов особенно актуально.

В течение последних нескольких десятилетий усиление железобетонных конструкций с использованием композитов на основе полимеров, армированных углеродными волокнами (CFRP), считается одним из наиболее перспективных методов. Метод внешнего армирования изгибаемых элементов с помощью композиционных материалов CFRP получил широкое распространение в странах СНГ, Европы, Америки, Дальнего и Ближнего Востока. Эффективность данного метода усиления была доказана в ходе многочисленных экспериментальных исследований [1-8]. Кроме того, в настоящее время наблюдается тенденция по увеличению количества работ, посвященных изучению наклонных сечений, внешне армированных углепластиком.

Так, в работе [9] авторами представлены результаты экспериментальных исследований прочности наклонных сечений, внешне армированных углепластиком тавровых железобетонных балок. Шесть образцов, были усилены углепластиковыми U-образными хомутами под углами наклона 90° и 45° соответственно и закреплены с помощью углепластиковых анкеров диаметром 10 и 12 мм на глубину 50 мм и 75 мм. Все балки были поэтапно разрушены. В результате испытаний было выявлено, что прочность усиленных балок увеличивается на 45 % по сравнению с контрольным образцом. Анкерная U-образная анкеровка, угол наклона хомутов углепластика и применение анкерных «шипов» существенно увеличивает прочность наклонных сечений и жесткость тавровых балок.

В работе [10] авторами были исследованы железобетонные балки, внешне армированные углепластиком по нормальным и наклонным сечениям. Образцы были нагружены до появления наклонных трещин. Серия четырех балок была усилена по нормальным и наклонным сечениям. Все балки были поэтапно нагружены. Результаты исследования показывают, что внешнее армирование углепластиком по нормальному и наклонному сечению может работать совместно, уменьшая деформацию внешнего армирования в растянутой зоне. Авторы отмечают, что наличие U-образных хомутов в наклонном сечении привело к увеличению прочности усиленных балок на 56–78 % по сравнению с контрольным образцом.

В работе [11] представлены результаты экспериментальных исследований прочности нормальных и наклонных сечений, внешне армированных углепластиком тавровых железобетонных балок. В рамках эксперимента были проведены испытания восьми тавровых балок, двух

серий. Первая серия включала в себя образцы, усиленные по нормальному сечению, вторая - по наклонному. В качестве варьируемого параметра были приняты ширина углепластикового ламината и расстояние между U-образными хомутами. В результате экспериментальных исследований было выявлено, что при ширине ламинатов 50, 100 и 150 мм жесткость балок первой серии увеличивается прямо пропорционально, а несущая способность увеличивается примерно на 9,5 %, 35 % и 41 % по сравнению с контрольным образцом. А во второй серии шаг хомутов обратно пропорционален предельной несущей способности. При шаге U-образной анкеровки в 166 мм 125 мм и 100 мм предельная прочность по наклонному сечению выросла примерно на 13,2 %, 17,7 % и 23,5 % по сравнению с контрольным образцом.

Авторы работы [12] провели экспериментальные исследования влияния внешнего армирования углепластиком на прочностные характеристики железобетонных балок с недостаточной прочностью наклонных сечений. Образцы были усилены по наклонному сечению после нагружения, но до начала трещинообразования. Балки были усилены U-образными хомутами из углепластика шириной 0,1h, 0,2h и 0,3h (1h = 4дюйма = 10,16 см). В результате испытаний было выявлено, что внешнее армирование из углепластика позволяет увеличить прочность балок по наклонным сечениям на 15–34 % соответственно по сравнению с контрольными балками. Кроме того, U-образная анкеровка способствует снижению касательных напряжений и увеличению эффективной деформации внешней арматуры из углепластика в зоне растяжения, а также помогает снизить вероятность отслоения углепластика от поверхности бетона.

В работе [13] авторы анализировали различные варианты анкеровки железобетонных балок, усиленных полимеркомпозиционными материалами (FRP). Образцы были разделены на три группы, состоящие из:

- 1) восьми балок с внешним армированием из стеклопластика без анкерных хомутов;
- 2) восьми балок, аналогичных первой группе, но с анкерными хомутами;
- 3) контрольные балки без усиления.

Все образцы балок подверглись четырехточечному изгибу. Результаты опыта показали, что метод анкерного крепления увеличил несущую способность и в разной степени уменьшил прогиб в середине пролета. Кроме того, исследование показало, что усиление балок углепластиковыми композитами повысило прочность балок по наклонному сечению.

Анализ приведенных результатов исследований [9-13] показывает, что применение систем внешнего армирования на основе углепластика

для усиления наклонных сечений позволяет существенно улучшить эксплуатационные характеристики усиливаемых конструкций.

На основании приведенного выше обзора зарубежных экспериментальных исследований, можно сделать вывод о необходимости дальнейшего развития рассматриваемой темы применительно к усилению железобетонных балок по наклонным сечениям.

Библиографический список

1. Быков А.А., Калугин А. В. Особенности использования композиционных материалов при усилении изгибаемых железобетонных конструкций. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. 2013. № 3 (11). С. 54–72.
2. Польской П.П., Умаров А.Г., Кубасов А.Ю., Умаров Р.Г. К вопросу анкеровки внешнего композитного армирования при усилении железобетонных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2022. № 10 (94). С. 388–396.
3. Пикалова Е.К. Усиление строительных конструкций путем внешнего армирования // В сборнике: Молодежь и научно-технический прогресс. Сборник докладов VII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х томах. 2014. С. 257–259.
4. Польской П.П., Умаров А.Г., Умаров Р.Г. К вопросу повышения уровня эффективности внешнего композитного армирования при усилении железобетонных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2022. № 9 (93). С. 265–276.
5. Симаков О.А. Применение в качестве внешнего армирования железобетонных элементов тканых сеток из углеродных волокон // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. № 3 (381). С. 57–61.
6. Симаков О.А. Приведенная жесткость железобетонных балок, усиленных внешним армированием на основе углеродных волокон // Инженерный вестник Дона, 2022, №9 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n9y2022/7883
7. Зуев А.В., Шутова О.А. Применение композитных материалов в качестве системы внешнего армирования для усиления железобетонной балки в стесненных условиях // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2021. Т. 2. С. 123–132.
8. Зуев А.В., Шутова О.А. Применение композитных материалов для усиления железобетонных конструкций при ремонте и реконструкции промышленных зданий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2020. Т. 2. С. 193–198.
9. Jamal A. Abdalla et. al. Shear Strengthening of Reinforced Concrete T-Beams using Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Anchored with

CFRP Spikes Jamal A. Abdalla et. al. // Procedia Structural a 1 Integrity 42 (2022) 1223–1230.

10. Hetao Qi, Haozhe Jiang, Bing Wang Ping Zhuge, Experimental Study on Shear Performance of Concrete Beams Reinforced with Externally Unbonded Prestressed CFRP Tendons Fibers 2024, 12, 23. URL: <https://doi.org/10.3390/fib12030023>.

11. Hasan Ehssan Alobaidi, Alaa Hussein Al-Zuhairi Structural Strengthening of Insufficiently Designed Reinforced Concrete T-Beams using CFRP // Composites Civil Engineering Journal Vol. 9, No. 08, August 2023

12. Al-Rousan, R. The shear behavior of Anchored CFRP Strengthened RC beams. // Magazine of Civil Engineering. 2022. 109(1). P. 10905.

13. Al-Rousan, R. The shear behavior of anchored groove RC beams. // Magazine of Civil Engineering. 2022. 112(4). P. 11206.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ СОВРЕМЕННЫХ ФАХВЕРКОВЫХ ДОМОВ

**Овсянников С.И., канд. техн. наук, доц.,
Руденко О.Л., ассистент,
Гиренко М., студент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Фахверковые дома относятся к традиционным архитектурным строениям западной Европы второй половины средневековья [1, 8, 9]. Характерной архитектурной особенностью таких строений является деревянный каркас здания, видимый на наружных поверхностях стен. Проемы между каркасом заполняются различными материалами, которые доступны в той или иной области, например, кирпич, глина, оштукатуренные камыш или деревянные коротыши (рис. 1). Такой тип строительства являлся довольно популярным в XVII-XIX вв. в западноевропейских странах, Германия, Голландия, Дания, Швеция, Великобритания и Франция [4, 9]. Но также такие дома строятся и в других странах мира.



Рис. 1. Характерный вид фахверкового строения

Фахверковые дома имеют свой неповторимый шарм и привлекают людей своей уникальностью и аутентичностью (рис. 2). Они могут быть как небольшими загородными, так и крупными особняками. В современной интерпретации этот стиль сочетается с новыми технологиями и материалами, что позволяет сохранить его эстетическое воздействие, но при этом повысить энергоэффективность и долговечность конструкций [3].



Рис. 2. Визуализация фахверкового дома

Данные строения имеют ряд архитектурных особенностей, характерных только им. Основой строения является деревянный каркас, который выполняет несущие и прочностные функции. Для обеспечения жесткости каркаса устанавливают раскосы, укосы и прочие дополнительные элементы. Каркас собирается на шипо-пазовые соединения. Кроме этого, каркас строения остается видимым снаружи, придавая своеобразный, характерный только для фахверка орнамент. Зачастую они окрашиваются контрастными от проемов цветами. Проемы между элементами каркаса заполняются различными теплоизоляционными материалами [6].

Несомненно, фахверковые дома производят особое впечатление, а также они имеют особую технологию строительства, которую условно можно разделить на шесть этапов:

1. Проект. Строительство чего-либо начинается с создания проекта, и фахверковые дома не исключение. В проекте указываются архитектурные решения, обозначаются этапы работ, а также подбираются необходимые материалы и рассчитывается их количество. Этап создания проекта является одним из самых важных, так как допущенные ошибки и просчеты на этом этапе могут привести к нарушению конструкции дома, а также негативно сказаться на его внешнем виде. На сегодняшний день имеется целый ряд прикладных компьютерных программ для проектирования фахверковых строений.

2. Фундамент. Фахверк является относительно легкой каркасной постройкой, поэтому под него достаточно закладывать облегченный фундамент. В таких случаях предпочтение отдают мелко заглубленному

ленточному или свайно-ленточному фундаменту [7]. Технология его возведения напоминает заливку стандартного фундамента и начинается с разметки отведенного участка и выкапывания траншеи, стенки которой в последующем покрывают гидроизоляцией. В подготовленную траншею засыпают и трамбуют слой песка, а далее идет непосредственно заливка бетона. Залитая бетонная смесь оставляется для затвердения на 1,5 месяца, далее высушенный фундамент утепляют пенополистиролом или минеральной ватой.

3. Каркас. Основой для каркаса фахверкового строения могут служить балки из массивного, клееного бруса или LVL-бруса, которые являются несущими элементами. Сам каркас представляет собой горизонтальные и вертикальные балки и стойки, усиленные для жесткости диагональными элементами и раскосами (рис. 3). Все составляющие каркаса стыкуются между собой с помощью шипопазовых соединений, шкантов и деревянных нагелей. Весь крепеж монтируется изнутри, дабы не портить внешний вид фахверка. Параллельно с сооружением каркаса для внешних стен, монтируются несущие элементы для внутренних перегородок [2]. Далее все каркасные элементы обрабатываются влаго- и огнезащитными материалами, для подготовки к следующему этапу работ.



Рис. 3. Каркас фахверкового дома

4. Стены. Все промежутки между внешними балками каркаса заполняются утепляющими материалами. В современном фахверке для заполнения проемов стен используют плитные теплоизоляционные материалы, например, базальтовые маты. Ограждением для утепляющего материала являются плиты из ЦСП, ГВП и водостойкая фанера [8]. Сама концепция фахверкового дома предусматривает собой открытый внешний каркас, поэтому обшивку дома размещают таким образом, чтобы она не перекрывала внешние каркасные балки.

5. Крыша. Классическим вариантом для фахверка является двухскатная или четырехскатная крыша. Снаружи ее покрывают ондулином, металлочерепицей или материалом из мягкой кровли. Использование натуральной черепицы или шифера не рекомендуется

ввиду их тяжеловесности, дающей повышенную нагрузку на каркас и фундамент дома.

6. Финишная отделка. В современном фахверке предпочтение отдается витражному остеклению (рис. 4). В некоторых случаях она может составлять до 70% всей стеновой поверхности [4]. В облицовке предпочтение отдают декоративным рейкам, балкам и планкам из гипса или полиуретана, имитирующих деревянные элементы, ведь деревянные элементы создают естественный дизайн постройки.



Рис. 4. Фахверк современного стиля

Таким образом, можно сделать вывод, что фахверковые дома являются не только зданиями, но и настоящим произведением искусства, обладающих целым рядом преимуществ перед другими строениями: короткие сроки возведения, снижение затрат на возведение мощного фундамента, отсутствует усадка, как у деревянных срубов, высокая прочность и долговечность постройки, возможность комбинировать различные материалы и применять необычные архитектурные решения, открытость пространству и солнечному свету, неприхотливость здания к внешней отделке, экологичность строений [10]. Строительство фахверкового дома – это отличный выбор для тех, кто хочет прочный и долговечный деревянный дом, который будет сочетать в себе, как и высокие энергоэффективные качества, так и современный стиль.

Библиографический список

1. Овсянников С., Подгорный И. Новые подходы в фахверковом строительстве. Saarbuken: LAP LAMBERT, 2020. 109 с.
2. Арутюнян М.С., Ковтутненко М. Г., Михеев Г. В. Совершенствование технологии, организации и экономики строительства зданий и сооружений // Краснодар: Индивидуальный предприниматель Кабанов Виктор Болеславович (Издательство "Новация"), 2022. С.134.
3. Пашкова, Л.А. Развитие конструктивных систем в городской среде // Инновационное развитие современной науки: Международная научно-практическая конференция // Уфа: ООО «Аэтерна» 2015. С. 131-133.

4. Стены наизнанку. Фахверковое строительство // Обустройство & ремонт. - № 44. - 2013.
5. Гавриков Д.С. Терминологическое уточнение понятия «фахверк» // В мире научных открытий. - Красноярск: Научно-инновационный центр, 2010. - № 6.3 (12). - С. 115-117.
6. Гавриков Д.С., Мезенцев С.Д. Социокультурные предпосылки возникновения и развития фахверковой архитектуры // Вестник МГСУ. 2015. № 8. С. 7-17
7. Лисенко Т. Л. Фахверковые дома в сельских усадьбах нижнегерманских земель // Архитектурное наследие. Вып. 46. М., 2005. С. 107-122.
8. Смирнова Н.В. Развитие строительства каркасных домов и рекомендации по их возведению // Наука, техника и образование. 2016. № 8 (26). С. 102-103.
9. Овсянников С.И. Деревянное домостроение за рубежом и в России // Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): Сборник докладов международной научно-практической конференции. Белгород, 2017. С. 309-315.
10. Овсянников С.И., Богданов И.И., Федоренко А.В. Экологические аспекты деревянного домостроения // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. Ч. II. С. 236-242.

УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

**Пирьев Ю.С., ст. преп.,
Болотских Ю.Ю., студент,
Бондаренко Р.А., студент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Железобетонные плиты перекрытия являются одним из основных несущих конструктивных элементов здания. Они передают нагрузку от оборудования, перегородок и людей, находящихся в здании на другие несущие конструкции. Поэтому необходимо обеспечивать работоспособное техническое состояние плит перекрытий. Для этого выполняются усиления железобетонных плит перекрытий, с целью восстановления и повышения несущей способности конструкций. Усиление проводится при реконструкции здания, смене его назначения.

Усиление плит перекрытий производится при обнаружении дефектов и повреждений в процессе эксплуатации. Наиболее распространенными причинами возникновения дефектов на

железобетонных плитах перекрытий является: разрушение защитного слоя бетона, коррозия арматуры, превышение допустимой нагрузки на конструкцию.

Первыми признаками повреждений конструкций плиты:

- появление сколов и трещин;
- отслоение штукатурки на полу или потолке;
- появление пятен на поверхности плиты.

В настоящее время для усиления железобетонных плит, применяются как современные, так и проверенные временем методы. Выбор технологии, применяемой при усилении, зависит от степени повреждения и необходимых несущих характеристик. Перед началом работ по усилению, необходимо оценить физическое состояние и несущую способность конструкции. Для этой цели выполняются обследования. При проведении обследования необходимо выполнить визуальный осмотр и инструментальный контроль.

Усиление монолитных железобетонных плит перекрытия.

Перед началом усиления монолитных железобетонных плит перекрытий необходимо провести расчет несущей способности для правильного подбора материалов и технологии для усиления.

В большинстве случаев для укрепления используют арматурную сетку с размерами ячеек 150×150 или 200×200 из стержней диаметром 12-18 мм. Так же для этой цели можно использовать прокатные профили из уголков и полос. Их монтируют в местах сильных повреждений или местах деформаций. Для защиты металлических элементов, применяемых для усиления, от коррозии наносят слой антикоррозионного покрытия и слой бетона. Возможны два способа бетонирования:

- укладка бетона вручную в предварительно установленную опалубку;
- нанесение бетонной смеси методом торкретирования.

Второй способ бетонирования считается лучшим и более современным, поскольку бетонная смесь наносится под высоким давлением, заполняя все труднодоступные места и позволяет уменьшить время, затрачиваемое на выполнение работ. Толщина наносимого слоя варьируется от 20 мм до 50 мм.

Данный способ так же применим и для сборно-монолитных перекрытий (рис. 1). Но здесь важно учитывать перераспределение нагрузки на несущие конструктивные элементы.

Разработаны несколько способов и методов усиления плит перекрытий. Одним из этих методов является метод усиления от компании Hilti.



Рис. 1. Усиление монолитных железобетонных плит перекрытия

Компания Hilti известная разработкой оборудования и технических решений в сфере строительства предлагает свой метод усиления железобетонных перекрытий (рис. 2). Суть технологии заключается в использовании специальных анкеров HZA-P с применением особого химического состава HIT-RE 500.

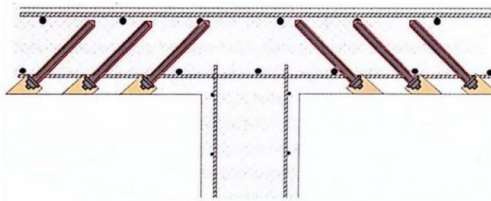
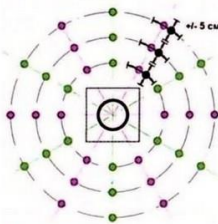


Рис. 2. Метод усиления от компании Hilti

Последовательность работ выглядит следующим образом: в начале необходимо подготовить отверстия в нижней части перекрытия под углом 45°. Необходимо точно выполнять эту работу, поскольку не точно пробуренные отверстия могут привести к обрушению. На рис. 3 показано расположение отверстий.



- 1-й этап
- 2-й этап
- 3-й этап: все остальные анкеры, попавшие на арматуру со смещением ± 5 см

Рис. 3. Схема расположения отверстий под анкера

Затем отверстие заполняется химическим составом и устанавливается анкер.

Усиление плиты перекрытия углеволокном.

Одним из самых лучших методов усиления железобетонных конструкций, в современное время считается углеволокно. Оно представляет из себя многослойный полимерный материал, состоящий из углеродных волокон, покрытых эпоксидной смолой.

Для увеличения несущей способности плит перекрытий используют метод накладки. Вдоль оси конструкции накладываются углеродные волокна. Помимо этого, для придания большей эффективности усиления перпендикулярно накладываются дополнительные поперечные слои. Порядок работ при усилении углеволокном выглядит следующим образом:

- очищают поверхность и обрабатывают грунтовкой;
- при помощи специального раствора выравнивают поверхность;
- после чего наносится первый слой клея и укладывается углеволокно;
- спустя 30 – 40 минут наносится второй слой клея;
- на завершающем этапе наносится защитное покрытие.

К достоинству использования углеволокна, можно отнести следующие:

- сохранение первоначального сечения;
- за счет не высокой массы не сильно изменяется вес конструкции;
- углеволокно не подвержено разрушению и коррозии;
- относительно невысокие финансовые затраты.

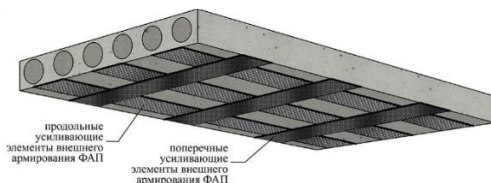


Рис. 4. Усиление плиты перекрытия углеволокном

Каждый из описанных выше методов, имеет свои преимущества и недостатки. Из условий эксплуатации здания и необходимой несущей способности определяют какой именно метод усиления необходимо применить. Помимо правильно выбранного метода укрепления необходимо четко соблюдать технологию выполнения работ и правильность проведения расчетов несущей способности. В конечном итоге, если правильно выбран метод усиления и соблюдена технология, несущая способность конструкции увеличится, вместе с этим способствует увеличению сроков эксплуатации всего здания.

Библиографический список

1. Меркулов С.И., Татаренков А.И., Стародубцев В.Г. Усиление железобетонных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2017. – № 4(992). – с. 41-43.
2. Пириев Ю. С. Реконструкция зданий и сооружений и усиление строительных конструкций при реконструкции // Белгород: Изд-во БГТУ им В.Г. Шухова. – 2018. 140 с.
3. Железобетонные и каменные конструкции: Учеб. для вузов/ Под ред. В.М. Бондаренко - М.: Высшая школа, 2002. - 876с.
4. Кочерженко В.В., Кочерженко А.В. Технология производства работ при реконструкции: Методические указания. – Белгород: Из-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017. 117 с.
5. Есипов С.М., Огнев Н.В., Карлина П.Г. Клеевые составы для внешнего армирования железобетонных конструкций / // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. 2017. № 12 С. 16-21.
6. Корсаков, Н.В. Анализ повреждений и видов усиления сжатых железобетонных конструкций / Корсаков Н.В. // В кн.: Конкурс научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета. Волгоград. 2021. с. 468-469.
7. Гроздов, В.Т. Усиление строительных конструкций при реставрации зданий и сооружений // СПб, 2005. 114 с.

АРМИРОВАННЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Писанная В.В., студент,

Руденко О.Л. ассистент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Использование стальной или композитной арматуры при армировании деревянных и клеенодеревянных конструкций (АДК) позволяет снизить влияние ползучести и дефектов, а также уменьшить расход материала и массу конструкции. В результате качество, прочность и надежность таких конструкций значительно улучшаются. С технологической точки зрения, использование АДК также повышает сборность конструкций, так как армирование облегчает установку узловых соединений и стыков ДК. Транспортировка, монтаж, ремонт и реконструкция действующих конструкций также становятся проще. Поэтому на данный момент очень актуально расширить область применения АДК, для чего необходимо провести испытания и эксперименты, направленные на понимание поведения ДК при нагрузке.

После проведения испытаний на сжатие древесины, можно сделать

вывод, что разрушение древесины происходит в результате нескольких отдельных процессов, приводящих к потере устойчивости отдельных столбов волокон. Эти столбы формируются на предыдущих стадиях нагружения и разрушения. В процессе деформации возникают «линии сдвига (скольжения)», где различные части образца сдвигаются друг относительно друга. На диаграмме «деформации-напряжения» можно наблюдать области временного упрочнения образца (рис. 1).



Рис. 1. Диаграмма «деформации-напряжения» при испытании на сжатие деревянной прямоугольной призмы размерами $20 \times 20 \times 30$ см

Причиной разрушения деревянного образца при осевом сжатии является нарушение внутренней целостности связей между волокнами, что приводит к появлению продольных трещин и отщеплению волокон друг от друга. На первом этапе времени можно наблюдать линейный характер, где напряжения только растут без видимых изменений формы. Перед разрушением диаграмма становится волнообразной, что приводит к разрушению слабых связей между структурными элементами, а затем происходит временное упрочнение образца. Окончательное разрушение происходит, когда отдельные столбы волокон теряют устойчивость.

Поскольку древесина является слоистым материалом, состоящим из множества составных частей, можно сделать следующий вывод: несущая способность древесины зависит от несущей способности ее волокон и связей на каждом уровне структуры. Армирование древесины позволит усилить ее несущую способность, не обращая внимания на низкую прочность волокон и связей.

Для повышения прочности древесно-композитных конструкций обычно применяют различные типы арматуры, такие как обычная и предварительно напряженная стальная арматура, композитная арматура, стеклоткань и углеволокно. Введение предварительно напряженной арматуры позволяет снизить деформативность конструкции в 2-8 раз по сравнению с немодифицированными конструкциями, но прочность при этом существенно снижается по сравнению с использованием ненапряженной арматуры при одинаковом проценте армирования. Кроме того, предварительное напряжение арматуры создает дополнительные сдвиговые усилия в древесине, которые, вместе с напряжениями, вызванными внешними нагрузками, приводят к преждевременному достижению предельных значений сдвиговых усилий в опорной зоне древесины и, в конечном счете, к разрушению от поперечных сил.

В областях повышенного изгибающего момента, стеклоткань и углеволокно обычно используются в прикрепленных зонах конструкции. Для соединения армирующих элементов с древесиной применяют разнообразные синтетические клеи, которые обеспечивают прочное соединение различных материалов.

Установлено, что армированные деревянные конструкции (АДК) обладают значительно большей несущей способностью в сравнении с непрочищенными аналогами (рис. 2).



Рис. 2. Внешнее армирование несущих деревянных конструкций композитной лентой

Экономический эффект от замены обычных конструкций на АДК достигается за счет сокращения расходов на древесину на 30–40 %, уменьшения монтажного веса на 2–20 % и снижения приведенных затрат

на 4–8 %. Прочность элементов АДК соответствует общим временным закономерностям изменения прочности древесины при длительной нагрузке. В ходе испытаний конструкций, подвергнутых длительной нагрузке в диапазоне 0,35–0,65 от предела временной прочности, были выявлены две области ползучести: затухающая и незатухающая. Нагрузка, которая разделяет эти области, определяет предел длительной прочности, оказывающийся в пределах от 0,5 до 0,7 предела временной прочности. При разрушении, арматура в АДК сохраняет сцепление с древесиной по всей длине, что обеспечивает конструкциям сопротивление нагрузке в течение продолжительного времени до 0,5-0,7 от разрушающей нагрузки за счет поддерживающего влияния арматуры и неповрежденной части древесины в сечении.

Армированные деревянные конструкции все равно подвержены коррозии: биологической, химической и возгоранию, поэтому необходима обработка древесины и армирующих элементов различными защитными покрытиями, чтобы защитить ДК от воздействия агрессивных сред.

В итоге можно сказать, что использование АДК уменьшает расход древесины в 1,5-2 раза, ускоряет процесс монтажа и транспортировки, а также уменьшает массу конструкций на 20-25 %. Чтобы повысить изгибную прочность и жесткость ДК, необходимо использовать армирующие элементы из высокомодульных материалов, таких как стальная арматура, углепластиковые холсты, стеклокомпозитная арматура и т. д. Использование таких конструкций в РФ является наиболее рациональным, поскольку 1/4 всех мировых запасов леса сосредоточено в России.

Библиографический список

1. Армирование как средство повышения несущей способности деревянных конструкций. Ивакин А.И., Иодчик А.А. Ответственный редактор Кравчук В.А., 2019, 257-260 с.
2. Армирование – эффективное средство повышения надежности и долговечности деревянных конструкций. Рошина С.И. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2008. №2. 12 с.
3. Экологические аспекты деревянного домостроения / С. И. Овсянников, И. Богданов, А. Федоренко // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: междунар. науч.-техн. конф. : сб. докл. (Белгород, 24-25 нояб. 2015 г.). - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. - Ч. II. - С. 236-241.
4. Армирующий материал для композиционных намоточных изделий / О. С. Татарничева, Н. Н. Ходакова // Строительные материалы. - 2004. - N 12. - С. 38-39.

5. Пособие по проектировании деревянных конструкций. – М.: Стройиздат, 1986. – 216 с.
6. Кавелин А.С., Тюнина А.Д., Нуриев В.Э., Колтакова В.А. Армирование деревянных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2019. – с. 142-145.

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ КАМЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

**Разумовский Д.В., магистрант,
Фролов Н.В., канд. техн. наук, доц.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Значительная часть каменных зданий, требующих реконструкции, относятся к историческим постройкам. Процесс длительной эксплуатации сопровождается накоплением различных повреждений и дефектов, одной из причин появления которых может служить и фактор старения элементов самого объекта. Поэтому подобные здания нередко нуждаются в восстановлении, и основной целью является предотвращение обрушения и контроль повреждений для обеспечения непрерывности эксплуатации.

В некоторых ситуациях несущие стены реконструируемых каменных зданий оказываются неспособными противостоять боковым или вертикальным нагрузкам в соответствии с действующими нормативными требованиями. Основными причинами такого рода последствий являются перенапряжение, непредвиденные разрушения, а также разрушение фундамента.

Эксплуатационная надежность длительно эксплуатируемых зданий значительно снижается. Так, в ходе реконструкции при восстановлении и усилении строительных конструкций объекта происходит увеличение нагрузок на основание, что приводит к необходимости усиления фундаментов. Данный процесс, как правило, является наиболее сложным и дорогостоящим, что, тем не менее, служит веской причиной для проведения тщательного исследования с целью определения характера и прочности грунта под нагрузкой. Визуальное наблюдение может быть проведено только путем выкапывания пробных отверстий через определенные промежутки по длине стены. Когда обнажается нижняя часть фундамента, можно увидеть состояние грунта и фундамента. Перед проведением обследования дефектов фундамента желательно иметь точные сведения о грунтах, имеющихся на участке [1].

Фундаменты каменных зданий могут быть усилены различными способами. Один из них - увеличение площади фундаментов для снижения нагрузки на основание, укрепление грунтового массива под фундаментом путем цементации или использования другого типа фундаментов мелкого и глубокого заложения.

Усиление и ремонт фундаментной конструкции может быть осуществлен путем укрепления существующей фундаментной конструкции или с помощью добавления новой. Особое внимание следует уделить включению существующих фундаментов в новую конструкцию фундамента таким образом, чтобы все части правильно функционировали вместе. Добавляемые элементы в процессе усиления конструкций фундаментов также должны быть соединены с существующими фундаментами. Выбор количества и размера дополнительных элементов зависит от особенностей существующей конструкции и функциональной схемы здания [2].

Стабилизация и укрепление несущего грунта под зданием может быть осуществлена несколькими методами, такими как инъекции цементационного раствора и укрепление грунта методами подсыпки. Модернизация фундамента с целью усиления может быть выполнена путем добавления железобетонной оболочки существующего (для увеличения площади опоры фундамента на грунт), либо установкой подпорных буроинъекционных свай (для передачи нагрузок от фундамента на несущий грунт большой мощности). Выбор метода стабилизации зависит от типа грунта, его характеристик и состояния, уровня заложения фундамента, уровня грунтовых вод, структурного состояния фундаментов, изменения функции здания и условий на участке, например, вибрации (рис. 1, 2).

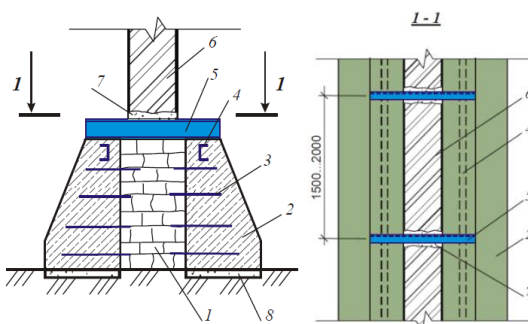


Рис. 1. Усиление фундаментов монолитными бетонными банкетами:
 1 – фундамент; 2 – монолитный бетонный банкет; 3 – анкера;
 4 – распределительная балка; 5 – опорная балка; 6 – стена; 7 – зачеканка
 цементно-песчаным раствором; 8 – основание

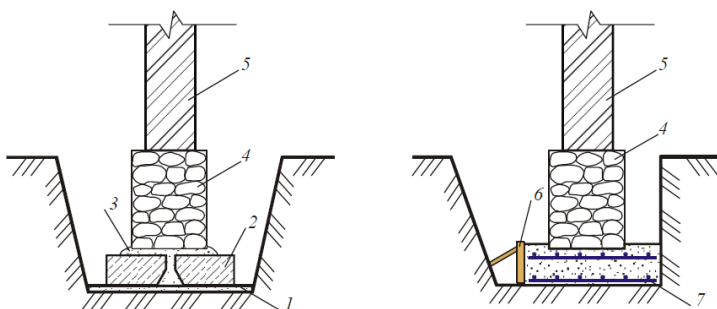


Рис. 2. Уширение подошвы фундамента: *а* – подводкой железобетонных плит; *б* – устройством монолитной железобетонной подушки: 1 – уплотненная грунтовая подготовка; 2 – железобетонные плиты; 3 – цементно-песчаный раствор; 4 – фундамент; 5 – стена; 6 – опалубка; 7 – арматурная сетка

Одним из наиболее частых подходов, используемых в последнее время для усиления фундаментов зданий, является метод буроинъекционных свай. Методология данного типа свай используется в двух основных областях: в качестве структурной поддержки и в качестве укрепления грунта. Таким образом, буроинъекционные сваи служат для укрепления, как фундаментов, так и грунта под фундаментом (рис. 3). Выбор метода укрепления зависит от типа грунта, глубины залегания фундамента, грунтовых вод, состояния грунта под подошвой фундамента, а также состояния участка. Этот способ усиления является наиболее рациональным для зданий на глинистых и слабых грунтах. Их применение позволяет производить работы по усилению фундамента без разработки траншей и нарушения структуры грунта в основании [3].

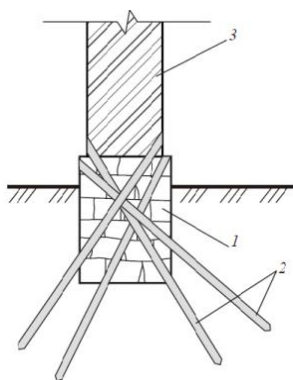


Рис. 3. Усиление фундаментов буроинъекционными сваями: 1 – фундамент; 2 – буроинъекционные сваи; 3 – стена

Буроинъекционные сваи используются во всем мире для различных целей под разными местными названиями, включая, мини-сваи, микросваи, штыревые сваи, корневые сваи и игольчатые сваи. Они широко используются для усиления существующих конструкций фундаментов, могут быть адаптированы для работы в местах с низким уровнем грунтовых вод и сильно ограниченным доступом.

Данные сваи могут выдерживать осевые и боковые нагрузки (при специальном обустройстве), а также служить в качестве одного из компонентов композитного массива грунта или быть заменой обычной сваи малого диаметра. Кроме того, буроинъекционные сваи устанавливаются методами, которые вызывают минимальное нарушение структуры почвы и окружающей среды. Это отличает их от аналогичных технологий, использующих ударную или взрывную энергию, или методы бурения, которые в некоторых случаях могут вызывать боковую декомпрессию грунта.

Использование буроинъекционных свай было представлено еще в Египте в 1990-х гг., когда возникла необходимость в усилении фундаментов исторических зданий и памятников. Впервые их применили в 1993 г. в Египте для реконструкции мечети Султана Эль-Гори. Затем они были использованы для реставрации мечети Аль-Азхар. Данный метод укрепления также был использован для укрепления египетских исторических зданий в Каире и в Верхнем Египте. Буроинъекционные сваи были спроектированы и установлены для поддержки бетонных фундаментов зданий, которые накренилось из-за наличия горизонтально неоднородных сжимаемых грунтов [4].

В особо сложных случаях усиления фундаментов при высокой деформируемости грунтов и наличии грунтовых вод, усложняющих процесс расширения или дальнейшего углубления фундаментов, нагрузки передаются на более твердые слои грунта путем переноса существующих фундаментов на выносные сваи (рис. 4).

Для усиления ленточных фундаментов такие сваи устанавливаются параллельными рядами с обеих сторон фундамента. Расстояние между сваями в поперечном направлении определяется шириной фундамента, а также удобством монтажа. При укреплении отдельных столбчатых фундаментов выносные сваи формируются группами в грунте. Нагрузки передаются на сваи через две боковые балки, между которыми удерживается фундамент реконструируемого здания и прижимаются сваи. Выносные сваи могут эффективно использоваться для укрепления фундаментов восстанавливаемых зданий, которые испытывают увеличение нагрузок [5].

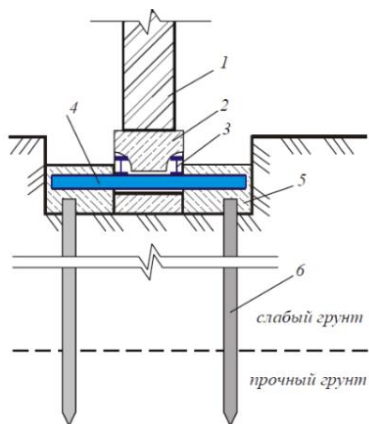


Рис. 4. Усиление фундаментов с помощью выносных свай:
 1 – стена; 2 – фундамент; 3 – продольная балка; 4 – поперечная балка;
 5 – железобетонный пояс (ростверк); 6 – сваи

При выборе того или иного способа усиления фундаментов необходимо, как правило, рассматривать несколько вариантов. Окончательный выбор осуществляется на основании сравнения по технико-экономическим показателям.

Библиографический список

1. Полищук А.И., Петухов А.А. Способы усиления фундаментов и строительных конструкций цокольной части реконструируемых, восстанавливаемых зданий // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2018. – № 1. – С. 42–51.
2. Пириев Ю.С. Методы усиления каменных конструкций и зданий / Ю. С. Пириев, С. Ю. Пириева // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2018. - №5. - С. 25-29.
3. Полищук А.И., Тарасов А.А. Оценка несущей способности инъекционных свай в слабых глинистых грунтах для фундаментов реконструируемых зданий // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2017. – № 1. – С. 21–26.
4. Bruce, D. A., DiMillio, A. F., and Juran, I., (1995). "Primer on Micropiles," Civil Engineering, Vol. 65, No 12, December, pp 51-54.
5. Коновалов П.А., Коновалов В.П. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во АСВ, 2011. - 384 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ РАЗЛИЧНОГО ПРОФИЛЯ В БАЛОЧНЫХ СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Серебряникова А.С., студент,
Кудряшова А.Р., студент,
Шешенев Н.В., ст. преп.

*Рязанский институт (филиал) Московского политехнического
университета, г. Рязань, Россия*

Балочная клетка представляет собой систему несущих балок одного или нескольких направлений, предназначенных для восприятия нагрузок и передачи их на колонны или стены. Балочные клетки применяют в рабочих площадках, покрытиях и перекрытиях зданий, в пролетных строениях мостов, в затворах гидротехнических сооружений и т.д. На балочную клетку укладывается стальной или железобетонный несущий настил [1].

Нормальный тип балочной системы составляют главные балки и балки настила, по которым укладывается сам настил. Балки настила проектируют, как правило, прокатными и устанавливают с шагом 0,6...1,6 м при стальном настиле [1].

В настоящее время в проектировании стальных строительных конструкций основным критерием выбора типа конструкции является минимальный расход металла. Однако далеко не всегда в таком случае конструкция будет иметь максимальную технологичность изготовления, монтажа и высокое качество, поэтому себестоимость конструкции с большим весом может оказаться меньше [5].

Целью данной работы является подбор наиболее эффективного сечения балки настила с точки зрения экономного расхода стали и технологичности изготовления и монтажа рассматриваемых профилей.

Рассмотрим балочную систему нормального типа со следующими исходными данными:

- тип здания – промышленное;
- пролет балок настила – 6 м, шаг – 1 м;
- материал балок настила – сталь С255.

На балку настила будут действовать следующие виды равномерно распределенной нагрузки:

- 1) собственный вес конструкции балки;
- 2) кратковременная снеговая нагрузка – $1,55 \text{ кН/м}^2$;
- 3) постоянная нагрузка от веса покрытия – расчет нагрузки представлен в табл. 1.

Таблица 1

Нагрузка от веса покрытия

Слой покрытия	Нагрузка, кН/м
Гидроизоляция – полимерная мембрана LOGICROOF V-RP, $\delta = 1,2$ мм	0,015
2 слой утеплителя – плиты теплоизоляционные LOGICPIR PROF Ф/Ф, $\delta = 50$ мм	0,016
1 слой утеплителя – плиты из каменной ваты ТЕХНОРУФ Н ПРРОФ, $\delta = 50$ мм	0,060
Пароизоляция – Паробарьер С А500, $\delta = 0,5$ мм	0,005
Стальной оцинкованный профилированный лист, $\delta = 75$ мм	0,112
Итого постоянная нагрузка от веса покрытия	0,208

В качестве эксперимента для балки настила принимаем профили двутаврового сечения, швеллер, трубы квадратного и круглого сечения с примерно одинаковыми площадями сечений и массами. Сечения выбранных профилей представлены на рис. 1.

Расчет произведем в программе SCAD. Цель расчета – для заданных сечений при заданной нагрузке определить максимальные прогибы балок, по результатам расчета сделать выводы об эффективности работы различных профилей под действием одинаковой нагрузки.

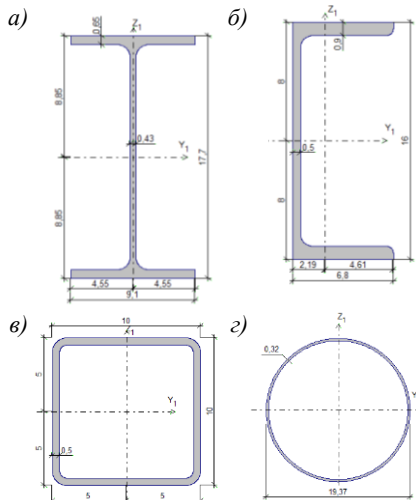


Рис. 1. Сечения профилей для проверки: а – двутавр 18Б1; б – швеллер 16аП; в – квадратная труба 100×5; г – круглая труба 193,7×3,2

Сопряжение балок – поэтажное, закрепление - шарнирное путем сварки или болтового соединения (рис. 2).

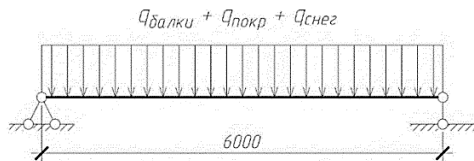


Рис. 2. Расчетная схема балки настила

Результаты расчета представлены в виде табл. 2.

Таблица 2

Максимальные прогибы сечений

№ п/п	Форма сечения	Рассматриваемое сечение	Масса, кг/м	Площадь сечения, см ²	Максимальный прогиб, мм
1	Двутавр	18Б1	15,37	19,58	19,62
2	Швеллер	16аП	15,31	19,50	25,22
3	Труба квадратная	100×5	14,92	19,00	72,68
4	Труба круглая	193,7×3,2	15,03	19,15	23,97

Таким образом, самым эффективным сечением балки настила в данном случае является двутавр. Прогибы балок из других профилей гораздо больше: у швеллера – на 29 % (при массе, меньшей на 1 %), у квадратной трубы – на 270 % (при массе, меньшей на 3 %) и у круглой трубы – на 22 % (при массе, меньшей на 2 %).

Как видно из расчета, двутавровая балка обладает несомненным преимуществом в виде минимальных прогибов. Также данный вид профиля обладает высокой прочностью и жесткостью, что позволяет сэкономить на расходе металла для балочной клетки. Однако балки других типов сечения обладают своими преимуществами.

Основная особенность швеллера – несовпадение главной оси инерции со стенкой. Из-за этого такой вид балок работает при косом изгибе лучше, чем двутавр, что позволяет активнее использовать именно швеллерные балки при значительных уклонах кровли.

Достаточно распространенными являются балки настила, выполненные из профилированных труб прямоугольного (квадратного) или круглого сечения. Они также имеют свои преимущества. Например, профилированные трубы выглядят более эстетично, чем швеллер или же двутавровая балка. Прочность таких балок настила легко регулировать, используя при монтаже трубы с различной толщиной стенки [4].

Профилированные трубы круглого сечения обладают интересной особенностью – из-за круглого сечения нагрузка распределяется равномерно по всей окружности независимо от того, с какой стороны

будет воздействие усилия на изгиб. Один из недостатков круглых труб – сложность закрепления, однако закрепление самих балок и других конструкций к ним можно производить с любой стороны [2]. Стоит отметить, что производство профилированных труб круглого сечения проще, чем прямоугольного и квадратного сечения.

Из рассматриваемых сечений хуже всего с нагрузкой справилось сечение квадратной трубы, максимальный прогиб которого единственный превысил предельный прогиб балки – 30 мм. Несмотря на это данный вид балок имеет большое количество преимуществ, с которыми стоит считаться при проектировании балочных клеток. Главное преимущество – наличие плоских граней.

Плоские грани профилированной трубы обеспечивают ей отличную эргономику, которая так ценится в строительстве. Эти профили замкнутого сечения устойчиво стыкуются с любыми конструктивными элементами, их очень удобно прокладывать по несущим плоскостям. Профильные трубы занимают минимум места возле основы, не образуют мертвых зон в каркасах. В них удобно вкручивать самонарезные винты, они легко обшиваются листовыми материалами [3].

Квадратное сечение имеет логистическое преимущество, так как продукция подобной формы легко складывается и более компактна при транспортировке, она занимает минимум объема. Вследствие этого происходит значительная экономия на транспортировке и складировании.

Прямоугольные и квадратные трубы наименее трудоемки при дальнейшей отделке (грунтовке, покраске), что позволяет значительно сократить количество расходуемого материала и время на обработку. Подобная металлопродукция, например, по сравнению с двутавровой балкой или швеллером, не имеет труднодоступных для обработки зон, что положительно сказывается на коррозионной устойчивости собранного изделия [4].

Таким образом, двутавровая балка, имея преимущества по прочности, жесткости и прогибам (более чем на 20 %), не всегда может оказаться наиболее экономически, эстетически и конструктивно выгодным решением. Совокупность положительных и отрицательных сторон, присущих каждому из рассматриваемых сечений балок, позволяет проектировщику выбирать наиболее подходящий вариант профиля исходя из конструктивных особенностей сооружения и требований заказчика.

Библиографический список

1. Абашева, Л.П. Расчет стальных балочных клеток: учеб. пособие / Л.П. Абашева, М.Н. Кочепанова. – Пермь: Изд-во перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012 – 3 с.

2. Круглая металлическая труба как основа несущей конструкции. - URL: <https://ntpz.ru/stati/kruglaya-metallicheskaya-truba-kak-osnova-nesushchey-konstruktsii/> (дата обращения: 17.03.2024)

3. Технологические преимущества профильных труб. - URL: <https://mega27.ru/blog/sta/tekhnologicheskie-preimushchestva-profilnykh-trub/> (дата обращения: 17.03.2024)

4. Труба квадратного сечения: преимущества и недостатки. - URL: <https://k-svarka.com/blogs/truba/2011530305-truba-kvadratnogo-secheniya-preimushchestva-i-nedostatki/> (дата обращения: 17.03.2024)

5. Ульшин А.Н. Алгоритм повышения технологичности изготовления и монтажа проектного конструктивного решения стальной стержневой конструкции // Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом/Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. Новосибирск, 2015. С. 78-81.

ДЕФОРМАТИВНОСТЬ БАЛОК С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ ПРИ ИЗГИБЕ

**Солодов Н.В., канд. техн. наук, доц.,
Рябокоть И.Р., аспирант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Одной из основных характеристик балок является жесткость при изгибе. В продолжение исследований балки усовершенствованного сечения [1-3], в данной статье произведено сравнение балок различного конструктивного исполнения при работе на изгиб. Предполагается, что сечение балки с поясами коробчатого сечения и стенкой из гофрированного листа будет обладать сопоставимыми изгибными жесткостными характеристиками по сравнению с балкой традиционной компоновки [4-6].

В рамках исследования, в данной статье были приняты образцы балок с различным сочетанием профиля стенки и сечений поясов. Расстояние между центрами тяжести поясов образцов составляет 400 мм, длина каждой балки равна 4008 мм.

Для численного моделирования выбраны следующие сечения балок (для образцов принята маркировка ОБ):

– образец ОБ1 – пояса из листов толщиной 8 мм и шириной 120 мм, стенка из плоского листа толщиной 1,5 мм с установленными по ней поперечными ребрами жесткости толщиной 4мм и шириной 58 мм;

– образец ОБ2 – пояса из ГНЗ 100×60×4, стенка плоская из листа толщиной 1 мм с установленными по ней поперечными ребрами жесткости толщиной 2 мм и 4 мм, шириной 48 мм;

– образец ОБ3 – пояса из плоских листов толщиной 8 мм и шириной

120 мм, гофрированная стенка толщиной 1,5 мм с треугольной формой гофра (шаг гофра 110 мм, высота гофра 50 мм) и установленными в местах приложения сосредоточенной нагрузки поперечными ребрами жесткости толщиной 4 мм, шириной 58 мм;

– образец ОБ4 – пояса из ГНЗ 100×60×4, гофрированная стенка толщиной 1 мм с треугольной формой гофра (шаг гофра 110 мм, высота гофра 50 мм) и установленными в местах приложения сосредоточенной нагрузки поперечными ребрами жесткости толщиной 4 мм, шириной 48 мм;

– образец ОБ5 – пояса из ГНЗ 100×60×4, гофрированная стенка толщиной 1 мм с треугольной формой гофра (шаг гофра 110 мм, высота гофра 50 мм) без поперечных ребер жесткости. Общий вид образцов представлен на рис. 1.

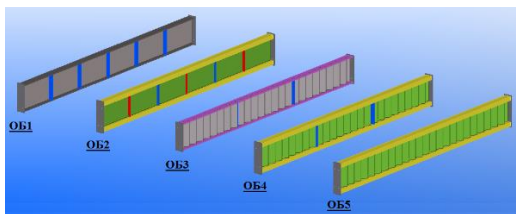


Рис. 1. Общий вид образцов ОБ 1-5

Для получения эквивалентных жесткостных параметров образцы численно исследованы в программном комплексе Ansys Workbench 2022 R1. Балки приняты однопролетными, шарнирно закрепленными. Изополю перемещений образца ОБ5 по оси Z представлены на рис. 2.

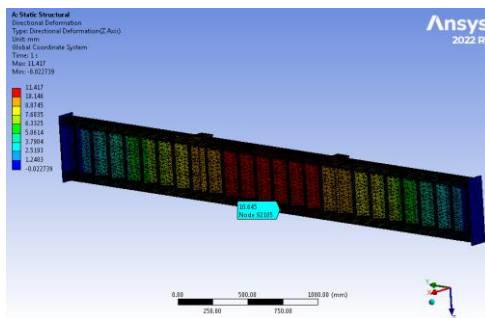


Рис. 2. Образец ОБ5 с изополями перемещений по оси Z

В результате численного эксперимента получены вертикальные перемещения узлов сетки конечных элементов балки в середине пролета. Значения прогибов представлены в табл. 1, где, а – маркировка образца; б – величина прогиба в миллиметрах; в – масса образца в килограммах.

Таблица 1

Величины прогиба и массы образцов

a	ОБ1	ОБ2	ОБ3	ОБ4	ОБ5
б	8.91	8.392	10.365	10.435	10.646
в	93	97.1	90.6	98.2	96.1

Численный эксперимент предусматривает работу образцов в упругой стадии. К образцам приложены две сосредоточенные нагрузки величиной по 6 тонн в третях пролета балки, при этом пролет составляет 4008 мм. Для образцов выполним переход к эквивалентной жесткости образца на изгиб, которая найдена по величине прогиба и представлена в виде произведения модуля упругости E и эквивалентного момента инерции I . Значения эквивалентной жесткости отобразены в табл. 2, где a – маркировка образца; b – $E \cdot I$, т·м².

Таблица 2

Эквивалентная жесткость образцов при изгибе

a	ОБ1	ОБ2	ОБ3	ОБ4	ОБ5
б	1529	1624	1314	1306	1280

Для корректного сравнения образцов найдена удельная эквивалентная жесткость при изгибе как отношение эквивалентной жесткости к массе образца. Данная удельная эквивалентная жесткость представлена в Таблице 3, где, a – маркировка образца; b – удельная эквивалентная изгибная жесткость образца $E \cdot I/m$. Относительная удельная эквивалентная жесткость каждого образца, выраженная через отношение к образцу ОБ1, отобразена в табл. 3, строка в.

Таблица 3

Параметры изгибной жесткости для сравнения образцов

a	ОБ1	ОБ2	ОБ3	ОБ4	ОБ5
б	16.44	16.72	14.51	13.30	13.32
в	1	1.017	0.882	0.808	0.810

Анализ и сравнение жесткостей образцов выполним в порядке возрастания их нумерации:

– образец ОБ1, который представляет собой традиционную двутавровую балку, показал высокий результат, который принят за базу для общего сравнения и равен единице;

– образец ОБ2 имеет наилучший результат среди исследуемых балок, из чего можно заключить, что применение пояса из ГНЗ повышает изгибную жесткость балки примерно на 2 %;

– образец ОБ3 продемонстрировал, что стенка из гофрированного листа несколько снижает жесткость балки на изгиб, которая, в соответствии с приведенными расчетами, оказалась на 11,7 % меньше

относительно жесткости ОБ1, ввиду меньшей способности стенки из гофрированного листа сопротивляться изгибу балки. Это обстоятельство также отмечают авторы [7, 8];

– в образце ОБ4 уменьшение жесткости балки составило 19,1 % относительно жесткости ОБ1 и на 8,4 % меньше жесткости образца ОБ3. Это является результатом одновременного влияния особенностей геометрии поперечного сечения образца – поясов из ГНЗ и гофрированной стенки;

– образец ОБ5 показал результат практически идентичный образцу ОБ4. При этом отметим, что балка усовершенствованной конструкции эффективно воспринимает сосредоточенную нагрузку даже без установки поперечных ребер жесткости. Вид узла образца ОБ5 в деформированном состоянии, с изополями напряжений узлов сетки конечных элементов, показан на рис. 3.

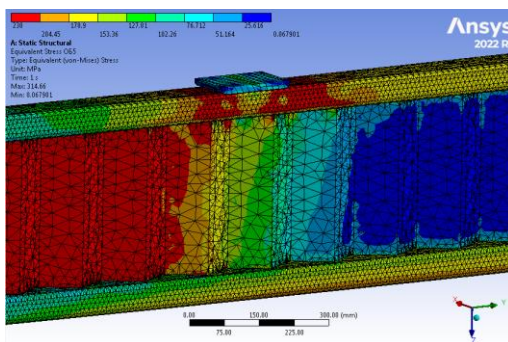


Рис. 3. Фрагмент балки ОБ5 в месте приложения нагрузки с изополями напряжений по Мизесу

В целом, в результате выполненного численного эксперимента первоначальное предположение подтвердилось: образец ОБ5 с поясами из ГНЗ и гофрированной стенкой показал сопоставимую изгибную жесткость относительно традиционной двутавровой балки. По результатам исследования также получена количественная оценка влияния на металлоемкость и изгибную жесткость опытных образцов ряда их конструктивных особенностей (форма сечения пояса, гофрирование стенки, наличие или отсутствие вертикальных ребер жесткости).

Библиографический список

1. Саиян С. Г., Паушкин А. Г. Численное параметрическое исследование напряженно-деформированного состояния двутавровых балок с различными типами гофрированных стенок // Вестник МГСУ. – 2021. – Т. 16. – №. 6. – С. 676-687.

2. Шляхин Д. А., Лукин А. О. Анализ работы гофрированной стенки упругой балки при изгибе // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2017. – Т. 17. – №. 5. – С. 184-188.

3. Солодов Н. В., Усов К. А., Ечин В. А. Анализ работы балки с гофрированной стенкой и поясами из ЗГСП // ZBORNÍK RADOVA. – 2017. – С. 131-133.

4. Соловьев А. В. и др. Учет особенностей работы балок с гофрированной стенкой в расчетах на стесненное кручение // Вестник МГСУ. – 2012. – №. 11. – С. 105-112.

5. Солодов Н. В. Двутавровая балка с поясами из ЗГСП и гофрированной стенкой // Вестник БГТУ им. ВГ Шухова. – 2022. – №. 4. – С. 75-81.

6. Пат. 175354 U1, Российская Федерация, МПК E04C 3/07. Металлическая двутавровая балка с гофрированной стенкой / Н.В. Солодов, В.А. Ечин. № 2017125573; заявл. 17.07.2017; опубл. 01.12.2017.

7. ВОРОНОВ С. Ю. Особенности работы балок с гофрированной стенкой // Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций. – 2018. – С. 112-116. Восприятие стенкой нормальных напряжений.

8. Зубков В. А., Лукин А. О. Экспериментальные исследования влияния технологических и конструкционных параметров на несущую способность металлических балок с гофрированной стенкой // Вестник МГСУ. – 2013. – №. 2. – С. 37-46.

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ МЕТОД УСКОРЕНИЯ ХЛОРИДНОЙ КОРРОЗИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,

Амелин П.А., ассистент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Конструкции морских сооружений, мостов и паркингов, станций обеззараживания, резервуаров, некоторых химических предприятий, большинства монолитных зданий, строящихся в зимний период, подвергаются постоянному воздействию хлоридосодержащих агрессивных сред [1-4].

Натурные обследования зданий и сооружений, подверженных интенсивному влиянию хлоридной среды, показывают, что без проведения защитных мер срок достижения в них предельного состояния составляет от 30 до 45 лет, что меньше прогнозируемого срока службы конструкций в нормальных условиях [5].

Достигая нормативного максимального значения концентрации в

количестве 0,4 % от массы вяжущего (цемента), хлориды способны вызвать коррозию бетона и арматуры. Особо опасен данный вид агрессивной среды для стальной арматуры. Хлориды также являются веществами, способствующими развитию коррозии арматуры в бетоне. При низких концентрациях они способны нарушить пассивные пленки на поверхности стали в щелочной среде. Хлорид-ионы конкурируют с кислородом за доступ к абсорбционным или фазовым слоям, что затрудняет процесс растворения железа и вызывает разрушение пассивного слоя, начиная язвенную коррозию стали [6].

В рамках работы [7] исследовались механические характеристики арматурной стали класса А400 (А-III) диаметром 8 мм, находящихся в растянутой зоне железобетонной балки, подверженной влиянию хлоридной агрессивной среды (1 % HCl) в течение 180, 360, 540 и 720 сут. В результате были определены такие показатели, как относительное удлинение после разрыва эталонного образца и образца после воздействия агрессивной среды $\Delta l_{хл}/\Delta l_{эт}$, временное сопротивление эталонного образца и образца после воздействия агрессивной среды $\sigma_{и,хл}$, $\sigma_{и,эт}$ и потеря поперечного сечения арматуры в % (табл. 1).

Таблица 1

Изменение механических характеристик арматурной стали

Время, сут	$\sigma_{и,хл}/\sigma_{и,эт}$	$\Delta l_{хл}/\Delta l_{эт}$	Потеря площади сечения, %
180	0,97	0,91	2,5
360	0,99	0,80	5,5
540	0,97	0,90	11,6
720	0,96	1,09	17,0

Значительная потеря площади сечения арматуры, которая позволила получить результаты о снижении несущей способности элемента до достижения предельного состояния, наблюдалась от 540 сут. Такая длительность не позволяет учитывать многофакторность проведения эксперимента.

В работах [8-12] одним из возможных способов ускорения коррозии железобетона указан гальванический метод, который заключается в одновременном воздействии на элемент раствора хлорида в качестве электролита и электрического многоканального источника.

С целью подтверждения достоверности описанного метода был проведен эксперимент на железобетонных балках из бетона В15 длиной 1270 мм. Геометрические характеристики и схема армирования указаны на рис. 1.

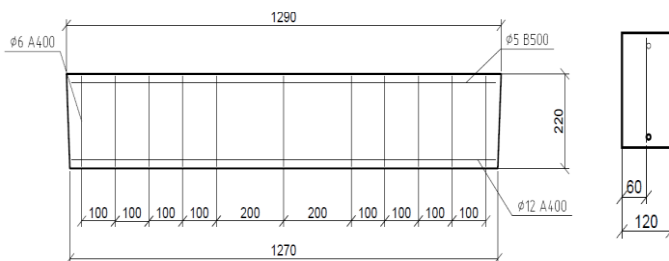


Рис. 1. Конструкция установки для проведения электрохимической коррозии

В рамках эксперимента проводилось испытание двух серий железобетонных элементов. К первой серии относились контрольные образцы (БК-1...БК-3), не подверженные влиянию агрессивной среды. Результаты испытаний представлены в табл. 2. Разрушение контрольных образцов произошло в сжатой зоне, что указывает на некоторое переармирование сечения.

Таблица 2

Результаты испытаний контрольных балок

Марка балки	Разрушающий момент M_{ult} , кН·м	Средний разрушающий момент $M_{cp,ult}$, кН·м
БК-1	13,8	14
БК-2	14,3	
БК-3	14	

Для проведения эксперимента была разработана и собрана ванна из композитных материалов, в которой боковые грани выполнены из оргстекла для наглядности и визуального осмотра при проведении испытания, остальные грани – из поливинилхлорида. С целью реалистичного протекания коррозии элемент был предварительно нагружен до 30 % от разрушающей нагрузки до необходимого раскрытия трещин в растянутой зоне величиной 0,3 мм.

В качестве электролита был принят 5 % раствор NaCl. Уровень раствора в ванне был выбран с целью полного погружения защитного слоя бетона и растянутой арматуры. Направление тока было организовано таким образом, что основная арматурная сталь служила анодом, а продольные подвески и стремена – катодом (рис. 2).

Через арматуру пропускали постоянный ток плотностью 2 мА/см. Эта плотность тока была принята на основе предварительных испытаний для обеспечения желаемого уровня коррозии в разумные сроки. Каждая степень коррозии была выбрана так, чтобы обеспечить заранее определенное процентное уменьшение диаметра продольного стержня (исключая изогнутую часть) в течение определенного периода времени.

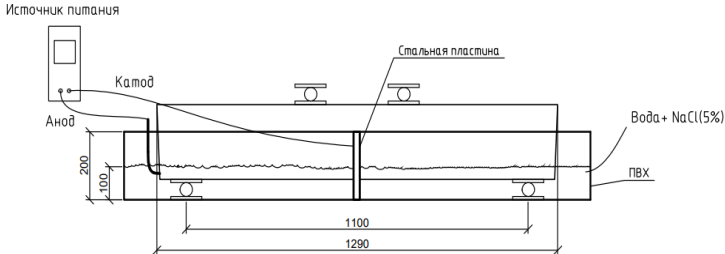


Рис. 2. Схема подключения элемента к источнику питания

Согласно проведенным конструктивным расчетам балка потеряет 40 % своей несущей способности при уменьшении локального диаметра арматуры с 12 до 8 мм. С учетом закона Фарадея и скорости уменьшения диаметра стержня арматуры за установленный период достижение данной степени коррозии планировалось по истечению 32 сут. Конструкция установки для проведения электрохимической коррозии представлена на рис. 3.

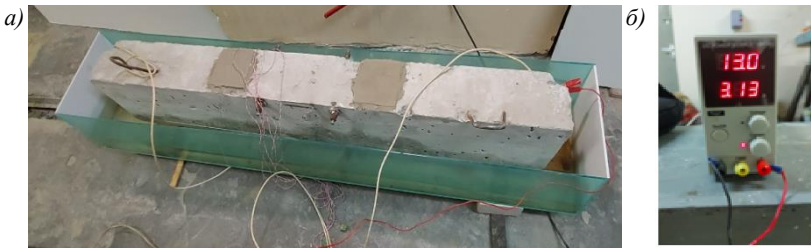


Рис. 3. Конструкция установки для проведения электрохимической коррозии: а – ванна; б – источник питания

Взаимосвязь между плотностью тока коррозии и площади арматуры, потерянного в результате коррозии, определялась с помощью закона Фарадея:

$$\omega = AitZF = AaitZF = a\delta\gamma, \quad (1)$$

где ω – потеря веса из-за коррозии, г; A – атомный вес, г (для железа – 56 г); I – электрический ток, А; t – время, с; Z – валентность железа, равная 2; F – постоянная Фарадея, Кл, равная 96 500; a – площадь поверхности арматуры до коррозии, см; δ – потери материала, см; γ – плотность материала, г/см³ (для стали – 7,86 г/см³); i – плотность тока коррозии, А/см².

Преобразуя (1) и подставив значения величин согласно [12], получаем зависимость:

$$\delta = \frac{(56)(i)(365)(24)(60)(60)(2)(96500)}{(7,86)} = 1165(i) \text{ см/год}, \quad (2)$$

Например, при плотности тока коррозии $i = 2 \text{ мА/см}$, величина потери материала составляла $2,33 \text{ см/год}$. Если в железобетонной конструкции период коррозии после ее возникновения составляет T лет, то, соответственно, степень уменьшения диаметра стержня за T лет равен:

$$\Delta d = \left(\frac{2\delta T}{\phi} \right) \cdot (100), \% \quad (3)$$

Спустя 32 сут железобетонные элементы были отключены от источника питания и установлены на испытательном стенде нижней боковой гранью вниз. На нижней грани элементов были обнаружены ярко выраженные продукты коррозии высотой 6-8 см, в месте предполагаемого расположения растянутой арматуры (рис. 4).



Рис. 4. Внешний вид нижней грани железобетонного элемента после 32 сут нахождения в агрессивной среде с использованием источника питания

После наружного осмотра коррозионных повреждений локально был вскрыт защитный слой железобетонных элементов для оценки повреждений арматуры растянутой зоны (рис. 5). Анализ визуального осмотра показал изменение профиля арматуры, ребра жесткости в части, соприкасавшейся с агрессивной средой, практически отсутствовали.



Рис. 5. Внешний вид арматуры растянутой зоны после 32 сут нахождения в агрессивной среде с использованием источника питания

Далее элементы были установлены растянутой гранью вниз и испытаны с доведением их до разрушения. Шаг нагружения составлял 5 % от разрушающей нагрузки. Результаты испытаний представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты испытаний поврежденных балок

Марка балки	Разрушающий момент M_{ult} , кН·м	Средний разрушающий момент $M_{cp,ult}$, кН·м
БП-1	8,6	8,68
БП-2	8,72	
БП-3	8,72	

Разрушение элемента произошло в середине пролета при нагрузке, составляющей в среднем 62 % от максимальной нагрузки контрольных образцов (рис. 6).



Рис. 6. Внешний вид железобетонного элемента после разрушения

Разрушение произошло вследствие достижения в арматуре предела временного сопротивления и разрыва в наиболее поврежденном сечении.

После проведения испытания из тела бетона были изъятые поврежденные арматурные стержни с целью определения фактической площади поперечного сечения с помощью штангенциркуля согласно ГОСТ 166 (рис. 7).

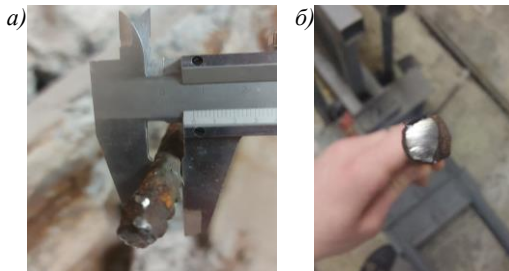


Рис. 7. Определение фактической площади поперечного сечения с помощью штангенциркуля: а – замер диаметра стержня; б – вид поперечного сечения проржавленного стержня

Фактический диаметр арматуры составил 8,1 мм, что подтверждает

результаты, полученные из зависимостей (1)-(3). Достижение такой степени повреждения стальной арматуры без применения гальванического метода в условиях нахождения элемента в 1 % НС1 произошло бы спустя 5-6 лет.

Таким образом, в исследовании экспериментально был изучен гальванический метод ускорения процессов коррозии железобетонных элементов. Получены параметры гальванизации, необходимые для управляемой скорости повреждения железобетонных изгибаемых элементов. Проанализирована степень повреждения арматуры и характер разрушения элементов, поврежденных под влиянием хлоридной агрессивной среды.

Библиографический список

1. Римшин В.И., Кустикова Ю.О., Котельников Д.Н. Аналитическая оценка силового сопротивления железобетона, поврежденного коррозионными воздействиями // Вестник Мордовского университета. 2005. Т. 15. № 1-2. С. 149-153.

2. Амелин, П. А. Основные особенности коррозии арматуры в железобетонных элементах // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. С. 1760-1765.

3. Сулейманова, Л. А., Амелин П. А. Развитие процессов коррозии железобетона в условиях хлоридной агрессивной среды // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. Том 1. С. 131-135.

4. Петров В.В., Овчинников И.Г., Шихов Ю.М. Расчет элементов конструкций, взаимодействующих с агрессивной средой. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. 1987. – 288 с

5. Чирков, В.П. Прикладные методы теории надежности в расчетах строительных конструкций: Учебное пособие / В. П. Чирков. – М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2006. – 620 с.

6. Розенталь Н.К., Степанова В.Ф., Чехний Г.В. Бетоны высокой коррозионной стойкости и нормирование их характеристик // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2017. – № 3-4(218-219). – С. 14-19.

7. Попеско А. И. Работоспособность железобетонных конструкций, подверженных коррозии / А. И. Попеско. - СПб.: СПб гос. архит.-строит, ун-т, 1996. – 182 с.

8. Тамразян А.Г., Сайед Й.А.К. Влияние коррозии на поведение железобетонных балок // Безопасность строительного фонда России.

Проблемы и решения: материалы Международных академических чтений. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга». – 2021. – С. 241-249.

9. Zhang R., Castel A., François R. Serviceability Limit State criteria based on steel-concrete bond loss for corroded reinforced concrete in chloride environment // Materials and Structures. 2009. Vol. 42(10) P. 1407-1421.

10. Han S.J., Joo H.E., Choi S.H., Heo I., Kim K.S., Seo S.Y. Experimental study on shear capacity of reinforced concrete beams with corroded longitudinal reinforcement // Materials. 2019. Vol. 12(5).

11. Ye H., Fu C., Jin N., Jin X. Performance of reinforced concrete beams corroded under sustained service loads: A comparative study of two accelerated corrosion // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 162. P. 286-297.

12. Mangat P.S., Elgarf M.S. Bond characteristics of corroding reinforcement in concrete beams // Materials and Structures. 1999. Vol. 32(2). P. 89-97.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ЯЧЕИСТОБЕТОННОЙ КЛАДКИ НА ПОЛИУРЕТАНОВОМ КЛЕЮ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,

Есипов С.М., канд. техн. наук, доц.,

Се Дн, аспирант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Кладка стен из ячеистобетонных изделий является в настоящее время одной из наиболее актуальных технологий жилищного домостроения на территории Российской Федерации [1-3].

Кладка из ячеистобетонных блоков обладает относительно небольшой теплопроводностью по сравнению с аналогами из номенклатуры конструктивно-теплоизоляционных изделий, что предопределяет их высокую эффективность в качестве базиса однослойных наружных стен зданий. При возведении стен из ячеистобетонных элементов требуется применение в качестве кладочных цементных растворов классические цементно-песчаные растворы, либо тонкослойные цементные клеи без наполнителей (мелких заполнителей). Наличие цементных или цементно-песчаных швов в кладке образует так называемые мостики холода [4-5], поскольку теплопроводность цементных растворов $0,93 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$, значительно выше теплопроводности ячеистого бетона марок по плотности $D400...D500 - 0,15 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$. Таким образом, швы кладки вызывают потери тепловой энергии, которые при использовании тонкослойных цементных клеев могут достигать до 10 %, а при использовании цементно-песчаных растворов – до 30 %

дополнительных затрат тепловой энергии по сравнению с массивом из ячеистого бетона [3, 4]. Все эти дополнительные потери энергии приводят к необходимости увеличения расчетной мощности системы отопления и, как следствие, к увеличению расхода в здании тепловой энергии на отопление в течение отопительного периода.

Одной из возможностей повышения теплоизоляционных свойств кладки из ячеистобетонных блоков является использование в качестве заполнителя швов однокомпонентных полиуретановых клеев.

Использование полиуретанового клея в кладке обеспечивает надежность конструкции за счет прочного соединения ячеистобетонных блоков между собой и к поверхности стены. Прочность кладки на полиуретановых швах при растяжении и при изгибе параллельно и перпендикулярно горизонтальным швам на 40 % выше прочности кладки на обычных минеральных растворах [8].

Однако полиуретановый клей обладает низкой сдвиговой жесткостью, снижая трещиностойкость кладки, это и ограничивает применение данного заполнителя шва, позволяя использовать его только при устройстве ненесущих стен зданий. Разработаны энергоэффективные кладки стен из ячеистобетонных блоков, позволяющие снизить деформативность ограждающей конструкции на полиуретановом клею за счет устройства фиксаторов в виде стеклокомпозитных стержней в вертикальные швы кладки и непосредственно в блоки [9, 10].

Однако, вопросы влияния материала и толщины шва на прочность кладки при сжатии требуют дополнительных исследований.

Для решения данного вопроса были проведены теоретические и практические исследования, заключающиеся в предварительном теоретическом обосновании и экспериментальном подтверждении гипотезы о повышении несущей способности простенков из ячеистобетонных блоков на полиуретановом (ПУ) клею по сравнению с простенками с цементно-песчаным раствором. В качестве стартовой программы исследований рассматривались исключительно случаи центрального сжатия коротких (гибкость по вертикали менее 10) простенков кратковременной нагрузкой до стадий трещинообразования и разрушения.

Прочностные испытания фрагментов кладки из ячеистобетонных блоков на цементно-песчаном растворе (ЦПР) и ПУ-клею проводились на поверенном оборудовании испытательной лаборатории БГТУ им. В.Г. Шухова. Исследования прочности кладки из ячеистобетонных блоков производились на образцах размером (Д×В×Ш): 405×306×100 мм для ПУ и размером (Д×В×Ш): 410×310×100 мм для ЦПР.

Для кладки образцов применялись следующие материалы:

– изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения, выпускаемые в соответствии с требованиями

ГОСТ 31360 [1] со следующими физико-механическими и геометрическими характеристиками: марка по плотности $D500$; класс по прочности на сжатие $B3,5$; размер блоков ($Д \times В \times Ш$): $200 \times 100 \times 100$ мм;
 – однокомпонентный полиуретановый клей;
 – цементно-песчаный раствор М25.

Перед началом испытаний образцы на ПУ клею выдерживались в стандартных условиях ($t_{int} = 20 \pm 2$ °С, $\phi_{int} = 50 \pm 5\%$) в течение 3 сут, на ЦПР – в течение 28 сут.

Испытание образцов на сжатие производилось на испытательном прессе ИП-100 по стандартной методике. Деформации каждого образца измерялись индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм, встроенным в пресс. Общий вид проведения испытаний приведен на рис. 1.



Рис. 1. Испытание образца кладки с ПУ швом

Всего было испытано по 3 фрагмента кладки с каждым из клеевых составов. Результаты испытания фрагментов на прочность при сжатии представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытания кладки на прочность при сжатии

Номер образца	Материал шва	Нагрузка, кН		Напряжение, мПа	
		Трещины	Разрушение	Трещины	Разрушение
1ц	ЦПР	24,3	70,0	0,59	1,7
2ц	ЦПР	23,9	66,3	0,58	1,61
3ц	ЦПР	20,6	65,5	0,5	1,6
Среднее				0,56	1,64
1п	ПУ	26,8	81,2	0,66	2
2п	ПУ	28,1	82,5	0,69	2,03
3п	ПУ	28,0	78,6	0,69	1,94
Среднее				0,68	1,99

В силу того, что деформативность полиуретанового клея достаточно высока, трещинообразование в кладке возникает задолго (30-35 %) до потери несущей способности. Так происходит, потому что излишняя деформативность горизонтальных швов заставляет кладку блоков из ячеистого бетона работать помимо сжатия, еще и на изгиб. В результате на участке упругих деформаций вплоть до разрушения происходит интенсивное трещинообразование. Основная ориентация трещин кладки – вертикальная. Образцы после испытаний приведены на рис. 2 и 3.



Рис. 2. Образец кладки на ЦПР после разрушения



Рис. 3. Образец кладки на ПУ клею после разрушения

Полученные значения нормативной прочности существенно отличаются – рост показателя для образцов кладки на ПУ клею составил 19,2 %, что имеет хорошую сходимость с интервалом 0...30 %, указанным в п. 2 примечаний к таблице 9.1 [11].

Таким образом, использование полиуретанового клея для ячеистобетонной кладки повышает ее несущую способность на центральное сжатие при кратковременном нагружении на 19,2 %. При этом повышается трещиностойкость на 17,6 %. В число вопросов, необходимых для исследования входит проведение испытаний с длительным нагружением и приложением внецентренно сжимающей нагрузки как основных факторов действительной работы при использовании ячеистобетонной кладки как конструктивно-теплоизоляционного материала наружных стен. Необходимо теоретически обосновать прирост несущей способности при замене материала шва с помощью коррелирующих коэффициентов, учитывающих жесткость и толщину кладочных швов.

Библиографический список

1. ГОСТ 31360-2007. Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения. Технические условия, 2007. 12 с.
2. Левченко В.Н., Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России. История, современность, перспективы // Научно-практическая конференция «Современное производство автоклавного газобетона»: сборник докладов. Под ред. научно-технического совета Национальной Ассоциации Производителей Автоклавного Газобетона. Санкт-Петербург, 2011. С. 5–9.
3. Горшков А.С., Gladких А.А. Влияние растворных швов кладки на параметры теплотехнической однородности стен из газобетона // Инженерно-строительный журнал. 2010. №3. С. 39-42.
4. Руководство по теплотехническому расчету наружных стеновых конструкций жилых и общественных зданий с применением изделия из ячеистого бетона автоклавного твердения в Российской Федерации. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 40 с.
5. Деркач В.Н., Орлович Р.Б. Трещиностойкость каменных перегородок // Жилищное строительство. 2012. No8. С. 34-37.
6. Jager A., Kuhlemann C., Habian E., Kasa M., Lu S. Verklebung von Planziegelmauerwerk mit Poliurethangleben // Mauerwerk. 2011. Vol. 15. No.4. Pp. 223–231.
7. Graubohm M., Brameshuber W. Investigations on the gluing of masonry units with polyurethane adhesive // 8th International Masonry Conference 2010. Dresden, 2010.
8. Schloeglmann, K.H. Long-Term Behavior of PUR-Glued Clay Block Masonry. // Proceedings of the 14th International Brick and Block Masonry Conference, Sydney, 17 – 20 February 2008. Callaghan: University of Newcastle, 2008.
9. Патент РФ на полезную модель № 2020126437, 05.08.2020. Кладка стен из ячеистобетонных блоков с их фиксацией // Патент России № 200967. 2020. Бюл. № 32. / Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Коломацкий А.С., Сулейманов К.А., Монко Д., Кулагов В.А.
10. Патент РФ на полезную модель № 2019141142, 11.12.2019. Энергоэффективная кладка стен из ячеистобетонных блоков // Патент России № 196502. 2019. Бюл. № 7. / Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Коломацкий А.С., Погорелова И.А., Марушко М.В., Баженова О.О.
11. СТО НААГ 3.1-2013 Конструкции с применением автоклавного газобетона в строительстве зданий и сооружений. Правила проектирования и строительства, 2013. 175 с.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРНЫХ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ АНТЕННО-МАЧТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

**Тарануха Н.Л., д-р экон. наук., проф.,
Новиков М.Ю., аспирант**

*Ижевский государственный технический
университет им. М.Т. Калашикова, г. Ижевск, Россия*

Услуги мобильной связи и беспроводного Интернета предоставляются населению посредством использования различных видов антенно-мачтовых сооружений сотовой связи, предназначенных для установки передающего и принимающего радиосигнал оборудования [1]. Срок службы для таких сооружений имеет прямую зависимость от технического состояния опоры. В связи с этим и во исполнение требований Федерального закона №384-ФЗ [2] проводятся обследования текущего технического состояния конструкций антенно-мачтовых сооружений. Периодичность плановых, а также причины внеплановых технических обследований приводятся в Инструкции по эксплуатации антенных сооружений радиорелейных линий связи [3]. Для этого собственники опор (как правило, это сотовые операторы) обращаются к специализированным подрядным организациям. В свою очередь последние в ходе визуального и инструментального обследования выявляют степень физического износа, дефекты и повреждения, выполняют расчет конструкций и дают заключение о возможности их дальнейшей эксплуатации.

В рамках проводимого исследования авторами были проведены обследования в общей сложности 30 решетчатых и сплошностенчатых опор сотовой связи, расположенных на территории Удмуртской республики. Особое внимание уделялось выявлению возможных дефектов и повреждений, таких как: наличие коррозии, трещин, местных деформаций в конструктивных элементах; состояние сварных швов (непровары, коррозия); неудовлетворительное состояние болтовых соединений (отсутствие маркировок, слабая степень затяжки); отклонение конструкции от вертикального положения (определение крена); состояние опорных узлов крепления конструкции к фундаменту; натяжение и отклонение оси оттяжек от вертикали.

По результатам обследований авторами была сформирована таблица с указанием частоты случаев и причин возникновения дефектов и повреждений.

**Дефекты и повреждения конструкций
антенно-мачтовых сооружений сотовой связи**

№	Дефекты и повреждения	Возможные причины возникновения	Количество выявленных случаев от общего числа, %
1	Коррозия конструкции	- нарушение лакокрасочного покрытия при транспортировке и (или) монтаже - отслоение лакокрасочного покрытия - нанесение защитного слоя без грунтовки - агрессивная среда	77
2	Местная деформация элементов	- чрезмерная нагрузка от установленного технологического оборудования - попадание влаги и образование льда внутри замкнутых трубчатых элементов	7
3	Трещины, разрывы	- усталость металла - применение некачественного металла - повреждения при транспортировке и (или) монтаже	3
4	Некачественное выполнение сварных соединений	- непровары, прожоги, шлаковые включения во время производства	23
5	Некачественное выполнение болтовых соединений	- ослабление болтов - несоответствие класса прочности установленных болтов требованиям рабочей документации и строительных правил	31
6	Отклонение оси от вертикали выше нормы, крен	- неравномерность осадок фундамента - чрезмерная нагрузка от оборудования - несимметричная установка оборудования - ошибки при проектировании фундамента	60
7	Слабое натяжение оттяжек мачт	- сильные порывы ветра - отсутствие плановых проверок натяжения	27
8	Нарушение гидроизоляции фундамента	- некачественный гидроизоляционный материал - нарушение технологии производства работ	20

Коррозионные повреждения металла встречаются чаще всего (в 77 % случаев). Стоит отметить, что в результате сплошной поверхностной коррозии возрастают напряжения в элементах конструкции вследствие уменьшения площади их поперечного сечения.

Это необходимо учитывать при расчете антенно-мачтовых сооружений на несущую способность. Для этого в расчетной схеме следует выбрать элемент и уменьшить сечение до нужного значения, которое для каждого случая будет отличаться в зависимости от степени поражения участка коррозией. Также существует и местная коррозия, которая к дополнению уменьшения сечения является концентратором напряжений. Особенно интенсивно коррозия развивается в щелях, местах соединения фланцев и в области крепления кабелей к стволу опоры.

В связи с большим количеством элементов в решетчатых конструкциях, к части из которых затруднен доступ, не удастся провести качественную подготовку поверхности и окраску их во время эксплуатации. В результате уже через 2 года после восстановления лакокрасочного покрытия оно разрушается и процесс коррозии продолжается.

Деформации элементов антенно-мачтовых сооружений встречаются значительно реже и были выявлены у 2 из 30 обследуемых опор. В основном им подвержены элементы решетки (раскосы) при большом расстоянии между точками крепления, однако встречается также и вспучивание поясов из труб, представленное на рис. 1. Данное повреждение возникло в результате попадания внутрь воды с последующим образованием льда ввиду отсутствия в элементе дренажных отверстий [4]. При деформациях элементов конструкции необходимо проводить усиление [5].



Рис. 1. Деформация пояса мачты с нарушением лакокрасочного покрытия

Редким видом повреждений являются трещины (3 % случаев). Они представляют большую угрозу, способную вызвать обрушение конструкции.

Дефекты сварных соединений, встречающиеся в 23 % случаев, проявляются в виде малой высоты катетов шва и непроваров, являются концентраторами напряжений и представляют опасность при воздействии на сооружение пульсационных динамических нагрузок от порывов ветра.

Дефекты болтовых соединений, на долю которых приходится 31 % случаев, в основном заключаются в слабом натяжении болтов, отсутствии на них маркировок, шайб и контргайк, что приведено на рис. 2. На ряде опор используются болты класса прочности ниже требуемого, а во фланцевых соединениях в нарушение п. 5.7 СП 16.13330.2017 [6] не применяются высокопрочные болты.



Рис. 2. Отсутствие контргайки и шайбы под шляпкой болта в местах соединения раскосов и поясов мачты

Распространено явление горизонтального отклонения ствола опоры от вертикальной оси, которое было выявлено при обследовании у 18 из 30 опор. Повреждение такого вида вызывает дополнительный момент, который может привести к потере устойчивости. Преимущественно ему подвержены сплошностенчатые антенно-мачтовые сооружения (железобетонные и металлические стойки-столбы с надстройками либо площадками обслуживания для размещения антенно-фидерного оборудования и опоры двойного назначения). При проведении геодезических измерений классических решетчатых сооружений (башни и мачты) отклонения имелись, но лишь у 10 % от общего количества проверяемых сооружений выходили за границы допуска, указанного в п 4.20.14 СП 70.13330.2012 [7].

В ходе обследования опор сотовой связи с оттяжками (мачт) часто встречающимся повреждением (в 27 % случаев) является их слабое натяжение, что значительно увеличивает усилия в элементах конструкции, приводит к снижению первой собственной частоты колебаний, повышая при этом вероятность появления резонансов и, как

следствие, возникновения и развития аварийных ситуаций [8].

К повреждениям фундамента (встречается в 20 % случаев) относится нарушение гидроизоляции, приведенное на рис. 3. Оно происходит при несоблюдении правил производства гидроизоляционных работ, применении некачественных или нестойких к природным воздействиям гидроизоляционных материалов.



Рис. 3. Отсутствие гидроизоляции фундамента башни

Таким образом, в ходе проведения обследований были выявлены и классифицированы характерные дефекты и повреждения конструкций антенно-мачтовых сооружений сотовой связи на территории Удмуртской республики с частотой их появления, к наиболее часто встречающимся из которых можно отнести: локальные повреждения коррозией и нарушение лакокрасочного покрытия элементов опор, крены, дефекты сварных и болтовых соединений, а также слабое натяжение оттяжек мачт. Указанные явления, несомненно, снижают долговечность, несущую способность и эксплуатационную надежность сооружений связи, а при определенных случаях могут приводить к аварийным ситуациям. За счет влияния дефектов и повреждений происходит перераспределение усилий в несущих конструкциях, уменьшается жесткость, возникают горизонтальные и вертикальные перемещения [9].

Результаты, полученные в ходе обследования, позволяют оценить возможность дальнейшей безопасной эксплуатации опоры сотовой связи и служат информационной базой для составления расчетной схемы в вычислительных программных комплексах при проведении расчетов несущей способности, а в дальнейшем могут использоваться при разработке проекта по усилению конструкции.

Библиографический список

1. Тарануха, Н.Л. Повышение эффективности проектирования антенно-мачтовых сооружений сотовой связи на основе оценки конструктивных решений / Н.Л. Тарануха, М.Ю. Новиков. – Текст: электронный // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2023. Т.26, №1. С. 84-90.

2. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон № 384-ФЗ: текст с изменениями на 2 июля 2013 года: [принят Государственной Думой 23 декабря 2009 года: одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года]. – М.: Центрмг, 2023. – 40с. – Текст: непосредственный.

3. Инструкция по эксплуатации металлических антенных опор радиочастотных и радиотелевизионных передающих станций: Утв. М-вом связи СССР 23.04.80. [Взамен "Инструкции по эксплуатации металлических антенных опор радиочастотных", утв. Минсвязи СССР в 1967 г.2. – Москва: Радио и связь, 1983. - 43 с.: ил.; 20 см. – Текст: электронный.

4. Закурдаева, О.Н. Повреждаемость антенно-мачтовых сооружений сотовой связи / О.Н. Закурдаева, А.В. Голиков. – Текст: электронный // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2018. - №4 (67). – С. 72-85.

5. Голиков, А.В. Метод усиления решетчатых башен / А.В. Голиков, В.А. Терновой, В.В. Габова. – Текст: электронный // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. – 2022. - № 1 (86). – С. 18-32.

6. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*» (с Поправками, с Изменениями N 1-5). – М.: Стандартинформ, 2017.

7. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87» (с Изменениями N 1, 3-6). – М.: Госстрой, ФАУ «ФЦС», 2013.

8. Доронин, С.В. Модальный анализ и динамические характеристики мачтовых конструкций с дефектами и повреждениями / С.В. Доронин, Д.В. Косолапов. – Текст: электронный // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. – 2011. С. 25-28.

9. Губанов, В.В. Анализ конструктивных решений и технического состояния мачт сотовой связи / В.В. Губанов, И.В. Межинская. – Текст: электронный // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2011. - №4. – С. 225-235.

БАЛКА НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ ПРИ СИЛОВОМ И ТЕМПЕРАТУРНОМ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Юрьев А.Г., д-р техн. наук, проф.,
Смоляго Н.А., канд. техн. наук, доц.,
Панченко Л.А., канд. техн. наук, доц.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Физическая модель балки на упругом основании при силовом и температурном воздействиях используется в промышленном, гражданском и дорожном строительстве при проектировании конструкций, опирающихся на грунтовое основание.

Для основания используется модель с двумя коэффициентами k и k_1 , отражающими податливость грунта в вертикальном и горизонтальном направлениях, проявляющуюся в вертикальном ($v_{осн}$) и горизонтального ($u_{осн}$) перемещениях [1]. Реакция основания (отпор) $q_{верт}$ и $q_{гор}$ равномерно распределяется по нижней поверхности балки шириной b , так что

$$q_{верт} = -kbv_{осн}, \quad q_{гор} = -k_1bu_{осн}. \quad (1)$$

Перемещения нижней поверхности балки представим в виде:

$$v_б = v, \quad u_б = u - \frac{h}{2} \frac{dv}{dx}, \quad (2)$$

где v и u – перемещения оси балки; h – ее высота.

Используем условия контакта балки и основания: $v_б = v_{осн}$, $u_б = u_{осн}$ и, обращаясь к уравнениям (2), представим уравнения (1) в виде:

$$q_{верт} = -kbv, \quad q_{гор} = -k_1b \left(u - \frac{h}{2} \frac{dv}{dx} \right). \quad (3)$$

Перенос нагрузки $q_{гор}$ на ось балки сопровождается распределенный изгибающий момент:

$$m = k_1b \frac{h}{2} \left(\frac{h}{2} \frac{dv}{dx} - u \right). \quad (4)$$

Вводя выражения (3) и (4) в дифференциальное уравнение изгиба балки, получаем уравнение:

$$EI \frac{d^4v}{dx^4} = q + q_{верт} + \frac{dm}{dx} + \frac{d^2M_t}{dx^2}, \quad (5)$$

где E – модуль продольной упругости; I – момент инерции поперечного сечения; M_t – изгибающий момент от температурного воздействия; q – распределенная внешняя нагрузка.

Учитывая выражение (4), приводим уравнение (5) к виду:

$$EI \frac{d^4v}{dx^4} - k_1b \frac{h^2}{4} \frac{d^2v}{dx^2} + kbv = q + \frac{EI\alpha}{h} \frac{d^2\Delta T}{dx^2} - k_1b \frac{h}{2} \frac{du}{dx}, \quad (6)$$

где ΔT – разность температур между нижней и верхней поверхностями балки, α – коэффициент температурного расширения.

В уравнении (6), как правило, пренебрегают последним членом, поскольку при небольших нагрузках горизонтальные перемещения незначительны. Если предположить, что высота сечения балки мала по сравнению с ее длиной, то в левой части уравнения (6) можно пренебречь вторым слагаемым. В таком случае имеем уравнение:

$$EI \frac{d^4 v}{dx^4} + kbv = q + \frac{EI\alpha}{h} \frac{d^2 \Delta T}{dx^2}. \quad (7)$$

Для его решения можно использовать метод конечных разностей. На рис. 1 представлена конечно-разностная схема при замене кривой линии на ломаную.

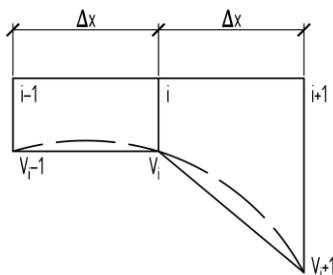


Рис. 1. Конечно-разностная схема

Центральные конечные разности представляются в следующем виде [2]:

$$\frac{d^4 v}{dx^4} = \frac{v_{i-2} - 4v_{i-1} + 6v_i - 4v_{i+1} + v_{i+2}}{\Delta x^4}, \quad (8)$$

$$\frac{\Delta^2(\Delta T)}{\Delta x^2} = \frac{(\Delta T)_{i-1} - 2(\Delta T)_i + (\Delta T)_{i+1}}{\Delta x^2}. \quad (9)$$

В балке с поперечной неоднородностью материала нейтральная ось z смещается относительно центральной оси \bar{z} на величину e [3].

Для ее определения используется условие равенства нулю продольной силы в сечении, т.е.

$$\int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} E(\bar{y})k(\bar{y} - e)bd\bar{y} = 0, \quad (10)$$

где k – кривизна, приближенное значение которой не зависит от \bar{y} . Таким образом,

$$e = \frac{\int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} E(\bar{y})\bar{y}d\bar{y}}{\int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} E(\bar{y})d\bar{y}}. \quad (11)$$

Ведя отсчет ординат y от нейтральной оси, в формулу (5) вместо величины EI вводим

$$B = \int_{\left(-\frac{h}{2}\right)+e}^{\left(\frac{h}{2}\right)+e} E(y)y^2 dy. \quad (12)$$

Примером слоистой конструкции является фибробетонная балка (высотой h и с модулем E_b), подкреплённая композитной полосой (толщиной t и с модулем E_t), материал которой имеет достаточную прочность на растяжение [4, 5]. В этом случае

$$e = -0,5E_t t(h+t)[E_b h + E_t(h+t)]^{-1}, \quad (13)$$

а жёсткость на изгиб имеет вид:

$$B = \frac{b}{3} \left[E_b h \left(\frac{h^2}{4} + 3e^2 \right) + E_t \left(\frac{3}{4} h^2 t + \frac{3}{2} h t^2 + t^3 - 3h t e \right) \right]. \quad (14)$$

После решения уравнения (7) методом конечных разностей и вычисления момента M_z по конечно-разностной формуле можно записать

$$k = \frac{M_z}{B} \quad (15)$$

и представить напряжения в фибробетоне (σ_{xb}) и полосе (σ_{xt}) в виде:

$$\sigma_{xb} = E_b k y, \quad (16)$$

$$\sigma_{xt} = E_t k y. \quad (17)$$

Для обеспечения условий прочности фибробетона выбираются тип волокна, его диаметр и длина, процент армирования, а для полосы тип композита.

При значительных температурных деформациях продольные силы в балке определяются из дифференциального уравнения для горизонтальных перемещений.

Библиографический список

1. Юрьев А.Г. Изотропные балки с несимметричной поперечной неоднородностью на упругом основании при силовом и температурном воздействиях // Актуальные проблемы проектирования и устройства оснований и фундаментов зданий и сооружений: матер. 3-й Междунар. науч.- практ. конф. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2004. С. 233-236.
2. Кончковский З. Плиты. Статические расчёты / Пер. с пол. М.В. Предтеченского; Под ред. А.И. Цейтлина. М.: Стройиздат, 1984. 480 с.
3. Юрьев А.Г., Смоляго Н.А. Изгиб пластинок переменной жёсткости на упругом основании // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1978, №10. С. 44-47.
4. Панченко Л.А. Железобетонные балки с полосами из полимеров, армированных волокнами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. №3. С. 20-22.
5. Панченко Л.А. Строительные конструкции с волокнистыми композитами. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 184 с.

ОТ КОСОГО ИЗГИБА К ПРЯМОМУ – ЧЕРЕЗ ФОРМУ СЕЧЕНИЯ БРУСА

Юрьев А.Г., д-р техн. наук, проф.,
Зинькова В.А., канд. техн. наук, доц.,
Яковлев О.А., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Проблема распространения материи связана с категориями функции и формы. Функция есть отношение двух (группы) объектов, в котором изменению одного из них сопутствует изменение другого. Термин «форма» связан с понятием структуры. В узком смысле он означает внешний вид, очертания предмета; форма оказывается, как бы промежуточным звеном между структурой и пространством.

Во взаимоотношении функции и формы функция представляет собой подвижную, динамическую сторону целого, а форма сохраняет систему устойчивых связей предмета. Возникающее несоответствие функции и формы, в конечном счете, разрешается отклонением старой и принятием новой формы, адекватной разившейся функции.

Любая несущая конструкция должна быть едина в конструктивном и функциональном плане. В связи с этим при определенном строительном материале его несущая способность всецело является зависимой от выбранной формы. Этот принцип проектирования выдающийся итальянский инженер и архитектор П. Нерви назвал «сопротивляемостью по форме».

Сказанное выше можно проследить на явлении косоугольного изгиба в механике деформируемого твердого тела, являющейся теоретической основой создания рациональных строительных конструкций.

Косой изгиб представляет собой общий случай изгиба, когда плоскость действия момента отклоняется от главной оси инерции сечения бруса. Он присущ, в частности, прогону покрытия здания или сооружения (рис. 1).

Представив косой изгиб бруса моментом M как его совместный изгиб моментами $M_z = M \cos \beta$ и $M_y = M \sin \beta$, выразим нормальное напряжение формулой:

$$\Sigma = \frac{M_z}{I_z} y + \frac{M_y}{I_y} z, \quad (1)$$

где I_z и I_y – моменты инерции сечения относительно осей z и y соответственно.

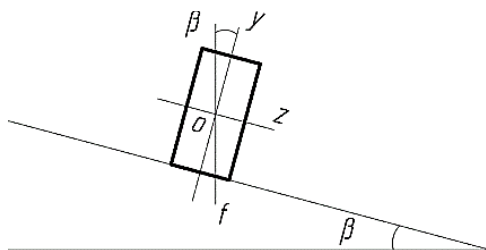


Рис. 1. Прогон покрытия: f – след силовой плоскости; z, y – главные центральные оси инерции сечения

Силовая плоскость проходит через II и IV квадранты системы координат zOy , где и наблюдаются экстремальные напряжения. Естественно, задачей инженера является рациональное расположение материала, соответствующее интенсивности силового поля. Примем предположение об одинаковой прочности материала относительно растягивающих и сжимающих напряжений.

Начало решения этой проблемы положено в 70-е гг. XX в. [1-3]. Однако результаты исследований имели ограниченное практическое применение, поскольку в их основу был положен бытовавший тогда критерий минимума веса (объема) материала. Его интерпретация выходила за рамки вариационных принципов механики деформируемого твердого тела, имеющих энергетическое содержание.

Унификации подхода к анализу и синтезу деформируемых систем способствовали вариационные принципы синтеза несущих конструкций, функциональное пространство которых расширяется за счет функций конфигурации и модулей материала [4].

При решении поставленной задачи определения формы сечения бруса методологически обоснованным является принятие дополнительного условия постоянства объема бруса, а при чистом изгибе – площади его поперечного сечения (изопериметрическая задача).

Вариационные принципы синтеза несущих конструкций предусматривают абсолютный минимум по перемещениям системы, находящейся в устойчивом равновесии. Это происходит в момент трансформации косоугольного изгиба в прямой изгиб, когда след силовой плоскости f (см. рис. 1) совпадает с главной осью инерции сечения, определяемой традиционно углом α_0 по отношению к оси z , т.е. $\alpha_0 = \beta$, или в функциональном представлении:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \operatorname{tg} 2\beta. \quad (2)$$

Рассмотрим сечения, приближенные к стандартным профилям, предназначенным для восприятия изгиба (рис. 2).

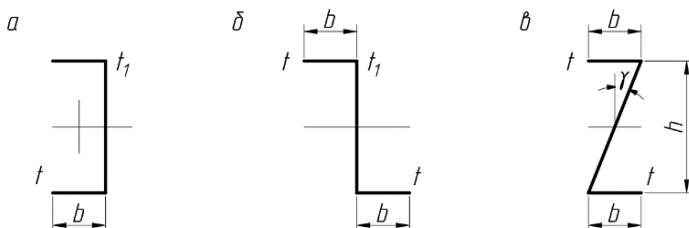


Рис. 2. Профили поперечного сечения бруса:
 t – толщина полки, t_1 – толщина стенки

В численных примерах приняты размеры: $b=11,2$ см; $t=2,5$ см; $h=20$ см; $t_1=3,3$ см. В профиле на рис. 2, ϵ длина и толщина стенки зависят от угла γ . Площадь поперечного сечения во всех случаях составляет 122 см^2 .

В табл. 1 представлены главные центральные моменты инерции I_u и I_v и модули экстремальных напряжений σ_s [5,6] при $\beta = 30^\circ$ и $\gamma = 7^\circ 30'$.

Таблица 1

Главные центральные моменты инерции и модули экстремальных напряжений

Профиль сечения (рис. 2)	$I_u, \text{см}^4$	$I_v, \text{см}^4$	$\beta - \alpha_0$	σ_s
<i>a</i>	6517	2224	30°	$3,4 \cdot 10^{-3} M$
<i>б</i>	9051	1055	$3^\circ 40'$	$1,3 \cdot 10^{-3} M$
<i>в</i>	8091	2857	0	$0,72 \cdot 10^{-3} M$

Из табл. 1 видно, что при переходе от швеллера к Z-овому профилю с вертикальной стенкой модуль экстремального напряжения уменьшается в 2,6 раза. Это происходит в результате того, что силовая плоскость значительно приближается к главной плоскости бруса: угол между ними равен $3^\circ 40'$.

Стремление к логическому завершению трансформации косоугольного изгиба в прямой приводит к рассмотрению Z-ового профиля с наклонной стенкой (рис. 2, *в*). По существу, это переход от

качественного преобразования формы сечения к количественному – изменению его параметров, а именно длины и толщины стенки, что вызывает ее смещение. Из условия (2) вытекает трансцендентное уравнение, решение которого определяет это смещение: $\gamma = 7^{\circ}30'$.

Модуль экстремального напряжения оказывается в 1,8 раза меньше, чем в случае Z-ового профиля с вертикальной стенкой.

В заключение отметим, что предложенное решение обозначенной проблемы синхронно идее «обволакивания» материей силового поля, имеющей обоснование с позиции биомеханики [7].

Библиографический список

1. Фрайман Ф.К. Оптимальное проектирование тонкостенной балки коробчатого сечения при косом изгибе // Прикл. механика. 1971. №11. С. 96-104.

2. Почтман Ю.М. К вопросу о выборе оптимальной формы сечений при косом изгибе // Известия вузов. Машиностроение. 1972. №2. С. 9–12.

3. Софронов Ю.А. Об оптимальной форме поперечного сечения балки при косом изгибе // Тр. Казан. авиац. ин-та. Вып. 189. 1975. С. 36–42.

4. Юрьев А.Г. Вариационные принципы строительной механики. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2002. 90 с.

5. Юрьев А.Г., Толбатов А.А., Смоляго Н.А., Яковлев О.А. Рациональное сечение бруса при косом изгибе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 11. С. 60–63. DOI: 10.12737/article_5a001ab28c24b0.04912816.

6. Юрьев А. Г., Зинькова В. А. Нелинейные задачи косоугольного изгиба // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2023. №. 11. С. 37-45. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-11-37-45.

7. Roux W. Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen. Bd. 1-2. Leipzig, 1895.

НАПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

ПРОБЛЕМАТИКА УЧЕТА ОБЪЕМНОГО ФАКТОРА СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РАСЧЕТЕ В ПК

Есипов С.М., канд. техн. наук, доц.,

Родина Э.Е., магистрант,

Алескеров В.В. студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

В настоящее время проектирование многоэтажных и высотных зданий из монолитного железобетона базируется на рамно-связевой конструктивной схеме, позволяющей в известной степени обеспечить «живучесть» здания в случае прогрессирующего (лавинообразного) разрушения, в отличие от сборного каркаса [1]. Поэтому наиболее распространено именно монолитное строительство, от этого и возникает необходимость изучения создания правильных информационных моделей здания. В рамках расчета зданий и сооружений возникает потребность в понимании, как моделировать конструкцию так, чтобы полученные значения были наиболее приближены к реально возникающим в них моментах.

При конечно-элементном моделировании изгибаемых железобетонных конструкций обычно используют подход, основанный на представлении бетона двумерными или трехмерными конечными элементами (КЭ), построение которых базируется на принципах теории упругости [2].

Изучая вопрос введения колонны не стержневым элементом, а объемным элементом [3], которым она и является в действительности. Практическая польза от данного варианта расчета конструкции, снижение приопорных моментов и как следствие уменьшение максимальных моментов дает возможность рациональнее подбирать рабочую арматуру в конструкциях.

На данный момент есть несколько вариантов моделирования узла стыка монолитной колонны и плиты перекрытия монолитного железобетонного каркасного здания, однако каждый из методов даст разные значения при сравнении их между собой, что говорит о необходимости поиска наиболее оптимального и верного с точки зрения возникающих усилий метода. Изучая абсолютно жесткие тела [4], приходим к выводу об эффективности введения дополнительных элементов в расчетную схему для учета объемного фактора колонны, так как это приводит к снижению

значений возникающих моментов и приведение их к более реальным.

Для выполнения сравнительного анализа более эффективного метода учета объемной составляющей колонны был принят расчетный комплекс ПК ЛИРА 10.12 R2.2 отечественного производства. Программа дает возможность производить расчеты методом конечных элементов.

Принимаем конструктивную схему безбалочного монолитного каркаса из колонн и перекрытий. Размеры перекрытия $6 \times 6 \times 0,2$ м, размеры колонн $3 \times 0,4 \times 0,4$ м. Бетон задаем тяжелый, класса В25 [5]. Вводим распределенную нагрузку на плиту перекрытия со значением 5 кН/м^2 . Разбиение конечных элементов путем триангуляции модели ведется на элементы с размером $0,1$ м.

Сравнение будет между тремя схемами:

- 1) схема без применения дополнительных манипуляций в узле примыкания колонны и плиты перекрытия;
- 2) схема с использованием абсолютно жестких тел (АЖТ) вводимых по контуру реальных геометрических размеров колонны;
- 3) схема с использованием уникального метода учета реальных геометрических размеров конструкций от программного комплекса ЛИРА 10.12, называемая «согласование сетей».

Рассматривая общий вид полученных моментов на рис. 1-7, уже можно сделать вывод о том, как сильно отличаются эпюры между собой.

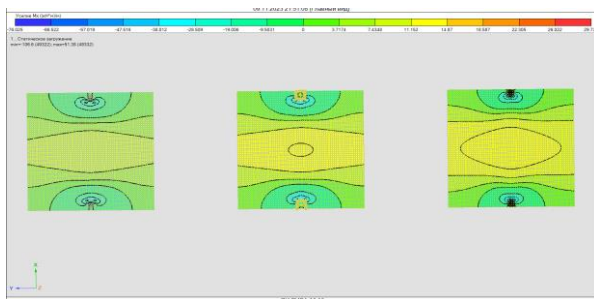


Рис. 1. Общий вид момента M_x по плитам перекрытий

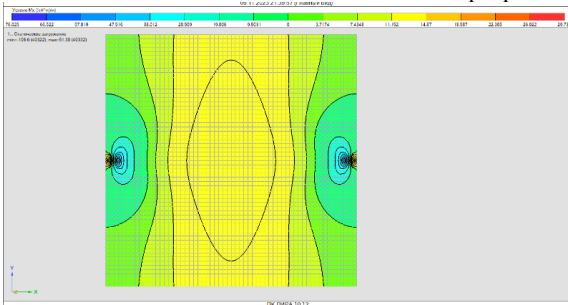


Рис. 2. Момент M_x по плите перекрытия без дополнительных функций

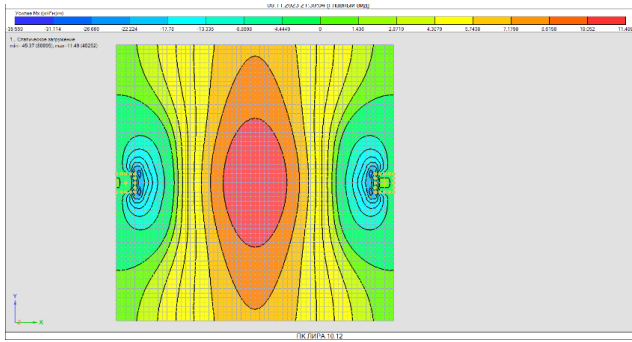


Рис. 3. Момент M_x по плите перекрытия с использованием АЖТ

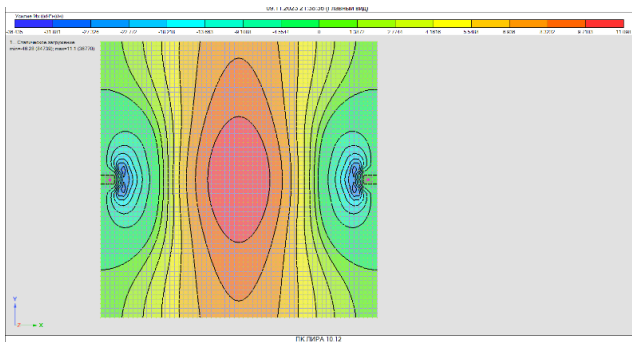


Рис. 4. Момент M_x по плите перекрытия с использованием согласования сетей

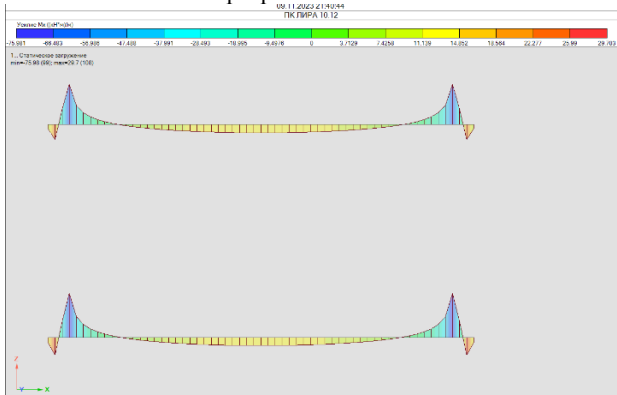


Рис. 5. Момент M_x по плите перекрытия с без дополнительных функций

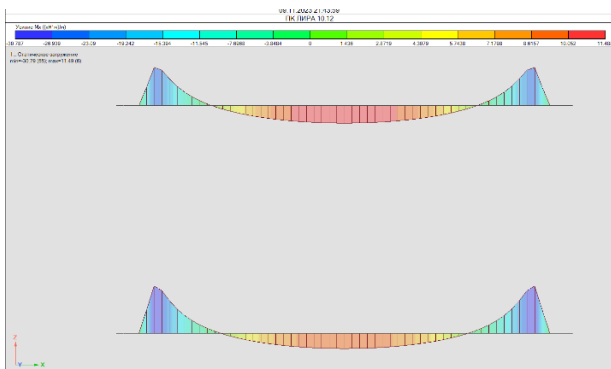


Рис. 6. Момент M_x по плите перекрытия с использованием АЖТ

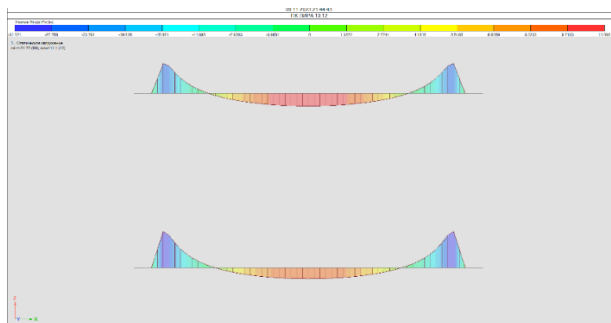


Рис. 7. Момент M_x по плите перекрытия с использованием согласования сетей

На эпюре моментов рис. 5 можно заметить прогиб на припорном участке, в то время как на рис. 6, 7 явно видно отсутствие моментов в припорной на участке с указанием габаритов колонны [6].

Результаты расчетов сведены в табл. 1. Использование согласования сетей дает возможность учесть габариты как колонны, так и плиты перекрытия, что можно увидеть на рис. 8-10.

Таблица 1

Максимальные моменты

	Без дополнительных функций	Введение АЖТ	Использование согласования сетей
Максимальный момент прогиба на плите, $\text{kH}\cdot\text{m}^2$	14,332	11,488	11,097
Максимальный момент на опоре, $\text{kH}\cdot\text{m}^2$	42,017	57,083	55,832

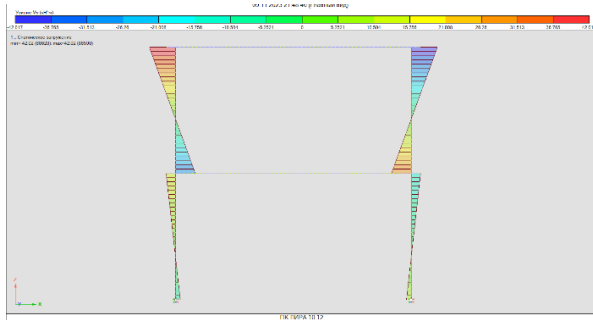


Рис. 8. Момент M_x в колоннах без использования дополнительных функций

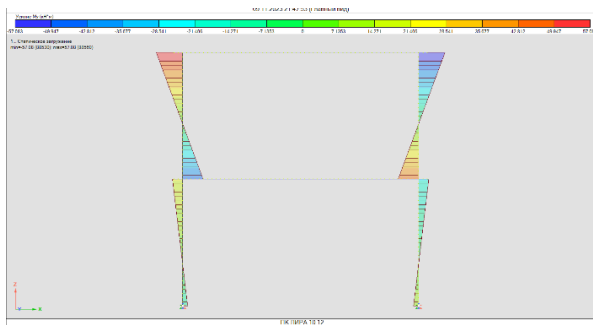


Рис. 9. Момент M_x в колоннах с использованием АЖТ

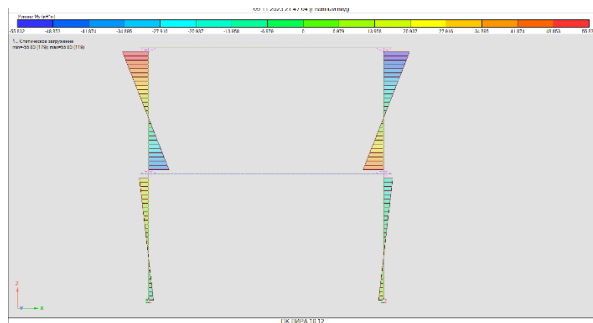


Рис. 10. Момент M_x в колоннах с использованием согласования сетей

Для определения опоры с наиболее жестким закреплением используем формулу:

$$K_{\text{оп.ж.}}^x = \frac{M_{\text{оп.}}}{M_{\text{пр.}}} \quad (1)$$

где $K_{\text{оп.ж.}}^x$ коэффициент опорной жесткости; $M_{\text{оп.}}$ максимальный момент на опоре; $M_{\text{пр.}}$ максимальный момент прогиба.

Без дополнительных функций:

$$K_{\text{оп.ж.}}^x = \frac{42,017}{14,332} = 2,932 \quad (2)$$

С введением АЖТ:

$$K_{\text{оп.ж.}}^x = \frac{57,083}{11,488} = 4,969 \quad (3)$$

С использованием согласования сетей:

$$K_{\text{оп.ж.}}^x = \frac{55,832}{11,097} = 5,031 \quad (4)$$

Анализируя полученные коэффициенты, сравним метод численного конструирования без дополнительных функций и два других, используя первый как сравнительный образец [7, 8]. Так, при использовании АЖТ коэффициент опорной жесткости стал выше на 69,47 %, а при использовании согласования сетей на 71,59 %. Получаем улучшение опорной жесткости при использовании согласования сетей по сравнению с методом введения АЖТ на 2,12 %.

Подводя итоги, можно сделать вывод о целесообразности использования одного из предложенных методов учета реальных размеров конструкций, так как получаемые моменты весомерно отличаются при введении дополнительных функций [9] и без них, что дает возможность более рационально подбирать арматуру и выбирать наиболее оптимальные узлы сопряжения конструкций используя их реальные размеры.

Библиографический список

1. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Жилищное строительство в России // Строительство: Новые технологии – новое оборудование 2017, № 4. С. 61-67.
2. Георгиев Н.Г., Шумилов К.А. Применение визуального программирования при моделировании строительных конструкций // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 34. С. 1418-1422.
3. Агапов В.П. Васильев А.В. Использование объемных моделей колонн прямоугольного сечения в расчетах строительных конструкций методом конечных элементов // Вестник МГСУ. – 2012. - №9/2012 – С. 55-59.
4. Уткина В.Н., Грязнов С.Ю., Бабушкина Д.Р. Моделирование и исследование напряженно-деформированного состояния монолитной конструктивной систему высотного здания с введением абсолютно

жестких тел // Огарев-Online. – 2023. - №13 (198). – С. 1–9.

5. Меркулов С.И., Есипов С.М., Есипова Д.В. Уточнение зависимости «плотность-прочность» тяжелого бетона на основе математической модели // Конференция: Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. – 2020. - С. 186-190.

6. Меркулов С.И., Чуйкова О.Э. Расчет плиты монолитного безбалочного перекрытия на продавливание // Auditorium. - №3 (15). – С. 68-72.

7. Меркулов С.И., Кашуба С.О., Есипов С.М. Программа и методика экспериментальных исследований железобетонных элементов с внешним армированием композитными материалами при изгибе с кручением // Строительство и реконструкция. 2023. № 6 (110). С. 50-57.

8. Merkulov S.I., Esipov S.M., Solodov N.V., Esipova D.V. On the effect of operating conditions on the coupling of non-metallic external reinforcement with reinforced concrete structure // Innovations and Technologies in Construction. – 2023. – С. 235-242.

9. Merkulov S.I., Esipov S.M. Modeling of stress-strain state of external reinforcement of single-span reinforced concrete beams // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Civil, Architectural and Environmental Sciences and Technologies. – 2020.

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Ларькина А.С., студент,

Фомичева С.А., студент,

Гуськова В.А., преподаватель

*Рязанский институт (филиал) федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет», г. Рязань, Россия*

На сегодняшний день строительная отрасль является одним из основных драйверов национальной экономики. Сфера строительства переживает цифровую трансформацию уже на протяжении нескольких лет, что дает положительные результаты. Технология информационного моделирования применима не только для нового строительства, но и для существующих зданий. На этапе реконструкции зданий и сооружений возможно создание BIM-объектов. Лазерное сканирование – это первый шаг к цифровой информационной модели, но имеет свои недостатки, которые, к сожалению, не позволяют пользоваться всеми своими преимуществами в России на 2024 г.

По итогам 2023 года строительный сектор принес около 13 % ВВП

страны, обеспечил 12 % налогов от общего объема налоговых поступлений и предоставил рабочие места 10 млн. чел. Такие показатели российской экономики производят впечатление. Для дальнейшего развития отрасли необходимо формировать почву к готовности принятию цифровизации. Основатель цифровой платформы для управления стройкой, Кирилл Поляков, считает, что участникам строительной сферы необходимо понимание того, какие инструменты следует применять для повышения эффективности. Осознание ценности цифровых решений является инвестицией в будущее компании. Внедрение и использование BIM(ТИМ) – это не следование мировым тенденциям, а путь к объединению сложных процессов, шага на новую ступень строительного проектирования [1].

В мировом понимании термин BIM подразумевает процесс создания модели здания. В отечественном законодательстве и нормативно-технических документах вместо BIM в значении «процесс» применяют термин ТИМ, то есть технология информационного моделирования, а вместо BIM-модели – ЦИМ, то есть цифровая информационная модель [2].

С 1 июля 2024 года крупные компании по созданию и реконструкции объектов недвижимости должны будут перейти на проектирование и строительство с использованием BIM (ТИМ). Сегодня около 98 % строительного рынка приходится на аналоговое проектирование, и только 2 % на ТИМ. Многие руководители и дальше ориентированы на традиционный подход, а ТИМ планируют использовать только для экспертизы.

В цифровизации строительства ТИМ не самая совершенная технология, но благодаря такой модели можно получить данные по качеству и объемам сооружения. После сбора данных всю информацию можно загрузить на соответствующую платформу, например, как продукты от компании «Autodesk», что позволит управлять процессами, наблюдать за динамикой и даже даст прогноз на будущее [1].

На российских строительных площадках в данный момент применяются технологии, приближающие отрасль строительства к цифровой информационной модели. С помощью лазерного сканирования специалист за несколько дней или часов может воспроизвести 3D-модель объекта или рельефа (рис. 1). Сущность данной технологии заключается в способности лазерного луча отражаться от наземных объектов и формировать облако точек. При дальнейшей обработке инженер получает достоверную и информативную математическую модель поверхности сканируемого объекта, которую можно использовать на всех этапах проектирования [3].



Рис. 1. 3D модель комплекса отдыха «Завидово» в Тверской области, сделанное с помощью лазерного сканирования

Лазерное сканирование – это замена большинству инструментов, выполняющих обмерные работы, но стоимость, к сожалению, дороже традиционных методов. Чаще всего к нему обращаются, когда точность нужна вплоть до миллиметров. Погрешность работы прибора колеблется от нескольких миллиметров до пяти сантиметров. Это минимальные значения, которые свидетельствуют о точности лазерного сканирования. Когда облако точек попадает к проектировщику, он может перевести его в чертежи, что будет традиционным результатом обмеров, либо сразу сделать модель в 3D. Не смотря на специфику работы с данным методом, он позволяет, благодаря облаку, при необходимости быстро сделать правильный чертеж сооружения [4].

Для специалистов по реконструкции зданий лазерное сканирование открывает новые возможности и совершенствует прежнюю работу. Такая технология позволяет не только точно определить местоположение будущих объектов, но и воссоздавать утраченные уникальные части здания при реставрации объектов культурного наследия. Полученная в процессе работы электронная библиотека элементов может быть использована при реставрации. А при проектировании новых сооружений вблизи сканированного памятника архитектуры, проектировщики смогут учитывать стилистические особенности района застройки для достижения единства и целостности архитектурного ансамбля. Для многих российских инженеров-проектировщиков вышеупомянутое звучит фантастически, но на самом деле это реалии современности или по крайней мере то, к чему стремится мировая строительная индустрия [5].

Молодые специалисты обладают возможностью приобрести навыки в информационном моделировании. В связи со сложившейся ситуации крупные вендоры приостановили работу в России. Revit, Archicad, Tekla и продукты Bentley покинули российский рынок. К сожалению, отечественные решения в сфере 3D – Renga, nanoCAD, Pilot, Model Studio CS – не являются полноценной заменой зарубежным программам [2]. С

каждым годом российские разработчики выходят на новый уровень в развитии программного обеспечения.

С помощью модуля ReClouds в программе nanoCAD была произведена обработка облака точек лазерного сканирования комплекса отдыха «Завидово» в Тверской области (рис. 2, 3).

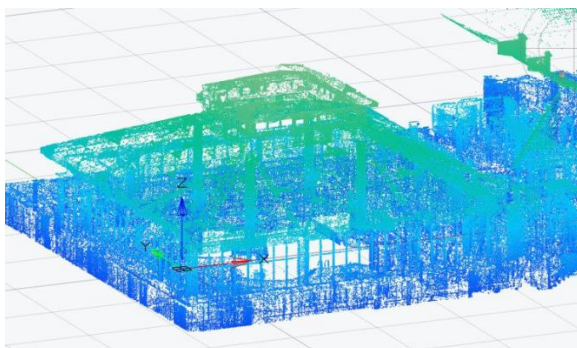


Рис. 2. Комплекс отдыха «Завидово» после обработки облака точек лазерного сканирования



Рис. 3. Результат работы лазерного сканирования комплекса отдыха «Завидово»

Использование данной технологии является проблемой из-за отсутствия российского оборудования для сканирования, а также зависимость от зарубежного программного обеспечения при экспорте облаков в независимый формат *.las.

После введения санкций в 2014 г. сформировался тренд на увеличение доли российского ПО в госзакупках. В 2022 г. компании стали активнее интересоваться аналогами иностранных программ и сервисов. Появилось множество запросов на проведение

критериального анализа применимости отечественного программного обеспечения для проектирования и строительства. Компании массово тестируют продукты и оценивают вероятность комфортного импортозамещения. И если всего два года назад на рынке было представлено 180 российских продуктов для цифровизации, то сейчас их около 600 единиц, хотя активно продвигается и внедряется лишь часть из них [2].

Еще нет полноценной альтернативы продуктам Autodesk в сфере строительства. Проектные организации, работающие с применением BIM-технологии, вложили немало усилий и средств в свое развитие: на протяжении нескольких лет обучали проектировщиков, разрабатывали средства автоматизации проектирования, формировали внутренние BIM-стандарты. В короткий срок заменить САПР не представляется возможным. Российские решения на данный момент не смогут полноценно заменить зарубежные продукты в сфере 3D моделирования.

Библиографический список

1. Поляков К.В. Цифровизация стройки в 2024 году: какие вызовы стоят перед отраслью. URL: <https://stroygaz.ru/publication/technologies/tsifrovizatsiya-stroyki-v-2024-godu-kakie-vyzovy-stoyat-pered-otraslyu/> (дата обращения 1.03.2024).
2. BIM в России: реалии 2023 года. URL: <https://stroygaz.ru/publication/technologies/bim-v-rossii-realii-2023-goda/> (дата обращения: 29.02.2024).
3. Пархолуп С.В. nanoCAD Облака точек: переход в 3D-образы. URL: <https://sapr-journal.ru/stati/nanocad-oblaka-tochek-perexod-v-3d-obrazu/> (дата обращения: 29.02.2024).
4. Нестерова А. Как BIM и лазерное сканирование спасают при реконструкции и реставрации исторических зданий URL: <https://digital-build.ru/kak-bim-i-lazernoe-skanirovanie-spasayut-pri-rekonstrukcii-i-restavraczii-istoricheskikh-zdaniy/> (дата обращения: 01.03.2024).
5. Грахов, В. П. Развитие систем BIM проектирования как элемент конкурентоспособности / В. П. Грахов, С. А. Мохначев, А. Х. Иштряхов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 5-6.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ ОБЪЕКТОВ В BIM КОМПЛЕКСЕ RENGA НА ПРИМЕРЕ ЭНЕРГОВЫРАБАТЫВАЮЩЕГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

Островская Н.В., канд. техн. наук, доц.,

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Чупин Ю.В., инженер-конструктор

г. Санкт-Петербург, Россия

В статье рассматривается возможность применения и реализация сложных геометрических форм элементов при проектировании уникального сооружения. BIM проектирование осуществляется в российском программном комплексе RENGA. В качестве нестандартной геометрии приводится моделирование ЛВЛ-брусьев обшивки здания и лопастей ветрогенерирующей установки. Приведен пример использования информационной модели объекта для дальнейшей визуализации и создания рендера. Анализ применения программного комплекса для создания 3D-модели нетривиального сооружения может быть интересен и полезен для студентов и инженеров-проектировщиков, а также разработчикам программных комплексов.

При проектировании сложных уникальных сооружений, не имеющих аналогов, возникают новые задачи, как-то моделирование сложной геометрии, а также последующая визуализация полученной концепции сооружения.

Рассмотрим проект энерговырабатывающего жилого здания с ветрогенерирующей установкой, который потребовал во время разработки использования сложного инструментария и изобретательности при моделировании сложной геометрии обшивки и лопастей [1]. Проект возник в связи с развитием применения возобновляемых источников энергии для энергоснабжения зданий, которые применяются в жилых сооружениях разной этажности и назначения [2].

Результатом проектирования стало здание башенного типа в 6 жилых этажей, в котором есть возможность установить ветрогенератор, обеспечивающий 50-70 % необходимой для обслуживания различных систем энергии. Наиболее сложными с точки зрения проектирования элементами были специально разработанные ЛВЛ брусья для обшивки здания и лопасти ветрогенерирующей установки. Проектирование здания было выполнено в российской BIM-системе для комплексного проектирования RENGA (ПК RENGA) [3, 4].

Моделирование сложной геометрии элементов. В программном комплексе RENGA присутствуют инструменты для создания простых и

сложных геометрических форм, и если с построением простых форм можно разобраться интуитивно и согласно предложенным инструкциям, то для создания сложных форм нужно выполнить ряд логических процедур для упрощения создания сложной геометрии. Рассматриваемое здание имеет сложную геометрическую форму и ряд сложных элементов, включающие дугообразные ЛВЛ брусья, наклонные деревянные балки и установку с лопастями с изменяемой геометрией наконечника лопасти (рис. 1).

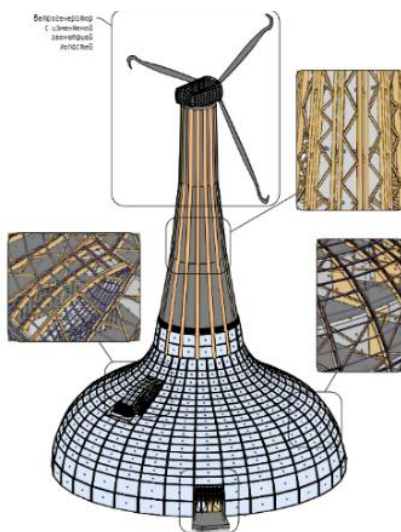


Рис. 1. Концепция 3D-вида здания и его элементов в программном комплексе Renga

Моделирование ЛВЛ брусьев. Рассмотрим поднятие ЛВЛ брусьев в пространстве модели. Здание в плане имеет круглую форму, которая развивается с пирамидальной зависимостью – от большего к меньшему. Тем самым после построения одного бруса на нужные этажи было использовано зеркальное отображение по кругу для установки в необходимые места согласно проекту. Данная форма ЛВЛ бруса была построена при помощи обычной линии (рис. 2, а), а затем линия была обведена согласно привязке, т.к. программа может дать сбой и развернуть фигуру в неудобном положении. Для упрощения построения было использовано соединение всех элементов в сборке. На рис. 2, б показаны ЛВЛ брусья с деревянными соединениями в пространстве модели, которые обеспечивают большую устойчивость и жесткость всей конструкции. Данные элементы поднимались как при помощи сборок, так и отдельными элементами (типа балка).

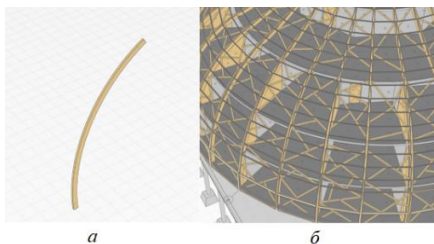


Рис. 2. Форма ЛВЛ бруса (а) и ЛВЛ брусья с деревянными соединениями в пространстве модели (б)

Моделирование лопастей Blue Edge. За прототип лопастей были приняты лопасти, выполненные по технологии малозаметного вертолета ВВС США MH-X Stealth Silent-HAWK с изменяемой геометрией по технологии Blue Edge (рис. 3), с переменной стреловидностью для создания меньшего шумового воздействия на находящиеся в здании люди, а также меньших колебательных движений. Благодаря данной технологии снижается вихревое воздействие и повышается эффективность лопасти. В каждой лопасти заложена система механизации для увеличения ометаемой площади.



Рис. 3. Изменяемая геометрия лопасти по технологии Blue Edge

На здании расположена ветрогенерирующая установка с тремя лопастями, у которых присутствует изменяемая геометрия крыла. Что бы выполнить данную форму, стоит начать с эскиза, чтобы понять, какую геометрию мы планируем строить и где идет изменение и сужение сечений, т.к. в большинстве случаев лопасти имеют эллиптическую форму, а также отверстие в теле для установки продольных лонжеронов. Данную эллиптическую геометрию рекомендуется строить в специальных программных комплексах, типа Solid Works. Они дают более точную форму и более реалистичное построение, что непосредственно можно использовать в расчетной части.

При построении пришлось создать отдельную группу элементов нестандартной формы, при помощи профилей, которые заложены в программе, и начать при помощи других элементов подгонять элемент под свой эскиз (при помощи подложки).

На рис. 4, *а* показана примерная часть формы лонжеронов, созданная в программном комплексе RENGA, с возможностью изменения всей геометрии элемента. На рис. 4, *б* показан вид сверху на главные лопасти ветрогенерирующей установки.

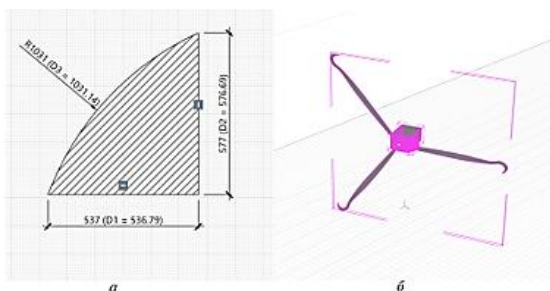


Рис. 4. Часть формы лонжеронов в программном комплексе (*а*) и вид сверху на главные лопасти ветрогенерирующей установки (*б*)

После поднятия всех элементов и нужных агрегатов можно соединить все части в единое целое и получить 3D цифровую модель, которую в дальнейшем можно использовать для различных целей [5, 6], в том числе, и для фотореалистичной визуализации проекта и создание рендера (рис. 5).



Рис. 5. Фотореалистичная визуализация проекта

ВМ-проектирование с помощью современного комплекса дает сложную информационную модель сооружения, что особенно важно, если проект не имеет аналогов. Моделирование объекта в 3D, а также

построение точной геометрии элементов конструкции, что требует специальных навыков проектировщика, а также сложного инструментария в проектом комплексе, позволяет сделать следующее:

- дает полное и более реалистичное представление об элементе или конструкции;

- соблюдение точной геометрии необходимо для дальнейших расчетов;

- при помощи 3D-модели получаем и расчетную схему, которая при определенной доработке может быть использована в таких комплексах, как ANSYS, SCAD, Tekla и др.;

- при поднятии сооружения в 3D объекты сложной геометрической формы могут быть упрощены для всех видов последующих работ;

- информационная модель объекта может быть использована для дальнейшей визуализации и создания рендера.

Результаты данной работы могут быть интересны и вдохновить к воплощению самых смелых идей студентов и инженеров-проектировщиков уникальных зданий и сооружений.

Библиографический список

1. Чупин Ю.В., Островская Н.В. Применение BIM-технологий при проектировании энерговырабатывающего жилого здания // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. IV Междунар. научно-практ. конф. – СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 402-409.

2. Жигуленко И.В. Перспективы ветроэнергетики в современном строительстве // Здания высоких технологий. 2016, № 3. С. 46-50.

3. Згода Ю.Н., Шумилов К.А. Проблемы и перспективы автоматизированного построения интерактивной визуализации информационных моделей зданий Autodesk Revit и Renga // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. Всерос. научно-практ. конф. – СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 118–123.

4. Колмогорова Я. Букварь Renga. URL: https://www.idtsoft.ru/sites/default/files/fields/media/file/field-media-file/2022-04/book_renga.pdf?ysclid=lecjul6vb0888785300 (дата обращения 01.02.2024).

5. Бовтеев С.В. Опыт обучения студентов современным технологиям визуализации процесса строительства // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. V Междунар. научно-практ. конф. – СПб.: СПбГАСУ, 2022. С. 211-217.

6. Кузнецова О.Г. Представление концепта средствами BIM-программ. // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. VI Международной научно-практической конференции. – СПб.: СПбГАСУ, 2023. С. 69-74.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Проскурина Е.А., магистрант,
Долженко А.В., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

В наше время технологии информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM) стали неотъемлемой частью процессов проектирования, строительства и эксплуатации зданий. BIM предоставляет возможность создания цифровой модели здания, которая содержит всю необходимую информацию об объекте, начиная от его архитектурного проектирования и заканчивая эксплуатацией. Давайте рассмотрим, как происходит внедрение технологии BIM в России и в мире, а также какие преимущества это приносит.

В России технология BIM активно внедряется в различные отрасли, такие как строительство, архитектура, гражданское и промышленное строительство. Государственные программы по стимулированию цифровизации отрасли способствуют увеличению числа компаний, использующих BIM в своей деятельности. Это позволяет существенно сократить сроки проектирования и строительства, повысить качество проектов и уменьшить затраты на эксплуатацию зданий.

Одним из основных преимуществ внедрения технологии BIM является возможность создания единой информационной модели здания, доступной всем участникам процесса. Это позволяет избежать ошибок и конфликтов между различными проектными решениями, а также улучшить коммуникацию между участниками проекта. Кроме того, BIM позволяет проводить виртуальное моделирование и анализ различных аспектов проектирования, что способствует принятию обоснованных решений на ранних этапах проекта [4].

Технология информационного моделирования зданий (BIM) играет все более важную роль в современной строительной отрасли, обеспечивая улучшение качества проектов, оптимизацию процессов и сокращение затрат. Внедрение BIM в России и мире способствует развитию отрасли и повышению конкурентоспособности строительных компаний. Эта технология открывает новые возможности для инноваций и совершенствования процессов в строительстве [3].

ARCHICAD является программным комплексом, который заслуженно занимает лидирующие позиции в сфере создания информационных моделей в строительстве. ARCHICAD обладает

возможностями алгоритмического проектирования, что позволяет оптимизировать процесс создания проекта и повысить эффективность работы. Автоматическое формирование ресурсной документации значительно ускоряет процесс проектирования и сокращает время на подготовку проекта к выполнению [1].

Важной характеристикой программы является GDL-программирование для создания цифровой параметрической модели. ARCHICAD позволяет работать параметрическими объектами, что и является его преимуществом.

GDL (Geometric Description Language, язык геометрического описания) является программным языком среды ARCHICAD. GDL позволяет описывать объемные 3D объекты и их 2D обозначения, а также содержать информацию о этих объектах, такую как характеристики, параметры, структура и конструкцию изделия [2].

Язык геометрического описания является инструментом для создания и управления библиотечными элементами в ARCHICAD, позволяя пользователям создавать настраиваемые изделия, которые могут быть использованы в различных проектах.

Одним из главных преимуществ использования GDL является возможность создания параметризованных объектов. Данный подход значительно ускоряет процесс проектирования и позволяет создавать уникальные объекты, которые подходят для конкретного проекта, путем изменения размеров, материалов и других характеристик объекта, корректируя значения параметров.

В строительной деятельности существует необходимость укрепления строительных конструкций зданий различного назначения с целью повышения их несущей способности и обеспечения безопасности эксплуатации. Данная задача актуальна как для старых зданий, требующих восстановления, так и для новых, где нужно усилить конструкции для повышения надежности. Одним из ключевых преимуществ технологии усиления строительных конструкций является экономичность по сравнению с новым строительством [5].

Оптимизация строительной проектной деятельности с помощью параметрического моделирования оценивается путем создания параметрической модели объекта усиления дверного проема с сформированной ведомостью ресурсоемкости и проведенным анализом изменения скорости выполнения объекта в зависимости от способа создания.

Объект усиления колонны представляет собой взаимно связанные в единую конструкцию стальные элементы (рис. 1).

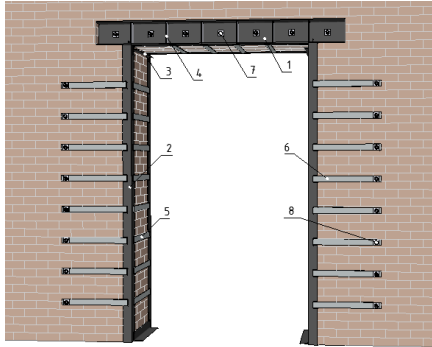


Рис. 1. Информационная модель объекта усиления дверного проема: 1 – швеллер; 2 – равнополочные уголки; 3 – равнополочные соединительные уголки; 4 – ребра жесткости; 5 – соединительные пластины; 6 – крепежные пластины; 7, 8 – анкерные болты

Информационная параметрическая модель объекта усиления дверного проема создается с помощью написания скриптов, используя переменные. Для написания скриптов с использованием переменных необходимо определить параметры составляющих элементов и самой конструкции. Переменные присваиваются параметрам составляющих элементов и самой конструкции дверного проема (рис. 2).

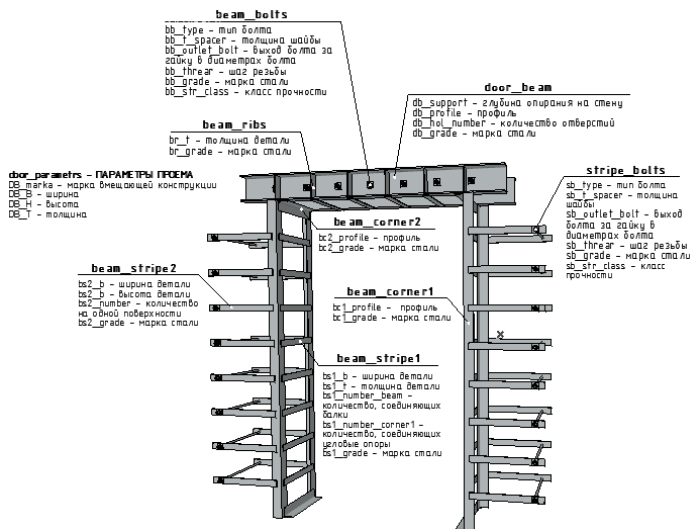


Рис. 2. Параметры информационной параметрической модели с присвоенными переменными

Для написания скриптов используются команды PARAMETERS, FOR, IF, CALL (рис. 3, 4), позволяющие вызвать существующие объекты, сделать перехода и цикл, а также открыть возможный выбор значений параметров объекта усиления [6].

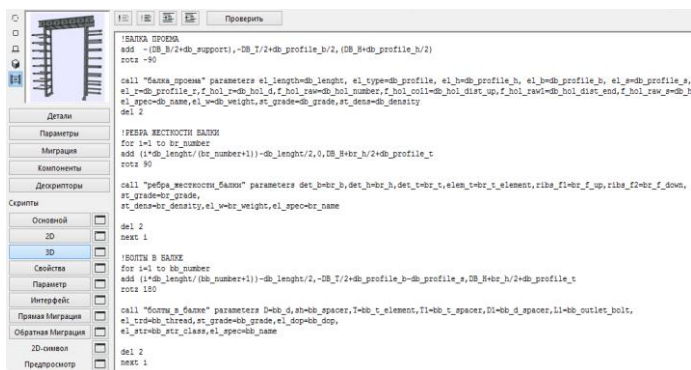


Рис. 3. Трехмерный скрипт параметрического объекта

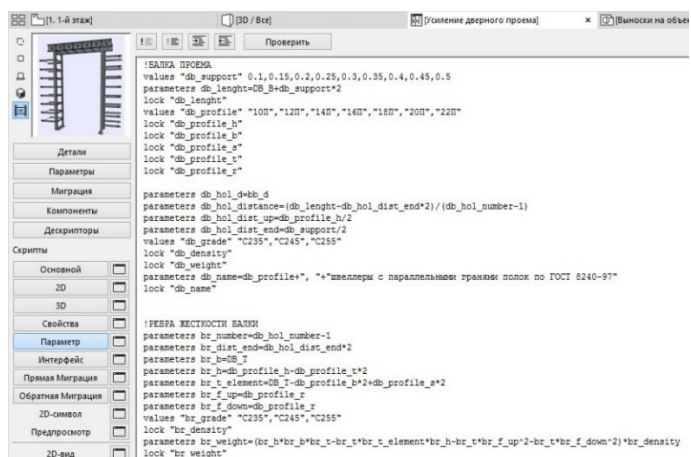


Рис. 4. Скрипт «Параметр» объекта усиления

Применение информационных параметрических объектов, написанных на языке GDL, позволяет автоматически сформировать спецификацию стали объекта усиления и вывести ее (рис. 5). Данная функция позволяет провести оценку ресурсоемкости [2].

Спецификация стали объекта усиления дверного проема							
Марка элемента	Поз.	Кол-во, шт	Профиль	Длина	Масса шт., кг	% наплавленного металла	Марка стали
Швеллер							
	1	2	20П, швеллеры с параллельными гранями полок по ГОСТ 8240-97	2 100	38.64	0.00	C245
					77.28		
Уголок							
	2	4	75х5, уголки равнополочные по ГОСТ 8509-93	2 500	14.50	0.00	C245
	3	4	75х5, уголки равнополочные по ГОСТ 8509-93	440	2.55	0.00	C245
					68.20		
Ребро жесткости							
	4	6	-- 5х71, 2 шт.	182	1.03	2.00	C245
					6.18		
Пластина							
	5	20	-- 5х50	440	0.88	2.00	C245
	6	32	-- 5х50	560	1.12	2.00	C245
					53.44		
ГБ1							
	7	7	M16 x 1,5-6ø x 410. 5.8 35	---	---	---	35
	8	16	M16 x 1,5-6ø x 572. 5.8 35	---	---	---	35
					0.00		
					205.10		

Рис. 5. Ведомость ресурсоемкости стали объекта усиления дверного проема

Для понимания ускорения формирования проекта усиления строительных конструкций необходимо провести анализ, сравнив затрачиваемое время в зависимости от способа создания (рис. 6).

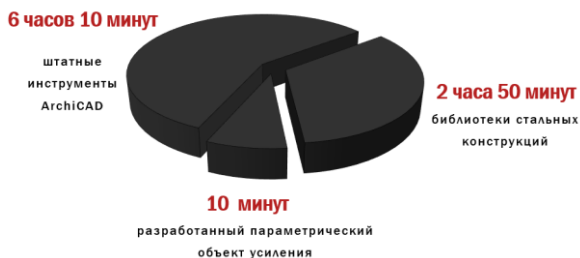


Рис. 6. Сравнение ускорения разработки проекта усиления колонны по критерию «способ создания-затрачиваемое время»

Таким образом, в результате внедрения GDL-объектов усиления строительных конструкций происходит оптимизация процесса проектирования, ускорение выполнения работ ускоряется и сокращение издержек, что способствует повышению эффективности строительной проектной деятельности, а также способствует развитию строительной отрасли.

Библиографический список

1. Образцова А. П. Содержательные аспекты и ключевые технологии BIM-моделирования в строительстве и девелопменте // Международная научная конференция перспективных разработок молодых ученых «Наука молодых - будущее России» // Сборник научных статей 4-й международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах (Курск, 10–11 декабря 2019 года). С. 282-286.
2. Седашова М.А., Руденский Д.С. Методы GDL – программирования при информационном моделировании строительных конструкций // Международная научно-техническая конференция молодых ученых // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (Белгород, 25–27 мая 2020 года), Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. С. 1891-1895.
3. Каракозова И В, Мальха Г Г, Куликова Е Н, Павлов А С, Панин А.С. Организационное сопровождение BIM-технологий // Вестник МГСУ - Том 14(12), 2019. С. 1628–1637.
4. Абакумов Р. Г., Наумов А. Е., Зобова А. Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова 5, 2017. С. 171-181.
5. Филипенко В. М., Наумов А. Е. Анализ необходимых финансовых затрат для организации проведения строительно-технической экспертизы // Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений» // Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции (Курск, 21 ноября 2019 год). С. 1891-1895.
6. GRAPHISOFT, Справочное руководство GDL / Graphisoft, a nemetschek company – Copyright© 2019 by GRAPHISOFT, 2019. – 700 с.

НАПРАВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКОЙ

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ПОЛОС ЗАРЯДА НА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Максимов В.А., аспирант,

Силкин В.В., канд техн. наук, проф.

Московский автомобильно-дорожный госудаоственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия

В связи с развитием мира, изменяются потребности и вектор ценностей современного человека. Люди более ответственно относятся к своему здоровью и количеству затраченной энергии: как своей, так и для поддержания работоспособности всех устройств и механизмов, облегчающих его жизнь.

Человечество не может перестать тратить энергию, и даже сокращать ее потребление. Это значит, что нам необходимо научиться использовать вырабатываемую энергию грамотно. Глобальная мировая идея уменьшения количества выбросов углеводородов, и развитие тем самым различные отрасли производства электрических транспортных средств, на данный момент, является нашей действительной реальностью, с которой нельзя не считаться.

Так как жители мегаполисов и крупных городов не готовы пожертвовать своим комфортом, ради идей о сокращении выбросов вредных веществ.

Это означает, что жизнь человека в мегаполисе и за его пределами, должна остаться на том же уровне комфорта, что и до принятия мер по сдерживанию выбросов и использованию альтернативных видов топлива, именно за это отвечает инфраструктура.

Электротранспорт должен выйти на те же эксплуатационные показатели, что и транспорт на горючих видах топлива. Один из главных показателей – это запас хода. Увеличение дальности хода электротранспорта и быстрое пополнение заряда, являются главными инфраструктурными задачами для электромобилей.

Основными причинами переориентирования рынка транспорта на электромобили являются [1-3]:

РЕV транспорт не загрязняет прямым воздействием окружающую среду. Речь идет не только о выбросах углеводорода в атмосферу, но и о шуме, вибрациях и т.д.

Данный вид транспорта обладает низкой стоимостью эксплуатации на километр пути.

Электродвигатель обладает КПД равным 65 % против 24-25 % у бензиновых двигателей, что означает в 2,8 раза более эффективное использование затраченной энергии, а именно энергоэффективность.

Ресурс основных движущих элементов не ниже традиционных двигателей внутреннего сгорания, а расходная часть ниже из-за отсутствия необходимости обслуживания не предусмотренных конструкцией электромобиля элементов.

Рынок электроавтомобилей в 2010 г. состоял из 10000 ед., но уже в 2020 г. было продано свыше 3,5 млн. электромобилей [4]. В связи с мировой тенденцией, Правительство РФ, совместно с экспертами 23.08.2021 г. утвердили Концепцию по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта.

Китай стал главным рынком электрокаров в мире. В 2020 г. там было реализовано 1,3 млн. электрокаров и плагин-гибридов, а в 2021 г. – 3,3 млн., то есть на 155 % больше.

Европа является вторым по величине потребителем электромобилей и плагин-гибридов: в 2021 г. у них было реализовано 2,3 млн. единиц по сравнению с 1,4 млн. в 2020 г.

В 2021 г. на европейских дорогах было около 5,5 млн. электромобилей. По оценкам, в 2022 г. во всем мире реализовано 7,8 млн. автомобилей с электрической силовой установкой. Это на 68 % больше, чем в 2021 г.

В России же электромобили только набирают популярность. Количество зарегистрированных в РФ электромобилей в среднем увеличивается на 130 единиц в неделю, сообщили в Минэкономразвития РФ. В конце ноября 2022 г., по данным МВД, в России зарегистрировано 2,3 тыс. электромобилей.

Чтобы зарядить электроавто, нужен переменный или постоянный ток, поступающий через специальный разъем в электромобиль. Омельным видом является способ индукционной зарядки или, простыми словами, беспроводной.

Таким образом, существует несколько вариантов, позволяющих зарядить электрокар:

– Бытовая сеть (переменный ток). Аккумулятор может питаться от простой розетки. Время заряда от 6 до 24 часов. Чтобы не столкнуться с перегревом кабеля, замыканием, рекомендуется пользоваться заводским кабелем со специальной защитой, он, как правило, идет в комплекте с автомобилем.

– Заправочная станция. Применяется специальный штекер с защитой от замыкания. К машине подключается с помощью специального встроенного кабеля. Время зарядки от 1 до 4 ч.

– Индукционная зарядка электромобиля. Автомобиль стоит или движется, подзаряжаясь за счет воздействия индукционного тока, принимаемого специальным устройством, установленным под кузовом автомобиля (приемником).

В настоящее время существуют следующие типы зарядных станций для электромобилей в Российской Федерации, в зависимости от их мощности:

Медленные: используют переменный ток и имеют мощность до 6 кВт. Часто такими зарядками являются штатные зарядные устройства электромобилей, включаемые в бытовые розетки. Время получения полного заряда – до суток.

Быстрые: используют постоянный ток от 50 кВт до 100 кВт, может зарядить электромобиль за 15-20 мин (время приведено для электромобиля Nissan Leaf, являющимся самым многочисленным на рынке РФ).

Ультрабыстрые: в основном используют постоянный ток и имеют мощность от 100 кВт и более, заряжают за 15-30 мин автомобили с большим потреблением энергии и емкостью батарей, такие как Tesla.

В России сегодня преобладают медленные станции, в крупных городах их значительное число. Однако, перспектива оставлять машину около зарядки на много часов создает дискомфорт при использовании автомобиля. Данный факт является фактором для развития иных, более быстрых и мобильных способов заряда.

Данная технология является актуальной при наличии уже указанных выше способах заряда, по следующим причинам:

Не всегда пользователю электромобиля удобно останавливаться на перегруженных пригородных заправочных станциях, для получения необходимой дозарядки ТС. Удобнее просто оставить автомобиль на обычном парковочном месте. При этом, электромобиль будет получать заряд при помощи индукции.

Конструкция дорожной одежды, которая позволит, двигаясь на выделенной полосе, заряжать в движении электротранспорт, поможет в перспективе сделать возможным движение грузового электротранспорта на дальние расстояния с наименьшими временными потерями, а значит и возможную конкуренцию с дизельными грузовыми ТС.

Использование технологии устройства полос заряда для электроавтомобилей или же идентичных конструкций под остановками транспорта поможет сократить необходимое ранее количество единиц общественного электротранспорта, что станет следствием сокращения потребления электроэнергии и улучшением экономической и

экологической составляющей любого крупного города.

Данная технология позволит разрабатывать, внедрять и испытывать в реальных условиях новые, ранее не существующие конструкции дорожных одежд.

В данной области ведут разработки различные страны мира: Германия, Швеция, Израиль, США, и др. Наиболее удачными примерами являются следующие компании и их проекты.

Индукционные катушки под слоем асфальтобетонного или цементобетонного покрытия

Данная технология применяется компанией Electreon. Представляет собой отдельно взятые индукционные пластины, поочередно соединенные под слоем дорожного покрытия. Минусом является то, что они обладают ферритовой подложкой. Феррит сам по себе хрупкий материал и не способен воспринимать постоянные нагрузки без нарушения сплошности.

Единая сборная полоса заряда под дорожным покрытием. Технология разработана компанией Qualcomm и применяется в качестве подзарядки движущегося по стандартизированным маршрутам (автобус до аэропорта). Данная конструкция хотя и была испытана, ее постоянное использование на общественных дорогах невозможно из-за невозможности выдерживать нагрузки от проезда по элементам тяжелых транспортных средств.

Энергия от рельса к дороге через подвижный рычаг. Технология электрификации дороги, соединяющей Стокгольмский аэропорт Арланда с логистическим центром за пределами столицы, направлена на решение сложных проблем поддержания заряда электромобилей. Энергия передается от двух железнодорожных путей к дороге через подвижный рычаг, прикрепленный к днищу транспортного средства. Способ зарядки является динамическим, но не беспроводным.

Указанные выше конструктивные решения имеют множество недостатков, но главный из которых это низкая устойчивость к воздействию транспортных нагрузок.

Индукционные элементы в своем основании имеют керамическую или ферритовую подложку, что делает их хрупкими. Они не подходят для дорог общего пользования. Предлагается использовать не ферритовые и керамические плитки, а ферритовую стружку и магнитный лом, интегрируя их в определенных пропорциях в цементобетон [5-7].

Подобное конструктивное решение имеет ряд преимуществ:

- отсутствие пластических деформаций;
- стабильность формы/поверхности;
- термостойкость;
- высокая несущая способность;
- долговечность.

Феррит – это химическое соединение оксида железа с оксидами других металлов. Ферриты используют в качестве магнитных материалов в радиотехнике, электронике, автоматике, вычислительной технике.

В данной конструкции его задача состоит в концентрации и перенаправлении линий индукционного тока в направлении, движущегося по поверхности дороги транспорта. При определенной пропорции, смешав цемент и феррит, мы получим материал, обладающий свойствами ферритовой подложки с прочностными характеристиками приближенными к цементобетону.

В современной практике существуют 3 технологии устройства полос заряда на автомобильных дорогах:

1. Укладка отдельной полосы на автомобильных дорогах и городских улицах

Технология укладки выглядит следующим образом:

– на начальном этапе производится фрезеровка слоя покрытия на глубину 0,13 м и ширину равной ширине полосы движения;

– производится установка индукционных модулей вдоль направления движения. Используются модули с параметрами 1,6×0,6×0,07 м или 0,6×0,6×0,07 м. Согласно предварительным расчетам катушки индуктивности, минимальный необходимый диаметр проводника составит 0,4 см;

– все шлейфы катушек каждые 10-12 м помещаются в ПВХ трубу и подключаются к модулю стабилизации напряжения. Модуль находится за пределами проезжей части для удобства ремонта и обслуживания;

– производится бетонирование укладчиком сбоку от машины.

2. Укладка вновь устраиваемой полосы на автомагистралях

Укладка производится в 2 слоя, с использованием разных смесей.

Нижний слой: устраивается по технологии дюбель-анкер в швах, предварительно во время установки дюбелей и анкеров вручную, аналогично устанавливаются модули беспроводной зарядки в бетонном коробе, с выводом коммуникаций в сторону обочины в пластиковые или композитные лотки. Таким образом, получается единый слой цементобетона.

Укладка слоя бетона производится таким образом, чтобы верх модуля зарядки приблизительно совпадал с отметкой слоя.

Верхний слой устраивается поверх модулей и уже уложенного нижнего слоя. В дальнейшем, осуществляется уход за верхним слоем.

3. Устройство индукционных зарядок на автобусных остановках и подъездах к ним

Первоначально производится фрезеровка покрытия и его снятие экскаватором с отбойным молотком, кромки отбиваются вручную перфораторами, при необходимости, бортовой камень меняется на новый.

Установка модулей на заданные отметки, а также прокладка коммуникаций производится аналогично 1 технологии. Катушки сводятся в единый шлейф и подключаются к стабилизатору напряжения и преобразователю, расположенному в непосредственной близости к остановке или же в люке под землей рядом, если позволяет расположение подземных коммуникаций.

Упомянутые в статье технологии будут адаптированы под их использование на дорогах общего пользования, остановках и парковках. В процессе внедрения технологий устройства полос заряда, будут решены главные их недостатки в виде слабой несущей способности, а значит, будет решена проблема невозможности их использования в рамках городского и загородного транспорта

Библиографический список

1. Онлайн-издание D-russia.ru. Развитие электротранспорта в России – итоги стратегической сессии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://d-russia.ru/razvitie-jelektrotransporta-v-rossii-itogi-strategicheskoy-sessii.html>

2. РБК Тренды. Электротранспорт в 2023 году: меры поддержки и инновации в производстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/64a50fe69a79476c590db326>

3. СNews. Электротранспорт в России: отечественные авто и технологии, которые уже работают [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zoom.cnews.ru/publication/item/64567>

4. Сбер Про. Высокое напряжение: какие перспективы у электромобилей в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sber.pro/publication/vysokoe-napryazhenie-kakie-perspektivy-u-ehlektromobilej-v-rossii/>

5. Ведомости. Принята концепция развития электротранспорта почти на 600 млрд рублей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2021/08/23/883259-kontsepsiya-elektrotransporta>

6. Экспобанк. Развитие рынка электромобилей в России: тенденции и прогнозы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://expobank.ru/blog/razvitie-rynka-elektromobilej-v-rossii-tendentsii-i-prognozy/>

7. ЖБИ 2. Бетон для зарядки электрокаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zhbi2.ru/press-tsentr/tekhnologii/beton-dlya-zaryadki-elektrokarov/>

ВИДЫ ТРЕЩИН КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПРИЧИНЫ ИХ ПОЯВЛЕНИЯ И МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ

Попова А.С., магистрант,

Фролов Н.В., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г.Белгород, Россия*

Повреждения каменных конструкций зданий и сооружений обычно происходят из-за значительных деформаций, которые развиваются в них. При достижении критических значений деформаций в материале стен начинают появляться трещины.

Виды трещин:

– Вертикальные. Причинами такого рода трещин могут быть несоблюдение температурных швов, низкое качество бетона и кладочной смеси, превышение нагрузки на перемычки и перегородки;

– горизонтальные. Подобные трещины появляются чаще всего в кладочном растворе. Причиной является усадка.;

– сквозные. Такие трещины являются самыми опасными, поэтому нередко здание в этом случае переводят в статус аварийного. Сквозные дыры появляются из-за деформации фундамента. При этом не усадка становится причиной, а природная стихия или взрыв;

– усадочные. Этот тип повреждений еще называют волосным. Здесь происходит деформация фундаментной и основной части здания, включая кровлю;

– повреждения на выравнивающем слое. Причиной возникновения трещин в данном случае является нарушение технологического процесса оштукатуривания. В частности: неоднородный состав, отсутствие армирования, превышение толщины однослойного нанесения.

Среди наиболее распространенных причин трещин в каменных конструкциях можно выделить различные внешние силовые воздействия, а именно:

– несоответствие несущей способности на сжатие существующей кладки ее фактической нагрузке;

– неравномерные осадки части здания;

– динамические воздействия на здание от оборудования;

– температурные воздействия.

При несоответствии несущей способности на сжатие существующей кладки ее фактической нагрузке наблюдаются:

– многочисленные, беспорядочно направленные, трещины по всей площади;

- выпадение или разрушение отдельных камней;
- выпучивание участков стены.

Такие дефекты могут быть вызваны реконструктивными мероприятиями, которые приводят к увеличению нагрузки на кладку стены или ее отдельные участки (надстройка здания, устройство штраб, пробивке проемов, при замене перекрытия).

В большинстве же случаев стены деформируются в результате неравномерной осадки фундаментов, которая возникает благодаря: вымывания грунтов из-под фундаментов грунтовыми водами, водой из неисправных сетей водопровода, канализации, теплофикации или технологическими водами, проливающейся на пол производственных помещений и проникающими в грунт под фундаменты из-за отсутствия или неисправности гидроизоляции; ромерзания грунта основания ниже заложения подошвы фундамента; еоднородности грунта в основании.

Под воздействием сил, вызванных перемещением грунта, в кладке появляются нормальные и касательные напряжения, приводящие к разрывам кладки и образованию трещин.

Помимо упомянутых ранее причин, трещины могут возникать на стыках старых и новых стен, зависеть от последовательности кладки и других факторов. Такие трещины прямолинейны и открываются по всей высоте. Трещины также могут появляться на стыках перегородок и потолка. Они указывают на прогиб балок, оседание пола или усадку материала стен.

Перед началом заделки трещин в стене, необходимо внимательно изучить их характеристики. Визуальный осмотр поможет определить глубину раскрытия, возраст, расположение и их направление.

В большинстве конструкций наличие трещин – нормальное явление, связанное с самой природой каменного материала, почти никак не ухудшающее его свойство. Допустимость величины трещин для нормальной эксплуатации зданий и сооружений нормируются актуальными строительными нормами.

– СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». В данном СП прописаны нормы сопротивления воздухопроницанию ограждающих конструкций, а трещины, в свою очередь, эту воздухопроницаемость повышают;

– СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции» и Пособие к СНиП II-22-81 «Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций». В данной литературе указаны нормы ширины раскрытия сквозной трещины, которая допускается от 1 до 2 мм в неармированной и до 0,4 мм в армированных конструкциях: плосные без проемов участки стен длиной более 3 метров;

ежоконные пояса;
околы;
ронтонны.

Для поверхностных (не сквозных) трещин, образовавшихся от усадки или от температурных перепадов эти параметры больше.

Таблица 1

Допустимое раскрытие температурно-усадочных трещин
ДОПУСТИМОЕ РАСКРЫТИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-УСАДОЧНЫХ ТРЕЩИН, ММ,
В НЕАРМИРОВАННЫХ И АРМИРОВАННЫХ КЛАДКАХ ВСЕХ ВИДОВ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

Конструкции	Стены			
	наружные		внутренние	
	неармированные	армированные	неармированные	армированные
Несущие столбы и простенки	Не допускаются	0,4 (0,3)	Не допускаются	0,5 (0,3)
Поперечные и продольные стены в местах опирания перекрытий	$0,5 + \delta_c < 1,5$ (1)	0,4 (0,3)	$0,5 + \delta_c < 1,5$ (1)	0,5 (0,3)
Сплошные (без проемов) участки стен длиной 3 м и более; межоконные пояса, цоколи, фронтоны	$1 + \delta_c < 2$ (1,5)	0,4 (0,3)	$1 + \delta_c < 2$ (1,5)	0,5 (0,3)
Кладка стен, штукатур в местах опирания большепролетных ($l > 6$ м) ферм, балок, прогонов и т. п.	Не допускаются	0,4 (0,2)	Не допускаются	0,4 (0,2)

Примечания: 1. Цифры без скобок относятся к зданиям с нормальным температурно-влажностным режимом эксплуатации, в скобках – с влажным и мокрым режимами.
2. Указанные в таблице допуски могут быть изменены при соответствующем обосновании, например, на основании использования опыта эксплуатации аналогичных конструкций.
3. δ_c – раскрытие трещин при усадке

Наличие трещин в каменной кладке является вариантом нормы, если трещина не шире вышеперечисленных значений (2 мм – не армированная кладка и 0,4 мм – армированная). При образовании трещины ее необходимо устранить. Особенно, если трещина сквозная, так как это приводит к обдуванию стены.

При обнаружении трещин в каменной конструкции необходимо выявить и предотвратить их причины, а после убедиться в прекращении деформации стен. Для контроля за развитием трещин и фиксации осадков используются геодезические приборы и инструменты.

Основной метод устранения трещин в каменной кладке – повышение прочности кладки на растяжение. Это армирование, которое способствует повышению трещиностойкости кладки.

Рекомендуемые способы армирования:
рмирование кладки арматурой и сетками. Армирование кладки дает возможность передать растягивающее напряжение на волокна арматуры, это может быть стальная или композитная стержневая арматура, а также волокна сеток. Армирование сетками допустимо, потому что они отлично предотвращают возможность раскрытия трещин (рис. 1).

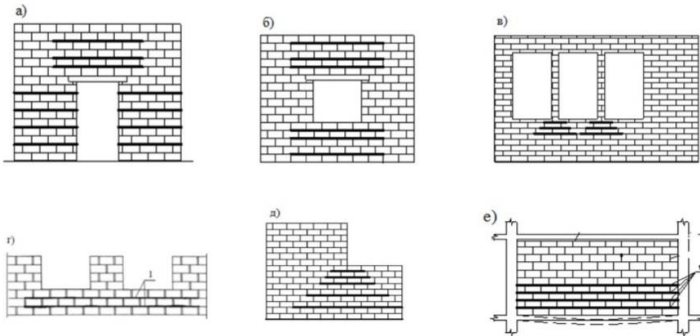


Рис. 1. Варианты расположения арматуры в горизонтальных растворных швах кладки в зонах концентрации растягивающих напряжений: в местах дверных (а) и оконных проемов (б, в, г), на участках стен с перепадами высот (д), в перегородках (е)

2. Поверхностное армирование. Это армирование в местах концентрации напряжений. В первую очередь, в углах проемов. Нанесение армированных отделочных слоев устраняют проблему трещинообразования в кладке, за счет того, что поверхностное армирование значительно повышает сопротивление всей кладки растяжению (рис. 2).

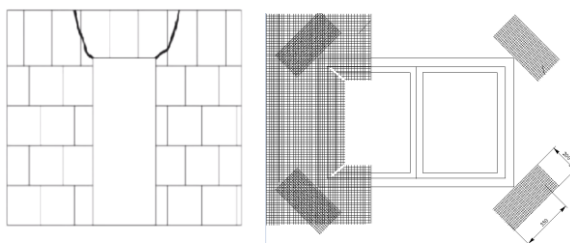


Рис. 2. Поверхностное армирование

строительство деформационного шва между кладкой перегородки и перекрытием, на которые она опирается, играет важную роль в предотвращении стесненности деформации и дает возможность перегородке работать отдельно как изгибаемой балке. Это позволяет существенно снизить напряжение, которое возникает в конструкции.

Деформационные швы в стенах и перекрытиях каменных зданий необходимы для уменьшения или устранения отрицательного влияния усадочных и температурных деформаций, осадок фундаментов, сейсмических воздействий и т. п. Температурно-усадочные швы устанавливаются в местах возможной концентрации температурных и

усадочных деформаций, которые вызывают в конструкциях недопустимые по условиям эксплуатации и долговечности разрывы, трещины, а также перекосы и сдвиги кладки (рис. 3).

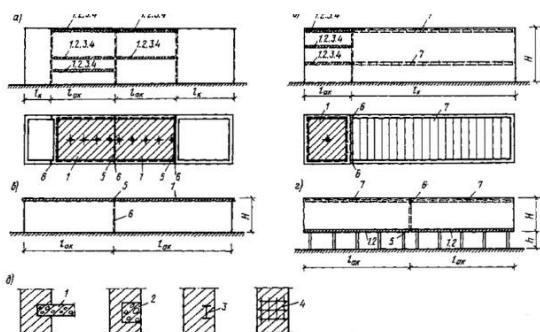


Рис. 3. Примеры устройства температурных швов в стенах каменных зданий с армированными включениями (перекрытия, балки, армированные пояса): *а* – при расположении армированных включений в средней части здания; *б* – то же, в крайней части; *в* – при железобетонном покрытии (крыше) со швом; *г* – при фундаментных балках со швом; *д* – примеры заделки армированных включений в кладку стен; 1 – перекрытие; 2 – железобетонная балка; 3 – металлическая балка; 4 – арматура; 5 – температурный шов в армированных элементах (плитах, балках); 6 – то же, в каменных стенах (пунктир); 7 – сборные перекрытия с поперечными швами

Ширина температурного шва находится из расчета и должна быть не менее 20 мм. Температурные швы наружных стен должны быть непроницаемыми для воды и воздуха, а также непромерзаемыми. Для этого необходимо обеспечить наличие утеплителя и качественной герметизации с использованием эластичных и долговечных уплотнителей из материалов, сохраняющих свою форму и объем.

Также в числе методов устранения трещин можно отметить следующие:

- фиксация стальными скобами. Металлические полосы устанавливают поперек трещины – в начале и конце, а также по центру. Для установки скоб в каменной кладке необходимо просверлить отверстия довольно далеко от места повреждения, чтобы избежать расширения трещины;

- использование швеллеров. Стальные перемычки длиной порядка 1,3-1,5 метра используются для поддержки поврежденной каменной кладки и воспринимают на себя часть нагрузки, что предотвращает появление новых повреждений. Швеллеры укладывают в специально подготовленные выемки, проделанные над верхней границей растрескивания;

- усиление композитными материалами. Стекло- и углеволокно легче стали и занимают меньше места, но при этом обеспечивают такой

же уровень прочности. Композиты не подвержены коррозии, не уязвимы для микродеформаций, изгибающих и растягивающих усилий.

Таким образом, трещины как таковые не являются препятствием для нормальной эксплуатации зданий и сооружений, при условии, что их размеры не превышают установленные в нормативной документации значения. Однако, их самый большой недостаток – это ухудшение внешнего вида стены и нарушение отделки.

Библиографический список

П 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с изменением).

П 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81* (с изменениями).

особие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81* «Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования») /ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. - М.: ЦИТО Госстроя СССР, 1989 - 152 с.

4. Методы усиления каменных конструкций и зданий / Пириев Ю.С., Пириева С.Ю. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. – 2018, № 5. с. 25-29. емпературно-влажностные трещины в каменной кладке. Анализ и методы предотвращения / Ащеулов М.С., Ардеев К.В. [Электронный ресурс] // XII Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «РОССИЯ МОЛОДАЯ» - 2020, с. 4190.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Тарасова Н.В., канд. техн. наук., доц.

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск, Россия

Благоприятная городская среда создает комфортные условия для населения. Городские территории включают множество элементов благоустройства, которые тем или иным образом воздействуют на человека. В совокупности все элементы формируют среду обитания и жизнедеятельности человека, а вот на сколько она будет качественной зависит от тех мероприятий, которые проводятся по улучшению и оздоровлению существующих и развивающихся территорий. В современных условиях, когда человека окружают разного характера опасности на городских территориях, важное значение приобретают вопросы благоустройства открытых территорий городов, и наиболее значимым из них становится создание экологически чистых пространств,

что не всегда возможно осуществить по ряду разных причин и особенностей регионов.

Существует Методика формирования индекса качества городской среды [3] и результаты оценки для разных регионов России можно увидеть на сайте индекс-городов.рф. [1]. Для Брянской области Индекс качества городской среды на 2022 год составляет 187 баллов (рис. 1), а для города Брянска – 223 (рис. 2).

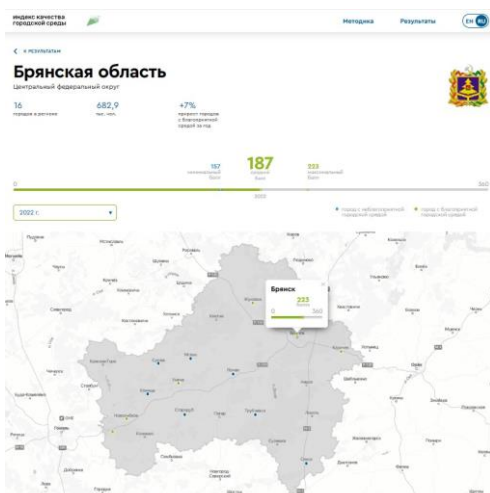


Рис. 1. Индекс качества городской среды Брянской области на 2022 год [1]

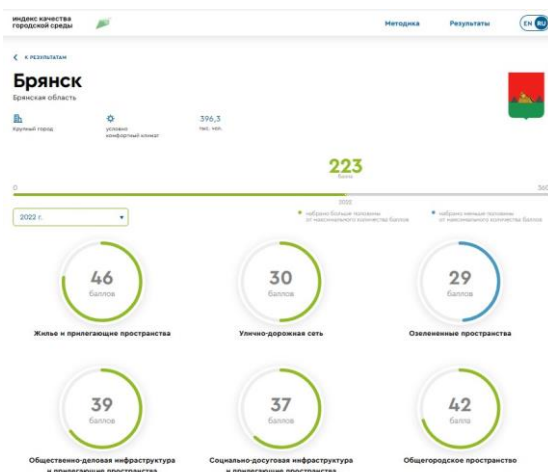


Рис. 2. Оценка в баллах пространств города Брянска на 2022 год [1]

Согласно Руководству по определению первоочередных направлений развития городской среды с помощью Индекса качества [4] в зависимости от совокупного его значения Брянская область и Брянск имеют благоприятную среду, так как количество баллов более 181. Следует отметить, что для Брянской области в целом этот Индекс не на много превышает значение нижнего предела показателя, что свидетельствует о низкой степени благоустройства территорий и пространств. Максимально возможное количество баллов согласно Методике [3] – 360. Для города Брянска набрано всего лишь около 62 % от этой величины, что также свидетельствует о недостаточном уровне приспособленности городских территорий и пространств для комфортного пребывания населения. Динамика изменения Индекса качества городской среды Брянской области по годам в таблице.

На основании проведенного мониторинга территорий и анализа степени благоустройства городских территорий области можно выделить основные проблемы, решение которых в будущем позволит создать наиболее удобные условия для деятельности и отдыха населения, повысить качество территорий. Решение этих проблем позволит учесть все особенности использования пространств городов области.

Одной из главных проблем все еще остается доля аварийного жилья и проблема его сноса, благоустройства прилегающих и освободившихся территорий [5]. В том числе значительную долю составляют территории с малоэтажной старой застройкой, где не везде соблюдены современные требования к ней и низкими темпами идет приспособление их к современным запросам населения.

Дорожно-транспортная инфраструктура требует более внимательного изучения и подходов к решению имеющихся задач. Транспортные магистрали постепенно развиваются, строятся новые дороги, благоустраиваются старые. Однако вопрос с пробками, особенно в «час пик» по-прежнему остается нерешенным. Ведутся работы по ремонту дорожных покрытий, расширению улиц в существующих и строящихся микрорайонах, проектируются и, в рамках ремонтов, внедряются новые развязочные узлы, освещение, но этих мероприятий недостаточно, что и показывает Индекс качества.

В результате строительства новых и реконструкции старых строений, улучшения имеющихся территорий, появляются общественно-деловые центры. Здесь прослеживаются современные тенденции в проектировании парковочных мест, разделены людские и транспортные потоки. Причем такие центры появляются не только в центрах городов Брянской области, но и на периферии, что способствует снижению

транспортных и людских потоков, улучшению экологической обстановки в центрах, а периферия получает статус развивающейся территории, притягивающей интерес и поток населения, снижая нагрузку на центр.

Для удовлетворения духовных потребностей населения все чаще пристальное внимание обращается к социально-досуговой инфраструктуре. В городе Брянске есть разные учреждения социально-культурной сферы, в том числе цирк, театры, кинотеатры, библиотеки, архивы, музеи, историко-мемориальные комплексы, выставки, культурно-досуговые учреждения, клубы, парки культуры, дома художественного и технического творчества, телевидение, радио. Все эти учреждения распределены всей области, однако есть места, в которых до сих пор люди лишены доступа к искусству в разных формах его проявления. Положительным моментом является особое внимание к таким досуговым местам и планово проводятся работы по благоустройству центров досуга и прилегающих территорий, особенно в летний период – эти места становятся центром тяготения молодежи и детей разного возраста. Еще одним положительным моментом, является проведение на таких территориях культурно-массовых мероприятий – ярмарок, игр, соревнований, праздников.

Самое низкое количество баллов в Индексе качества городской среды имеет озеленение пространств. Действительно уровень озеленения территорий области низкий. Связано это с разными причинами, в том числе состояние зеленых насаждений – старые деревья, подвергающиеся кронированию и жесткой обрезке, снижают значение этого показателя. Не маловажное значение имеет и то, что на развивающихся территориях недостаточно высаживается зеленых насаждений, не всегда это привлекательное озеленение с позиции населения. Учитывая особенности региона, основная доля зеленых насаждений приходится на старую застройку. Новые микрорайоны, кварталы, территории культурных учреждений, спортивных комплексов, которых в области строится в последние годы не мало, имеют незначительное озеленение или вовсе оно местами отсутствует. Учитывая эти проблемы необходимо более тщательно и внимательно подходить к вопросу озеленения пространств городов области, которое оказывает прямое влияние на здоровье населения.

Территории городов Брянской области в целом отвечают современным требованиям – решаются вопросы освещения городских пространств, в том числе при ремонте дорожно-транспортных магистралей; в последнее время уделяется особое внимание организации безопасного дорожного движения, устраиваются новые транспортные

переходы, устанавливаются светофоры, приспособливают остановки общественного транспорта для маломобильных групп населения, растет число обустроенных остановок; в историческом центре области много мест притяжения для населения – торгово-развлекательные комплексы, учреждения культуры и образования, спортивные объекты, парки отдыха. В основном все эти пространства ориентированы для разных групп населения – как по возрасту, так и социальному положению и здоровью, поддерживаются в чистоте и исправном состоянии малые архитектурные формы, имеют в вечернее время и праздничные дни привлекательное освещение.

В целом, если анализировать динамику Индекса качества городской среды Брянской области, то прослеживается стабильная тенденция по росту в баллах от 161 в 2018 г. до 187 в 2022 г. (табл.). Следует отметить, что динамика роста не высокая, но положительные моменты существуют. Много делается в сфере строительства досуговых объектов и спортивных комплексов; развивается транспортная инфраструктура; медленно, но решаются вопросы по сносу аварийного жилья; осуществляется частичное озеленение и уход за существующими насаждениями.

Таблица

**Показатели Индекса качества
городской среды Брянской области [2]**

Количество городов	Индекс субъекта РФ, балл		Доля городов с благоприятной городской средой, %	
	План	Факт	План	Факт
16	2022 г.	187	38	38
	2021 г.	178	31	31
	2020 г.	*	170	*
	2019 г.	*	164	*
	2018 г.	*	161	*
Примечание: * – нет данных				

В рамках исследования интерес представляет изучение Индекса качества городской среды регионов, соседствующих с нашим. Анализ сведений позволяет сделать вывод, что в Брянском регионе недостаточно проводится мероприятий для улучшения качества городской среды (рис. 3). Очевидно, что в близлежащих регионах обстановка много лучше, а в сравнении с Московской областью нам есть куда стремиться.

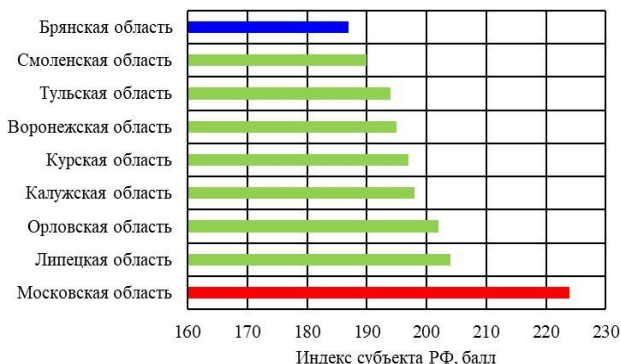


Рис. 3. Анализ показателей Индекса качества городской среды в сравнении с соседними регионами по данным [2]

Современные пространства городов должны становиться более комфортными для повседневной жизни и отдыха населения. Все городские пространства способны подстроиться под новые условия жизни и отдыха, качественно удовлетворять все потребности населения. Частичное несоответствие или утрата качеств пространств и объектов инфраструктур должна тщательно анализироваться органами власти при планировании развития территорий области. Оптимизация объектов и качественное улучшение территорий позволит обновить в лучшую сторону городскую среду и проявляемый интерес населения к ней.

Библиографический список

1. Индекс качества городской среды – инструмент для оценки качества материальной городской среды и условий ее формирования : официальный сайт. – Москва, 2024 – . URL: <https://xn---dtbcccchtsypabxk.xn--p1ai/#/> (дата обращения: 10.03.2024). – Текст : электронный.
2. Индекс качества городской среды в разрезе городов и субъектов Российской Федерации за 2022 год : официальный сайт. – Москва, 2024 – . URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/309391/> (дата обращения: 10.03.2024). – Текст : электронный.
3. Методика формирования индекса качества городской среды : официальный сайт. – Москва, 2024 – . URL: <http://static.government.ru/media/files/wbRiqrDYKeKbPh9FzCHUwWoturf2Ud0G.pdf> (дата обращения: 10.03.2024). – Текст : электронный.
4. Руководство по определению первоочередных направлений развития городской среды с помощью индекса качества городской среды. : официальный сайт. – Москва, 2024 – . URL: https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/133/rukovodstvo_index_compressed.pdf (дата обращения: 10.03.2024). – Текст : электронный.

5. Тарасова, Н. В. Аварийные объекты, подлежащие сносу, угроза устойчивому развитию города Брянска / Н. В. Тарасова. – Текст : непосредственный // Безопасный и комфортный город : сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции, 6-8 июня 2022 г. – Орел : Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2022. – С. 218-223.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, ПОВЫШАЮЩИХ НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОГО ПОТОКА

Тарасова Н.В., канд. техн. наук., доц.

Ермиленков А.В., студент

*Брянский государственный инженерно-технологический
университет, г. Брянск, Россия*

Качество функционирования и результативность строительного производства, можно определить следующими факторами: организационными, технологическими, техническими, социальными и экономическими. Рациональное решение вопросов организации и управления строительным производством способствует повышению его эффективности, а понимание их влияния повышает возможность управления ими [3]. Организации строительства до сих пор уделяется недостаточно внимания. Решение технических вопросов по-прежнему занимает центральное место в производстве строительных работ. Потому зачастую превышены нормативные сроки строительства, что отражается на технико-экономических показателях и эффективности деятельности строительных организаций.

На строительное производство воздействует много разнообразных факторов, в том числе и случайных, что в значительной степени влияет на срывы сроков ввода в эксплуатацию объектов. Поэтому важно учитывать воздействия этих факторов для правильной организации поточного строительства. Строительное производство сопровождается влиянием множества случайных факторов. С развитием технологий происходит усложнение систем строительного производства: применяются совершенные технологии, усложняются строительные машины, применяются эффективные в разной степени организационные структуры. Задействованное большое количество людей, машин и механизмов; влияние природных и погодных факторов; сопутствующие производственные неполадки – это факторы, которые возникают случайно и вносят неопределенность в процесс возведения объектов. Все это усложняет связи между элементами строительной системы.

Правильное управление строительной системой позволит ей нормально функционировать. Только при условии, что все составляющие

системы согласованы, можно говорить о полноценном результате. Если строительное производство подчиняется организационным формам, которые обеспечивают устойчивую производственную ситуацию, то, возможно, эффективное управление этой организационной системой – строительный поток – организационная форма, поддающаяся управлению (рис. 1). И на функционировании, которого заметно отражаются воздействия неблагоприятных факторов, которые в большей степени случайны.

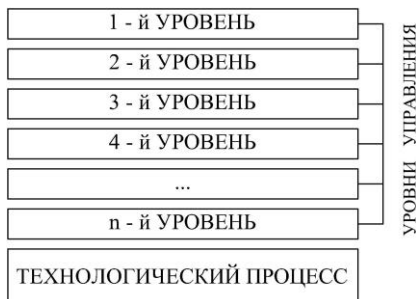


Рис. 1. Общая схема иерархии системы управления технологическим процессом

Проведенный анализ факторов, влияющих на надежность строительного потока, показал их множество. Есть факторы, которые можно учесть при проектировании строительного потока, это так называемые детерминированные факторы. А есть случайные факторы, которые правильно учесть значительно трудно, так как их влияние в совокупности носит вероятностный характер. В большей степени на надежность строительного потока влияют именно случайные факторы. Эти факторы случайны по природе, возникают в случайных комбинациях и в случайные моменты времени, поэтому оценить влияние каждого из множества в отдельности невозможно. Традиционно изучают случайные факторы в строительном производстве на основе статистических данных – выявляют совокупное их влияние на эффективность потока различных факторов, выделяют основные и оценивают долю влияния каждого из них. Отказ потока может произойти только в том случае, когда воздействие указанных факторов выйдет за установленные пределы. Указанные факторы воздействуют на надежность и эффективность строительного потока в явном и скрытом видах.

Случайные факторы, оказывающие влияние на надежность строительного потока, проявляются в большей мере, например, в виде потерь рабочего времени – скрытого и явного. Учесть и выявить скрытые потери рабочего времени трудно, но они значительны. Потери времени – это простои и лишняя работа. Механизированные строительные

процессы характеризуются следующими простоями [4]:

- 1) из-за отсутствия материалов на объекте;
- 2) из-за отсутствия электроэнергии или горючего;
- 3) из-за отсутствия фронта работ;
- 4) из-за отсутствия технической документации и указаний технического персонала;
- 5) из-за неисправностей машин и механизмов;
- 6) из-за отсутствия транспорта, осуществляющего подвоз материалов на объект строительства;
- 7) из-за нарушений трудовой дисциплины;
- 8) из-за неблагоприятных метеоусловий;
- 9) потери времени по прочим причинам и лишняя работа.

Приведенные факторы анализируются с точки зрения их управляемости для снижения негативного их влияния на качество функционирования строительного потока. Основная цель воздействий на эти факторы – полное или частичное устранение их влияния для повышения надежности строительного потока, а также контроль надежности в целом и по отдельным направлениям [2].

Воздействие полностью управляемых факторов на надежность строительного потока можно учесть заранее и в процессе функционирования потока можно изменить, например, объем работ по сооружениям и конструкциям; однотипность возводимых сооружений; способы производства работ; численность и квалификацию рабочих; количество машин и оборудования. Факторы 1–9 влияют на надежность строительного потока случайным образом и в случайные моменты времени. Простои 1–7 по характеру возникновения и продолжительности можно считать случайными, на них можно воздействовать с тем, чтобы свести их влияние к минимуму, то есть управлять ими в процессе строительства, но, учитывая их вероятностный характер возникновения, нельзя устранить полностью. Например, неблагоприятные метеоусловия и стихийные бедствия, это факторы, влияющие на надежность строительного потока, которые полностью независимы от человека. Их можно прогнозировать, учитывать при проектировании, но предвидеть время проявления и предотвратить возникновение нельзя.

Бесконечное множество факторов порождается многообразием условий строительства, которые в разной степени влияют на надежность строительного потока. Имеются факторы, наиболее существенно влияющие на надежность строительного потока. Снизить уровень производственных неполадок и повысить надежность строительного потока можно с помощью комплексных мероприятий – организационных и административных.

Надежность строительного потока можно повысить с помощью организационных мероприятий, эффективность которых оценивается

увеличением производительности труда, бесперебойностью подачи материалов и элементов, максимальной загруженностью машин и механизмов (рис. 2). Комплекс мероприятий направлен на учет особенностей таких факторов как управляемые, частично управляемые и неуправляемые путем воздействия на них.

Общее совершенствование системы строительного производства осуществляется с помощью мероприятий для управляемых факторов. Результатом проведения таких мероприятий является стабилизация деятельности строительного подразделения. Косвенное воздействие оказывается на частично управляемые и неуправляемые факторы, так как они связаны между собой. Например, баланс запланированных объемов работ с мощностью специализированной строительной организацией дает возможность работать ритмично, позволяет снизить уровень простоев. Снижение или устранение текучести кадров благоприятно влияет на воспитательную работу в коллективе, укрепляет трудовую дисциплину и повышает производительность труда.

При проведении всего комплекса перечисленных мероприятий важную роль играет планирование. Акофф Р. определяет, что «планирование – это процесс заблаговременного принятия и оценки взаимосвязанной совокупности решений в ситуации, когда предполагается, что желаемое состояние в будущем вряд ли наступит, если не принять специальных мер, и что, приняв соответствующие меры, можно увеличить вероятность благоприятного исхода» [1].

Для частично-управляемых и неуправляемых факторов, проведение указанного комплекса мероприятий, позволяет повысить надежность строительного потока и значительно уменьшить степень их воздействия, причем не в одинаковой мере и с различной уверенностью в успехе мероприятий. Например, правильно организованная работа по профилактике неисправностей машин и механизмов значительно снижает вероятность выхода из строя машин, но не устраняет эту вероятность вовсе. Однако такой фактор, как отсутствие техдокументации и указаний техперсонала, возможно устранить практически полностью. Причем отсутствие своевременных указаний техперсонала по вопросам производства работ – это фактор, имеющий вероятностную природу и его воздействие путем научной организации труда инженерно-технических работников, можно свести к минимуму (вероятность проявления останется, но будет незначительной). Аналогично и для комплекса административно-воспитательных мер – сократить случаи нарушения трудовой дисциплины можно, но вероятность повторения нарушений остается.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ	МЕРОПРИЯТИЯ, ПОВЫШАЮЩИЕ НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОГО ПОТОКА
Объем работ по возведению сооружения и конструкциям	← У → Баланс выполняемых объемов работ специализированной СО, увеличение сборных конструкций
Типовые сооружения	← П → Максимальное использование типовых проектов при строительстве, унификация конструкций
Способ производства работ	← Р → Применение совершенных, менее трудоемких способов производства работ
Принятая специализация и разделение труда рабочими	← А → В зависимости от объемов работ, их вида и мощности СО осуществить выбор оптимального уровня специализации, правильное разделение труда
Квалификация и численность рабочих	← В → Стабилизация численного состава рабочих, подготовка квалифицированных кадров, снижение до нуля их текучести
Наличие строительных машин и оборудования	← Л → Оптимальное число и тип машин для выбранного способа выполнения работ
Перебои в поставке материалов и конструкций к месту возведения объекта	← Я → Обеспечение запасами материалов, конструкций в объемах, необходимых для бесперебойной работы, сотрудничество с надежными поставщиками, применение штрафов за нарушения
Нарушения в выполнении отдельных фронтов работ по технологическим процессам	← Ч → Интервал между отдельными частными потоками должен быть стабильным
Отсутствие техдокументации и указаний техперсонала	← А → Всеобъемлющее обеспечение возводимых объектов проектно-сметной документацией до начала работ
Неработоспособность машин и механизмов	← С → Своевременная организация всех ремонтов, ТО машин и механизмов, обеспеченность запчастями и персоналом, осуществляющим ремонты, организация аварийной службы
Перебои в транспорте, осуществляющего подвоз материалов на объект	← Т → Наличие расчетного количества транспорта для подвоза материалов, бесперебойная организация его работы, диспетчерский контроль
Нарушения в трудовой дисциплине	← И → Введение и применение административно-воспитательных мер по профилактике нарушений, поощрительных мероприятий и наказаний за нарушения
Избыточная работа	← Ч → Оптимальное размещение материалов, конструкций на объектах, соблюдение технологии строительных процессов
Неблагоприятные метеорологические условия	← Н → При разработке календарных планов учитывать природно-погодные условия и климатологические справочники долгосрочных прогнозов погоды
Специфические условия и стихийные бедствия	← У → Учет и разработка защитных мероприятий от погодно-климатических воздействий при выполнении строительных процессов

Рис. 2. Мероприятия, повышающие надежность строительного потока

Вообще неустранимыми считаются неуправляемые случайные факторы и изменить или устранить вероятность их проявления вообще невозможно. Снизить степень действия таких факторов на надежность строительного потока можно с помощью проведения запланированных защитных мероприятий. Основными факторами здесь являются

неблагоприятные природно-погодные условия, поэтому тщательный учет их влияния на надежность возможен только при проектировании потока с помощью статистики путем разработки технических мероприятий для борьбы с влиянием этого фактора при производстве и с учетом особенностей строительных процессов. Например, интересные решения по учету, оценке влияния таких факторов и организации мероприятий представлены в работе [5].

Вывод: Анализ факторов, влияющих на надежность потока, показал, что обеспечить полное устранение неполадок, вызываемых случайными факторами в строительном производстве, невозможно. Величина и количество возникающих неполадок обусловлены степенью развития организации и имеющейся техники в подразделении; уровнем развития производительных сил, присущих строительному производству в определенный момент времени. Множество возникающих помех случайны по времени и характеру возникновения, что способствует их изучению, определению вероятности возникновения, характера и степени воздействия на поток. Для повышения производительности при выполнении строительных процессов надо целенаправленно бороться с простоями, принимая разные меры. Воздействие производственных неполадок на технологические процессы в строительстве игнорировать невозможно, это очевидно и исходит из строительной практики. Дестабилизирующее влияние случайных факторов в строительном потоке должно быть учтено заранее, так как устойчивая производственная ситуация может перестать быть устойчивой.

Библиографический список

- Акофф, Р. Л. Планирование в больших экономических системах / Р. Л. Акофф ; [перевод с английского Г. Б. Рубальского] ; под редакцией д-ра техн. наук И. А. Ушакова. – Москва: Сов. радио, 1972. – 223 с. – Текст : непосредственный
- Жавнеров, П. Б. Проблемы повышения организационно-технологической надежности строительной организации / Жавнеров П. Б., Гинзбург А. В. – Текст : непосредственный // Вестник ИрГТУ. Серия: Строительство и архитектура. – 2014. – № 11 (94). – С. 156-161.
- Князева, Е. В. Эффективность деятельности предприятия и факторы, влияющие на нее / Князева Е. В., Шаповалов Е. В. – Текст : непосредственный // Вестник университета. – 2018. – № 2. – С. 112-115.
- Томаев, Б. М. Надежность строительного потока / Б. М. Томаев. – Москва : Стройиздат, 1983. – 129 с. – Текст : непосредственный
5. Morrish, S. C. Post-disaster business recovery: An entrepreneurial marketing perspective / Morrish S. C., Jones R. – Text // Journal of Business Research. – 2020. – Vol. 113. – P. 83-92.

НАПРАВЛЕНИЕ УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

ПРИМЕНЕНИЕ BIM (ТИМ) ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В СЕЙСМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ РАЙОНАХ

**Зайнулин Д.А., магистрант,
Нестерова О.П., канд. техн. наук**

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

Здания и сооружения в сейсмически опасных районах подвержены разрушению и частичной потере целостности от мало предсказуемых и одновременно серьезных нагрузок, таких как землетрясения. Повреждения, возникающие в рассматриваемых зданиях и сооружениях из-за воздействия сейсмических нагрузок, могут иметь катастрофические последствия. В области мониторинга состояния зданий и сооружений было предпринято много усилий по минимизации последствий, возникающих в результате стихийных бедствий, путем выявления повреждений в конструкциях. Для обработки больших объемов данных, полученных по результатам мониторинга повреждений, существуют различные методы, основанные на использовании искусственного интеллекта. Согласно тенденциям последних лет используются данные о повреждениях конструкций зданий и сооружений, полученные в результате численного анализа, а также данные, соответствующие предсказаниям будущего поведения. В этой статье представлен обзор современных подходов по мониторингу конструкций зданий и сооружений, который можно применять в условиях сейсмической опасности площадки строительства.

Общеизвестно, что в течение срока службы зданий и сооружений их конструкции подвержены разрушениям, что впоследствии приводит к снижению прочности конструкции. Частичная или полная потеря целостности конструкции в результате сейсмических воздействий также приводит к ухудшению характеристик устойчивости зданий и сооружений и к уменьшению их срока службы. При наличии повреждений конструкций, образованных на этапе строительства и эксплуатации, сейсмостойкость зданий и сооружений может быть снижена, что приводит к значительному риску возможной гибели людей и/или разрушению ценного оборудования. В связи с событиями последних лет, произошедших в разных странах мира во время

землетрясений, становится важным не только расчет зданий и сооружений на сейсмические воздействия, но и сопровождение зданий и сооружений на этапе строительства и эксплуатации. В связи с этим были разработаны технологии мониторинга состояния конструкций (structural health monitoring) для обеспечения безопасности сооружений [1, 2]. На основе передовых технологий при мониторинге состояния конструкций измеряются смещение [3], деформация [4] и вибрация [5] конструкции. В связи с этим, были разработаны методы извлечения уникальных характеристик конструкций, измеренных в конструкции при вибрационном воздействии [6], а также методы оценки и анализа изменений, определения наличия, местоположения и степени структурных повреждений после нагрузки [7].

Первый метод мониторинга включает в себя устройство датчиков на здания (преимущественно на сверхвысокие), которые отслеживают перемещения, деформации и модальные параметры сооружения в реальном времени. Анализ общего состояния конструкции проводят по модальным параметрам с помощью метода ОМА (операционный модальный анализ) – метода, использующего вибрацию окружающей среды, измеренную в условиях случайного возбуждения. Так, с помощью различных методов ОМА была обозначена зависимость собственной частоты и демпфирования от температуры и влажности среды, и в связи с этим коэффициент демпфирования или его диапазон предоставляются как один из результатов ОМА [6]. Этот метод использовался в «Кантонской башне» высотой в 610 м в Китае, в Шанхайском всемирном финансовом центре высотой 632 м в Китае, в Бурдж-Халифе высотой 828 м в ОАЭ (рис. 1).

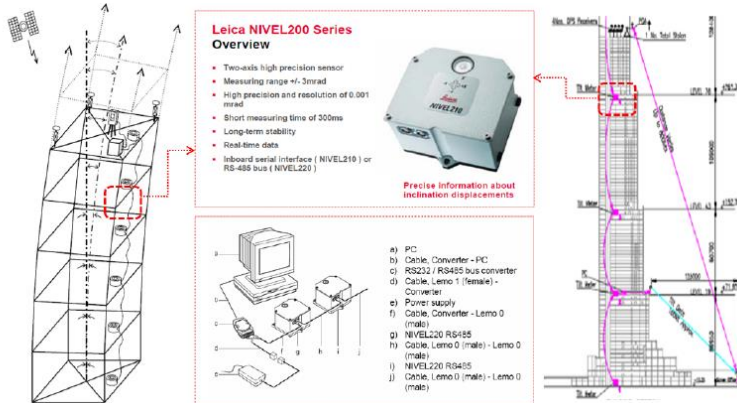


Рис. 1. Схема мониторинга перемещений с помощью установки клинометров в Бурдж-Халифе, ОАЭ

Метод оценки и анализа изменений, определения наличия, местоположения и степени структурных повреждений после нагрузки с помощью сверточной нейронной сети (СНС) основан на выявлении повреждений в конструкции с помощью ультразвуковых горизонтальных волн (УГВ) и дальнейшего анализа с помощью СНС. На конструкции устанавливаются датчики, испускающие и принимающие волны, результат которых анализируются сетью и далее выдается прогноз состояния повреждения (рис. 2). Исследования данного метода на примере мониторинга металлических пластин, часть которых была целой, а часть – повреждена, показали точность результатов в 99 % [7].

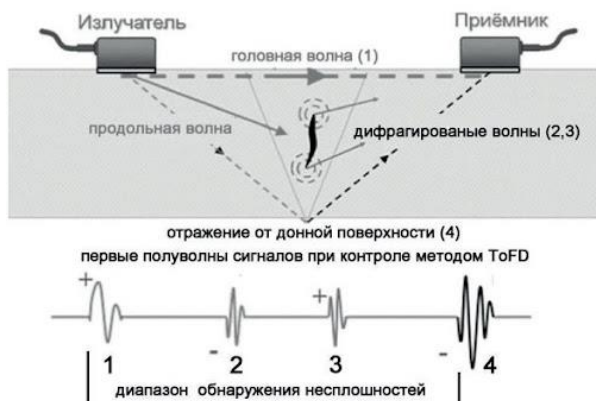


Рис. 2. Схема мониторинга конструкции с помощью ультразвуковых волн

Очевидно, что обучение машины с использованием смоделированных данных, не может предсказать достоверно будущий ущерб. Решением данного аспекта служило самообучение сети. На основе этого был предложен метод локализации повреждений строительных конструкций с использованием корреляции данных измерений. Суть метода: строятся две конечно-элементные модели здания (целая и поврежденная); поврежденный этаж здания выявляется посредством корреляционного анализа динамических структурных реакций как целых, так и поврежденных частей здания, а в качестве исходных данных для анализа служат показатели ущерба из предыдущих результатов мониторинга зданий. В характеристиках распределения показателей повреждений наблюдается несоответствие данных, полученных при подстановке реакций целой и поврежденной состояний конструкций. Расхождение проверяют коэффициентом корреляции (КК). Для количественной оценки расхождения, представляющего корреляцию между показателями ущерба, применяют коэффициент корреляции

Пирсона (ККП) и коэффициент ранговой корреляции Кендалла (КРК).

В статье были рассмотрены современные подходы к мониторингу зданий и сооружений, в том числе в условиях сейсмической опасности зданий и сооружений.

Библиографический список

1. Али Р., Чуа Дж.Х., Талип М.С.А., Мохтар Н., Шоаиб М.А. Автоматическая сегментация трещин на уровне пикселей на изображениях с использованием полностью сверточной нейронной сети на основе остаточных блоков и локальных весов пикселей // Инженерные приложения искусственного интеллекта 104 (2021) 104391.

2. Вутон А.Дж., Батчер Дж.Б., Кириаку Т., Дэй К.Р., Хейкок П.В. Мониторинг состояния конструкции пешеходного моста с использованием сетей эхо-состояния и NARMAX // Инженерные приложения искусственного интеллекта 64 (2017), с. 152-163.

3. Парк С.В., Парк Х.С., Ким Дж.Х., Адели Х. 3D-модель измерения смещения для мониторинга состояния конструкций с использованием системы захвата движения // Измерение, 59 (2015), с. 352-362.

4. Салехи Х., Бисвас С., Бургено Р. Структура интерпретации данных, объединяющая машинное обучение и распознавание образов для автономной идентификации повреждений на основе данных с вариациями собранной энергии // Инженерные приложения искусственного интеллекта 86 (2019) с. 136–153.

5. Перес-Рамирес К.А., Амескита-Санчес Х.П., Адели Х., Вальтерра-Родригес М., Камарена-Мартинес Д., Ромеро-Тронкосо Р.Дж. Новая методология идентификации модальных параметров интеллектуальных гражданских конструкций с использованием вибраций окружающей среды и синхронизированного вейвлет-преобразования // Инженерные приложения искусственного интеллекта, том 48, февраль 2016 г., с. 1-12.

6. Пак Х.С., О Б.К. Мониторинг состояния конструкций строящегося сверхвысокого здания в режиме реального времени на основе стратегии визуальной модальной идентификации // Автоматизация в строительстве, Том 85, январь 2018, с. 273-289.

7. Саттарифар А., Несторович Т. Локализация и характеристика повреждений с использованием одномерной сверточной нейронной сети и разреженной сети преобразователей // Инженерные приложения искусственного интеллекта 115 (2022) 105273.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Максимов В. А., аспирант,
Силкин В.В., канд техн. наук, проф.

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический
университет (МАДИ), Москва, Россия*

Основным, довольно существенным преимуществом цементобетонных покрытий перед асфальтобетонными является их долговечность (более долгий срок службы, более 30 лет), при относительно одинаковых единовременных затратах в период их строительства, который может быть достигнут только в случае выполнения условий своевременного мониторинга. Своевременный мониторинг состояния цементобетонных покрытий на стадии их эксплуатации позволит выявить различные дефекты, ставшие следствием существенных разрушений (тем самым привести к капитальному ремонту), а также незамедлительно их предотвратить, назначив для этого соответствующие мероприятия по ремонту.

Все материалы делятся на две категории – гидрофобные и гидрофильные:

– гидрофобные материалы – материалы, которые не побаиваются взаимодействия с водой или ее парами, иными словами, вода их не смачивает, в поры не втягивается, в результате чего они остаются сухими;

– гидрофильные материалы – материалы, которые при взаимодействии с водой или ее парами (гигроскопичные материалы) притягивают к себе молекулы воды (процесс смачивание) и втягивают в свои поры [2].

Исходя из вышеописанных определений, можно сделать вывод, что бетон относится именно к гидрофильным материалам.

Таким образом, бетонные конструкции подвержены проникновению влаги (воды), так как на них влияют агрессивные факторы в виде атмосферных осадков, попеременного замораживания и оттаивания, что приводит к его разрушению. В результате чего, в бетоне образуется коррозия (процесс разрушения его структуры, под воздействием окружающей среды). Отсюда возникает необходимость в улучшении водостойкости бетона.

Выделяют два вида защиты бетона от воздействия коррозии: первичная (объемная гидрофобизация) и вторичная (поверхностная гидрофобизация) защита.

Особое внимание будет направлено на второй вид «вторичная защита», сущность которого заключается в том, что на поверхность

цементобетонных покрытий наносят защитные материалы (гидрофобизаторы, т.е. поверхностная гидрофобизация).

Необходимо понимать, чем же отличаются гидрофобизаторы от гидрофобизации? Гидрофобизаторы представляют собой жидкости (в момент использования), а гидрофобизация – процедура обработки данной жидкостью гидрофильных материалов.

Гидрофобизаторы – материалы, которые изменяют поверхностное натяжение или поверхностную энергию в порах и микротрещинах, увеличивая угол контакта жидкости и, следовательно, устойчивость к абсорбции (процесс поглощения газов или паров жидкости). Материалы производятся на основе смесей силиконов, растворяющихся жидкостей из органических веществ и эфирных соединений кислот кремния (кремнийорганическая жидкость).

Как правило, гидрофобизаторы относятся к проникающей гидроизоляции.

В процессе нанесения данного материала на поверхность, та самая жидкость просачивается в глубь на некоторую глубину, но не менее 2 мм, заполняя микротрещины и поры, тем самым образуя защитную пленку на поверхности покрытия.

В итоге мы получаем гидрофобный бетон (вид бетона, на поверхности которого вода отталкивается посредством гидрофобной обработки). Иными словами, гидрофобизация бетона позволяет добиться повышения долговечности конструкции, замедления образования коррозионных процессов в бетоне и понижения стоимости жизненного цикла бетонных конструкций.

Помимо всего прочего, гидроизоляционные материалы (защита от проникновения или вредного воздействия жидкости) обладают целым рядом свойств, таких как прочность, морозостойкость, пожаробезопасность и долговечность.

В настоящее время наиболее эффективным средством для обеспечения защиты бетона от коррозии и других негативно влияющих природно-климатических факторов на бетонные конструкции являются именно гидрофобизаторы [1]. Основной особенностью кремнийорганических гидрофобизаторов является образованная защитная пленка, которая не мешает движению в порах воздуха и водяных паров (то есть сохраняется воздухопроницаемость) и надежная защита конструкций несмотря на очень низкую (-50 °C) и очень высокую (+50 °C) температуру.

Нельзя не признать тот факт, что технологии строительства дорожных покрытий нескончаемо развиваются. Так, например, на место классического серого бетона приходит новая технология устройства цементобетонных покрытий под названием «мытый бетон», он же – обнаженный заполнитель.

Данная технология нашла широкое применение в Германии при двухслойной технологии устройства цементобетонных покрытий и была принята, как успешная технология в качестве стандарта в 2006 г. [2].

Мытый бетон, немецкое наименование «WaschBeton» – представляет собой технологию производства, заключающуюся в нанесении пленкообразующего материала совместно с добавкой-замедлителя (способствующие замедлению схватывания бетонной смеси) на верхний слой уложенного цементобетонного покрытия (рис. 1). Как только бетон затвердел и стал пригодным для движения, начинают выполнять необходимые работы по обнажению с помощью сухих металлических щеток, установленных на дорожной технике, в процессе чего происходит обнажение заполнителей (рис. 2) (глубина шероховатости может составлять от 0,6 до 1,1 мм, в среднем 0,8 мм) (рис. 3). Сразу после выполнения работ по обнажению заполнителей, производится нанесение второго слоя пленкообразующего материала (рис. 4) [3].



Рис. 1. Нанесение пленкообразующего материала совместно с добавкой-замедлителя на верхний слой уложенного ц/б покрытия



Рис. 2. Обнажение заполнителей с помощью сухой металлической щетки, установленной на дорожной технике



Рис. 3. Текстура поверхности покрытия после обнажения заполнителей



Рис. 4. Нанесение второго слоя пленкообразующего материала после обнажения заполнителей

Технология «Мытый бетон» способствует снижению уровня шума и получению текстуры поверхности покрытия, обладающей необходимой шероховатостью, а также приданию покрытия эффектного внешнего вида.

Основной принцип работы данной технологии связан с обеспечением условий для неравномерного вызревания (изменения скорости твердения) бетона в верхнем (внешнем) и нижнем (внутреннем) его слоях с помощью использования добавок-регуляторы, другими словами, необходимо чтобы нижний слой набирал прочность естественным путем, одновременно с этим на верхний слой необходимо нанести добавки-замедлители.

Добавки можно разделить на две основные категории: замедляющие и ускоряющие процесс схватывания и твердения бетона, где:

– добавки-замедлители: практически все пластификаторы, основанные на поверхностно-активных веществах (ПАВ) принцип действия которых заключается в создании адсорбционных оболочек из молекул поверхностно-активных веществ на поверхности частиц

цемента, ограничивающих поступление воды к его частицам и замедляющих процесс гидратации;

– добавки-ускорители: электролиты (кислоты, основания и большинство солей), которые попадая в смесь и растворяясь в ней образуют сольваты – прочные соединения молекул добавок с молекулами воды, принцип действия которых заключается в повышении активности гидратации за счет того, что добавки реагируют с минералами цемента и влияют на гидролиз трехкальциевого силиката, поднимают наличие в жидкой фазе цемента ионов кальция и гидроксидов.

Защиту цементобетонных покрытий от негативно влияющих на них различных факторов целесообразно обеспечить с использованием гидрофобизирующих кремнеорганических жидкостей, которые при нанесении на их поверхность способствуют образованию пленки (слоя) защищающей их от перепада температуры, проникновения (насыщение) влаги и так далее.

Шероховатый слой – специально создаваемый поверхностный слой дорожного покрытия, обладающий шероховатостью, защитными и сцепными свойствами.

Для обработки поверхности покрытия применяют следующие способы:

Современной технологией получения шероховатых поверхностей на цементобетонных покрытиях является их обработка способом, заключающегося в создании специальных пилообразных продольных канавок с помощью лезвий дисков с алмазным напылением.

Технология «*Rugor*» – заключается в создании волнообразных и пилообразных мелких неровностей на поверхности цементобетонных покрытий посредством стальных щеток или механизма, выполняющего выпуск струй воды под высоким давлением (800-900 бар), непосредственно расположенных на дорожной машине.

Технология «*Addagrip 1000*» – заключается в создании шероховатой поверхности на цементобетонных покрытиях (преимущественно на аэродромах) с помощью их термической обработки струей сжатого воздуха, нагретого до температуры 1000 °С подаваемого со скоростью 305 м/с, после чего на поверхность наносится специальная смола и наполнитель, что обеспечивает покрытию повышенные сцепные свойства. Применение данной технологии одновременно способствует испарению в полном объеме из покрытия влаги, выгоранию органических примесей и выдуванию мелкодисперсных частиц из материала (рис. 5). [4]



Рис. 5. Технология Addagrip 1000

Для повышения характеристик существующей конструкции жесткой дорожной одежды, в том числе стойкости цементобетонных покрытий к водонасыщению и замерзанию выпадающих на них атмосферных осадков, выполняют поверхностную гидроизоляцию с помощью применения гидрофобизаторов, имеющих по сравнению с мероприятиями устройства слоев износа значительно низкую стоимость (учитывая их довольно часто повторное нанесение).

Современные эффективные технологии, используемые в процессе строительства и ремонта цементобетонных покрытий, могут быть применены в качестве способа по увеличению их характеристик (эксплуатационных и технических), в том числе по увеличению их срока службы.

Рассмотренные методы и технологии позволят также снизить эксплуатационные затраты и обеспечить значительную экономию времени, в перспективе, создавая интересность применения цементобетона в дорожном строительстве.

Библиографический список

1. Максимов, В.А. Исследование эффективности гидрофобизирующих составов для цементобетонных покрытий автомобильных дорог / В.А. Максимов, В.В. Ушаков // Сборник «Дороги и мосты» – 2023. – № 50-2.

2. Магомедов, Г.О. Защита и восстановление поверхностного слоя цементобетонного покрытия автомобильных дорог / Г.О. Магомедов // Вопросы устойчивого развития общества – 2020. - № 4-2.

3. Магомедов, Г.О. Современные методы восстановления и упрочнения поверхностного слоя цементобетонных покрытий автомобильных дорог / Г.О. Магомедов // Вопросы устойчивого развития общества – 2021. - № 2.

4. Addagrip 1000 System [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.addagrip.co.uk/51/specialist-treatments/addagrip-1000-system> (дата обращения: 04.02.2024).

5. Ассоциация бетонных дорог. В России достаточно организаций, имеющих опыт строительства цементобетонных покрытий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://roadconcrete.ru/press-center/articles/v-rossii-dostatochno-organizatsiy-imeyushchikh-opyt-stroitelstva-tsementobetonnykh-pokrytiy/> (дата обращения: 04.02.2024)

КЛАССИФИКАТОР СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ КАК ВАЖНЫЙ АСПЕКТ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ВСЕМ ПРОТЯЖЕНИИ ЕГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Никулина Ю.А., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Одним из важнейших направлений совершенствования процесса управления жизненным циклом объекта капитального строительства является цифровая трансформация строительной отрасли. Цифровая трансформация является одним из трех направлений, выделенных в Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2022 г. № 3268-р. Указанные направления включают в себя также административную и профессиональную трансформацию. Что касается цифровой трансформации, целевым ориентиром ее мероприятий являются формирование и развитие цифровой системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства, городского и жилищно-коммунального хозяйства, отвечающей современным отраслевым вызовам, а в число задач входят:

– цифровая трансформация процессов и услуг, административных процедур в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства, внедрение информационных технологий на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства;

– консолидация информации о градостроительной деятельности на всей территории Российской Федерации, обеспечивающая поддержку принятия управленческих решений и широкий доступ для участников отрасли с целью минимизации транзакционных издержек взаимодействия и другие.

Одной из важнейших составляющих цифровой трансформации строительства являются технологии информационного моделирования. Впервые понятие «информационная модель» было закреплено официально в Градостроительном кодексе Федеральным законом от 27.06.2019 г. № 151-ФЗ [5, 7].

На всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства задействовано большое количество участников [4]. Согласно градостроительному кодексу (ст. 57.5, п. 1) непосредственно *формирование и ведение информационной модели* обеспечивают застройщик, технический заказчик, лицо, обеспечивающее или осуществляющее подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицо, ответственное за эксплуатацию объекта капитального строительства, в случаях, установленных Правительством Российской Федерации. Тем не менее, число участников, оказывающих влияние на эффективность его функционирования, гораздо больше. Цифровая трансформация строительной отрасли и ЖКХ направлена в том числе на формирование условий для более эффективного взаимодействия участников. Технологии информационного моделирования рассматриваются «не только в практической деятельности проектных и строительных организаций, но и при взаимодействии с органами власти, осуществляющими полномочия по проведению государственной экспертизы проектной документации, государственного строительного надзора, выдаче разрешений на строительство» [1].

Уже функционируют государственная информационная система «Единый государственный реестр заключений экспертизы проектной документации объектов капитального строительства», автоматизированная информационная система «Реформа ЖКХ» и др., также нужна и система для хранения и анализа информационных моделей объектов капитального строительства. В связи с чем Федеральным законом от 27.06.2019 г. № 151-ФЗ было закреплено понятие «классификатор строительной информации» [5, 7].

Классификатор строительной информации согласно Градостроительному кодексу Российской Федерации – это информационный ресурс, распределяющий информацию об объектах капитального строительства и ассоциированную с ними информацию в соответствии с ее классификацией (классами, группами, видами и другими признаками). Использование классификатора строительной информации является обязательным для формирования и ведения информационной модели в случаях, когда информационная модель требуется. Правомочия обладателя информации, размещенной в классификаторе строительной информации от имени Российской Федерации, осуществляет федеральный орган исполнительной власти с функциями по выработке и реализации государственной политики и

нормативно-правовому регулированию в сфере строительства, архитектуры, градостроительства.

Классификатор строительной информации позволяет обеспечить единый цифровой язык общения и обмена данными между информационными системами участников, чтобы можно было однозначно идентифицировать строительные элементы в информационной модели на всем протяжении жизненного цикла объекта [7]. Также классификатор строительной информации является основой для перевода нормативной технической документации в машиночитаемый формат [7].

Правила формирования и ведения классификатора строительной информации изложены в Постановлении Правительства РФ № 1416 от 12.09.2020 г. [2] (в том числе порядок внесения изменений). Структура и состав классификатора строительной информации представлены в Приказе Минстроя №430/пр от 06.08.2020 г. [3], где введены понятия «базовые категории» и «базовые классы» строительной информации. К базовым категориям строительной информации относятся «характеристика», «ресурс», «процесс» и «результат». Базовые классы перечисленные и распределенные по базовым категориям в Приказе Минстроя №430/пр от 06.08.2020 г. [3] в данной работе представлены схематично на рис. 1.

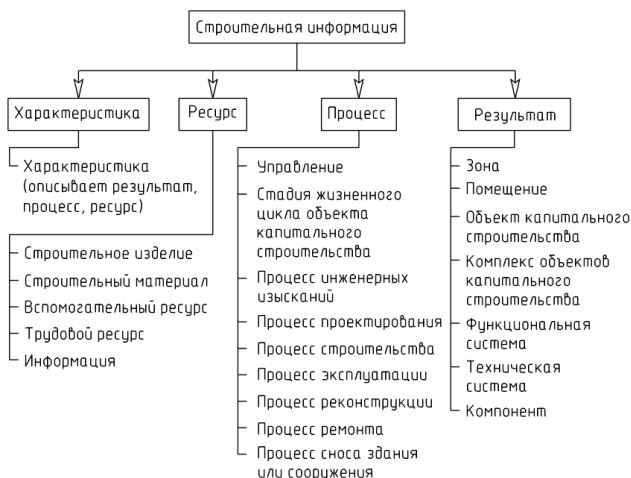


Рис. 1. Базовые категории и классы строительной информации

С 1 декабря 2020 г. вступили в силу положения статьи 57.6 Градостроительного кодекса Российской Федерации, определяющие понятие и область применения классификатора строительной

информации, а также компетенцию Минстроя России и подведомственного ему учреждения (ФАУ «ФЦС») на осуществление деятельности по его формированию и ведению с использованием государственной информационной системы обеспечения градостроительной деятельности Российской Федерации (ГИСОГД РФ). Классификатор строительной информации имеет статус подсистемы ГИСОГД РФ [6].

Формирование классификатора строительной информации, согласно п. 2 Правил формирования и ведения классификатора строительной информации, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 12 сентября 2020 г. № 1416, осуществлено посредством его создания в ГИСОГД РФ в соответствии со структурой и составом классификатора строительной информации, утвержденными приказом Минстроя России от 6 августа 2020 г. № 430/пр, и с учетом апробированных результатов научного исследования [6].

На базе ГИСОГД РФ сформирован реестр документов, содержащих требования, подлежащие применению при проведении экспертизы проектной документации и экспертизы результатов инженерных изысканий, а также документов по стандартизации, содержащих требования, подлежащие применению при осуществлении архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, эксплуатации и сноса объектов капитального строительства, который продолжает дополняться.

При этом следует учитывать, что использование классификатора строительной информации требует постоянной аналитической деятельности и внесения усовершенствований как в сам документ, так и в практику его применения. Исходя из этого следует рекомендовать:

- постоянно выявлять узкие и проблемные места применения классификатора строительной информации и оказывать управляющие воздействия, направленные на их устранение;

- своевременно и в необходимом количестве обеспечивать обозначенный сектор деятельности специалистами, способными работать с указанной базой, при этом учитывая, что будет наблюдаться необходимость в их увеличении по мере расширения перечня видов проектов и объектов капитального строительства, в которых ведение информационной модели будет обязательным;

- вышеозначенная в предыдущем пункте проблема масштабнее, потому что лица, ответственные за управления объектом капитального строительства, формирование и ведение информационной модели будут меняться в течение всего жизненного цикла объекта капитального строительства, что приводит к еще большему числу участников процесса;

- своевременно обозначать, какие сведения необходимо вносить в информационную модель на протяжении всего жизненного цикла

объекта капитального строительства, в том числе в соответствии с изменениями в нормативных документах и особенно на этапе эксплуатации – самом длительном по временному параметру;

– необходимо применять все современные механизмы и инструментарий для обеспечения защиты информационной базы.

Исследованы основные аспекты применения классификатора строительной информации как действенного инструмента для повышения эффективности деятельности в единой цифровой базе информационных моделей объектов капитального строительства на протяжении всего жизненного цикла.

Выявлены некоторые узкие места, требующие дальнейшего анализа и совершенствования.

Библиографический список

1. Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2022 г. № 3268-р.

2. Постановление Правительства РФ от 12 сентября 2020 г. № 1416 «Об утверждении Правил формирования и ведения классификатора строительной информации».

3. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 06.08.2020 № 430/пр. «Об утверждении структуры и состава классификатора строительной информации».

4. Никулина Ю.А. Проблемно-ориентированный подход к цифровой трансформации систем управления жизненным циклом объектов капитального строительства // Вестник Евразийской науки. 2023. Т. 15. № 5. URL: <https://esj.today/PDF/07SAVN523.pdf>.

5. Никулина Ю.А. Факторы, оказывающие влияние на эффективность системы управления объектом капитального строительства на всех этапах его жизненного цикла // Сборник VII Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в строительстве». Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. С. 237-240.

6. Официальный сайт государственной информационной системы обеспечения градостроительной деятельности Российской Федерации (ГИСОГД РФ) [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gisogd.gov.ru> (дата обращения: 30.03.2024).

7. Официальный сайт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации [электронный ресурс]. Режим доступа: www.minstroyrf.gov.ru (дата обращения: 25.03.2024).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.,
Чесноков И.А., магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Физический износ может привести к снижению прочности и устойчивости здания, что, в свою очередь, увеличивает риск аварийных ситуаций и создает угрозу для жизни и здоровья людей, находящихся внутри здания. Однако, помимо этого, физический износ также может привести к увеличению расходов на ремонт и техническое обслуживание здания, что является нежелательным как для собственников, так и для управляющих компаний. Следовательно, интенсивность физического износа гражданских зданий является важной проблемой, которую необходимо решать на всех этапах жизненного цикла здания – при проектировании, строительстве и эксплуатации [1, 2].

Эксплуатационный период здания можно условно подразделить на три ключевых этапа: первоначальный период приработки, стандартный период нормальной эксплуатации и завершение срока службы. Из наблюдений за техническим состоянием здания и за работой строительных конструкций следует, что уровень износа увеличивается к завершающему периоду примерно в полтора раза по сравнению с начальным периодом приработки. Статистически, наиболее интенсивное старение зданий происходит в первые 20-30 лет, а затем после 100 лет эксплуатации [3].

Проведение обследования зданий и сооружений включает в себя ряд мероприятий, направленных на выявление и оценку реальных значений контролируемых эксплуатационных параметров. Эти параметры характеризуют работоспособность объекта обследования и определяют возможность его дальнейшей эксплуатации, потребность в реконструкции, а также необходимость проведения восстановительных, усиливающих или ремонтных работ. Осмотр направлен на оценку технического состояния зданий, их структурных компонентов и инженерных систем. На основе результатов осмотра составляется заключение о текущем техническом состоянии здания или сооружения [4].

При обычных условиях здание постепенно подвергается износу. Этот процесс позволяет прогнозировать изменения состояния объекта и вероятности возможных сбоев, и отклонений в любой момент времени. Кроме того, одной из целей оценки технического состояния объекта может быть выявление причин возникновения и прогрессирования дефектов и повреждений в конструкциях, с последующим формированием рекомендаций по эксплуатации, способствующих

замедлению процесса износа.

Для оценки технического состояния здания или сооружения применяются два основных метода: визуальный осмотр и инструментальное обследование.

Визуальное осмотр, также называемое предварительным обследованием, осуществляется с целью предварительной оценки технического состояния здания, строительных конструкций на основе внешних и косвенных признаков. Обычно при предварительном обследовании осуществляется всестороннее визуальное исследование конструкций здания, инженерного оборудования, электрических сетей и средств связи (в зависимости от цели обследования), без взятия образцов материалов для лабораторных испытаний. При этом производятся необходимые измерения, с обязательной фиксацией.

Оценка технического состояния объекта обследования базируется на обнаруженных дефектах и повреждениях. В зависимости от целей обследования, процесс может завершиться после проведения визуального осмотра, если полученной информации достаточно для решения поставленных задач. Однако, если результаты этапа визуального осмотра недостаточны для поставленных целей или выявленные дефекты и повреждения оказывают негативное влияние на прочность, устойчивость и жесткость несущих конструкций здания, тогда производится переход к более детальному обследованию.

Для зданий, сооружений и их конструкций, у которых в результате визуального обследования обнаружены дефекты и повреждения, воздействующие на их несущую способность, жесткость и устойчивость, или после воздействия различных факторов, проводится инструментальное (детальное) обследование.

Проведение детального обследования представляет собой более сложный процесс по сравнению с предварительным обследованием, требующий выполнения обширного объема процедур, а также проведения научных и инженерных исследований. Для выполнения этого этапа привлекаются высококвалифицированные специалисты, обладающие навыками использования специализированных приборов и умением качественного анализа полученных результатов. Эти эксперты должны быть в состоянии предсказывать дальнейшее поведение конструкций и предоставлять рекомендации по их эксплуатации, ремонту и т.д. [5].

Обследование зданий и сооружений с использованием инструментальных методов может быть классифицировано как выборочное и сплошное. При выборочном обследовании испытания проводятся на определенных конструктивных элементах с применением различных неразрушающих и разрушающих методов. Сплошное обследование, как правило, осуществляется в соответствии с техническим заданием на проведение работ и при наличии полной технической документации по объекту [6].

В завершении детального обследования объекта устанавливается категория технического состояния здания, проводится оценка состояния инженерных систем, обосновываются наиболее вероятные причины возникновения дефектов и повреждений, а также предоставляется перечень мероприятий по усилению или ремонту конструкций.

В общем случае возможное количество технических состояний и направления переходов между этими состояниями можно представить соответствующей диаграммой состояний, как показано на рис.

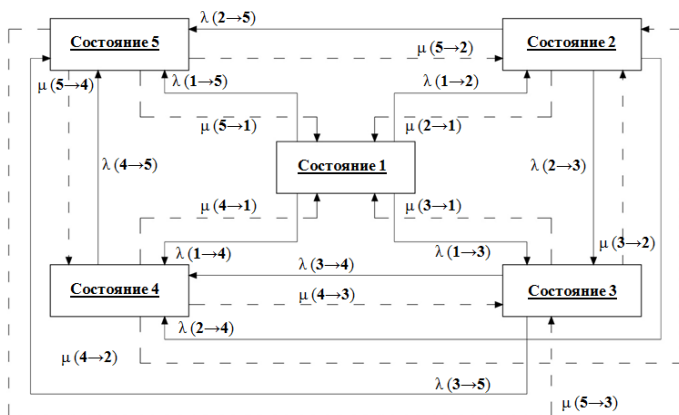


Рис. 1. Схема возможных технических состояний здания: λ – количественный параметр, характеризующий направление перехода из менее значительного в более значительное состояние; μ – количественный параметр, характеризующий направление перехода из более значительного в менее значительное состояние

В качестве возможных (рис. 1) рассматриваются следующие категории технических состояний стальных конструкций производственных зданий:

Состояние 1: техническое состояние, характеризующееся минимальным отклонением (или отсутствием) показателей качества от установленных (проектных) значений условий и/или режимов работы (аналогичное категории: «исправный»);

Состояние 2: техническое состояние, характеризующееся наличием таких отклонений показателей качества от установленных (проектных) значений, которые не являются критичными для фактических условий эксплуатации и/или всех режимов эксплуатации (аналогичное категории: «работоспособный»);

Состояние 3: техническое состояние, характеризующееся наличием таких отклонений показателей качества от установленных (проектных) значений, которые являются критическими для фактических условий эксплуатации и/или всех режимов эксплуатации (аналогичное категории:

«ограниченно работоспособный»).

Состояние 4: техническое состояние, характеризующееся наличием таких отклонений показателей качества от установленных (проектных) значений, которые являются критическими для реальных условий эксплуатации и не допускают реализации установленных (проектных) режимов эксплуатации, за исключением единичного режима с ограничениями или без них (аналогичное категории: «недопустимый»);

Состояние 5: техническое состояние, характеризующееся наличием таких отклонений показателей качества от установленных (проектных) значений, которые настолько критичны для реальных условий эксплуатации, что требуют немедленного прекращения любого возможного режима эксплуатации (аналогичное категории: «неработоспособный (аварийный)»).

Переходы между принятыми категориями технических состояний определяются количественными параметрами вида λ и μ (см. рис. 1). Эти показатели напрямую связаны со значениями зарегистрированного количества дефектов, повреждений и явлениях усталости, а также с восстановлением соответствующих показателей качества. Количественные значения параметров λ и μ определяются на первом этапе оценки технического состояния зданий [7].

Функциональная зависимость показателя износа от продолжительности рассматриваемого периода эксплуатации устанавливается при помощи параметра, который отображает качество здания после последовательной реализации этапов изготовления, строительства в условиях воздействия местных природно-климатических факторов, конкретных условий эксплуатации.

Рассматриваемый параметр является статистическим показателем интенсивности физического износа и определяется по результатам натуральных и инструментальных исследований. Разработка и получение количественных значений производится с применением методов математической статистики и обработки большого количества исходной информации [8, 9, 10].

В качестве исходных данных для анализа количественных показателей технического состояния зданий принимаются статистические данные о дефектах и повреждениях, выявленных в ходе проведения в различные периоды времени комплексных натуральных обследований.

Статистические показатели разделены на абсолютные и относительные критерии. Из абсолютных критериев можно выделить статистические показатели вида: «количество дефектов и повреждений», «количество отклонений от проектного положения» или «количество изменений характеристик материала», зафиксированных за определенный период времени, например, за год. Рассмотренные абсолютные показатели характеризуют только общий уровень условий

формирования негативных факторов [11].

Из относительных показателей используется следующий критерий отображения технического состояния эксплуатируемых стальных конструкций:

$$\lambda_d = n_d / N \quad (1)$$

где n_d – количество дефектов и повреждений; N – общее количество однотипных стальных конструкций, принятых к рассмотрению.

Несмотря на то, что физический износ конструкций может быть выявлен даже при визуальном осмотре, стандарты и существующие методы обследования часто не предоставляют четкой информации о процентном соотношении износа отдельных конструктивных элементов и о изменениях их функциональности.

В связи с этим, методы технического обследования объектов недвижимости, которые включают использование информационных технологий, становятся все более важными. Эти методы включают в себя создание BIM-моделей зданий и их компонентов, проведение сложных технических расчетов в различных программных комплексах и другие аналогичные подходы.

Таким образом, необходимо разработать методику оценки физического износа зданий и сооружений, основанную на комплексном использовании современных методов мониторинга и прогнозирования характерных дефектов в отдельных конструкциях. Также важным является использование расчетно-модульного блока для обработки полученной информации. Учитывая данные о техническом состоянии объекта и единый метод определения физического износа строительных элементов здания, эксплуатирующая организация может формировать отправные данные для разработки календарного плана ремонтно-строительных работ. В случае проведения последующего этапа технического обследования, календарный график может быть скорректирован. Такой подход благоприятно сказывается не только на эксплуатационных характеристиках самого здания, но и на финансовом положении управляющей компании.

Библиографический список

1. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Жилищное строительство в России // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2017. № 4. С. 61-67.

2. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Эффективное воспроизводство жилищного фонда России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 98-104.

3. Гнам, П. А. Анализ методик технического обследования объектов с целью определения их физического износа / П. А. Гнам // AlfaBuild. – 2019. – № 4(11). – С. 7-22. – EDN RQVYXK.

4. Кочерженко, В. В. Технология строительных процессов: учеб. пособие для студентов строит. специальностей / В. В. Кочерженко, В. М. Лебедев; В.В. Кочерженко, В.М. Лебедев; Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В.Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005.

5. Горбунов, С. М., Михайлова, Е. В. Современные технологии и материалы в жилищно-коммунальном хозяйстве: анализ и перспективы // Вестник инженерных наук, 2018. 5(2), С. 34-47.

6. Чернов, Д. В. Совершенствование системы управления жилищно-коммунальным хозяйством в современных условиях / Д. В. Чернов // Синергия Наук. – 2021. – № 63. – С. 213-222.

7. Куприянов, В. Н. Обеспечение долговечности ограждающих конструкций на стадии их проектирования / В. Н. Куприянов, А. И. Иванцов // Жилищное строительство. – 2012. – № 6. – С. 35-36.

8. Куцев, Л.А. Пути снижения энергозатрат в жилищно-коммунальном хозяйстве / Л.А. Куцев, Г.Л. Дронова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2008. – № 2. – С. 24-25.

9. Румянцева Е. Е. Жилищно-коммунальный комплекс России: проблемы теории и практики управления: монография / Е. Е. Румянцева. – М. : РАГС, 2006. – 160 с.

10. Шмелев Г. Д. Систематизация определяющих параметров для прогноза остаточного срока службы строительных конструкций // Вестник МГСУ. 2013. № 8. С. 89-96.

11. Киевский И.Л., Леонов В.В. Прогнозирование физического износа зданий // Жилищное строительство. 2017. №7. С. 17-20.

К АНАЛИЗУ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ ЗА ПЕРИОД ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Смоляго Г.А., д-р техн. наук, проф.,
Демин В.О., аспирант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Для непрерывной и безопасной эксплуатации промышленного здания или сооружения требуется периодический мониторинг его технического состояния с целью своевременного выявления дефектов и повреждений, ведущих к увеличению риска наступления аварийного состояния [1, 2].

Своевременное выявление снижения надежности конструкций позволяет произвести работы по восстановлению конструкций с минимальными затратами на сами работы, а также с минимальными или вовсе отсутствующими финансовыми потерями в ходе остановки

производственного цикла [3, 4].

С этой целью периодически проводится мониторинг технического состояния строительных конструкций здания.

Объектом анализа является многоэтажное производственное здание молочной промышленности. Здание имеет каркасную конструктивную систему с несущими сборными железобетонными колоннами круглого сечения с капителями и сборным безбалочным перекрытием.

Рабочие чертежи типового проекта «Фабрика мороженого производительностью 6 тонн в смену» разработаны в 1966 г., привязаны к условиям стройплощадки в 1968 г., объект введен в эксплуатацию в 1973 г.

Здание фабрики мороженого в плане прямоугольное с размерами 50,05×22,22 м, в основной части – трехэтажное с наибольшей высотой 19,1 м от уровня пола 1-ого этажа до карниза. Сетка колонн 6,0×6,0 м, высота этажа 4,8 м.

Технологически здание разделено на три взаимосвязанных объема: административно-бытовой, производственный и холодильный. Технологический процесс характеризуется повышенной влажностью и воздействием кисломолочных продуктов в основных производственных отделениях и наличием низких (до -30 °С) температур в холодильных камерах.

Производственный цикл включает в себя транспортировку, хранение и переработку молока и молочных продуктов, промывку технологического оборудования сопровождается слитием горячей воды и молочных продуктов на пол, покрытый кислотоупорной плиткой с необходимым для отвода воды уклоном к водосборным лоткам и воронкам. Одной из опасностей для бетона конструкций перекрытия является воздействие молока и его производных на прочность бетона [5].

На данном объекте за период его эксплуатации проводились работы с следующим кратким содержанием:

1. 1985 г. – результаты обследования, железобетонные конструкции без видимых дефектов и повреждений;
2. 1999 г. – результаты обследования, определение прочности бетона несущих конструкций и их элементов: колонн и плит перекрытия, размораживание бетона блока морозильных камер, бетон перекрытий производственного блока имеет низкую прочность, обильная и глубокая коррозия арматуры;
3. 2000 г. – проект усиления надколонных, пролетных и межколонных плит перекрытий;
4. 2001 г. – результаты обследования перед реконструкцией, данные о дефектах и повреждениях бетона и арматуры плит перекрытий и капителей колонн;
5. 2001 г. – проект устройства новой монолитной железобетонной

плиты под новое технологическое оборудование;

6. 2002 г. – заключение о технической возможности установки новой технологической линии на конструкции перекрытия 2-го этажа с учетом проводимого усиления;

7. 2007 г. – проект усиления аварийного участка перекрытия 2-го этажа;

8. 2008 г. – разработка чертежей усиления перекрытий и покрытия морозильного блока;

9. 2012 г. – заключение о возможности установки нового технологического оборудования на перекрытие 3-го этажа;

10. 2014 г. – заключение промышленной безопасности, на данный момент выполнено усиления перекрытий холодильных камер металлическими конструкциями снизу, аварийные участки плит производственной части демонтированы в период текущих ремонтов;

11. 2015 г. – результаты обследования, результаты испытаний бетона по прочности на сжатие, оценка остаточного ресурса несущих строительных конструкций, схемы с указанием дефектов и повреждений, перекрытия в ограничено-работоспособном техническом состоянии, частично в недопустимом;

12. 2015 г. – конструктивные решения усиления перекрытия 2-го этажа производственной части здания;

13. 2017 г. – результаты обследования, результаты испытаний бетона по прочности на сжатие, оценка остаточного ресурса несущих строительных конструкций;

14. 2017 г. – проект усиления перекрытий производственного корпуса, блока морозильных камер;

15. 2018 г. – проект устройства монолитного железобетонного перекрытия 1-го и 2-го этажей, выполнен частично;

16. 2021 г. – результаты обследования, результаты испытаний бетона по прочности на сжатие;

17. 2022 г. – проект устройства монолитного железобетонного перекрытия 2-го этажа.

Собранный перечень документации в архивах предприятия позволяет проанализировать изменение его технического состояния за период эксплуатации. Наибольший интерес представляют участки перекрытий производственной части, где помимо нагрузок происходит средовое воздействие кисломолочных продуктов, что негативно и разрушительно сказывается на надежности несущих конструкций в целом, бетоне, арматуре и их совместной работе в составе плиты перекрытия в частности.

Так как остаточный ресурс конструкции зависит от динамики деградационных процессов, их понимание и анализ позволит более точно спрогнозировать срок вероятного наступления такого уровня надежности

конструкции, при котором наступит необходимость проведения капитального ремонта [6-8].

Некоторые проекты были реализованы на объекте, однако, вероятно, ввиду таких аспектов, как недостаточная обоснованность, трудоемкость и прерывание производственного цикла от некоторых проектов отказались. Данный аспект поднимает вопрос о необходимости достоверного обоснования решения о капитальном ремонте или реконструкции, что может решаться путем более точного и достоверного расчета остаточного ресурса конструкции.

Результаты обследований представляют интерес в качестве данных о влиянии воздействия нагрузок и агрессивной среды на несущие конструкции здания. Так как различные предприятия могут эксплуатироваться в крайне разных условиях воздействия нагрузок и агрессивных сред [9, 10], наиболее ценным с точки зрения управления жизненным циклом представляются подробные данные одного конкретного предприятия за период его эксплуатации, чем разрозненные результаты обследований и испытаний различных предприятий.

На примере выбранного производственного здания можно отметить, что периодический мониторинг его технического состояния позволил выявить на ранних стадиях процессы деградации бетона и арматуры как от попеременного замораживания и оттаивания, так и от воздействия кисломолочных продуктов на бетон (1999 г.) спустя 26 лет эксплуатации. Вследствие снижения несущей способности перекрытий за анализируемый период были выполнены работы по их усилению или реконструкции.

Дальнейший анализ результатов обследования позволит определить динамику коррозионных процессов в конструкциях, а, следовательно, и изменение несущей способности перекрытий.

Библиографический список

1. Сулейманова, Л. А. Мониторинг технического состояния зданий и сооружений в процессе эксплуатации с применением средств цифрового контроля / Л. А. Сулейманова, А. А. Крючков, С. М. Есипов. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – 86 с. – ISBN 978-5-361-01253-4. – EDN CJVBEM.

2. Меркулов, С. И. Жизненный цикл объекта строительства на стадии эксплуатации / С. И. Меркулов, С. М. Есипов // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения : материалы Международных академических чтений, Курск, 18 ноября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 189-193. – EDN QMWKSF.

3. Сулейманова, Л. А. Управление процессами информационного

моделирования жизненного цикла объектов капитального строительства / Л. А. Сулейманова, А. А. Крючков, С. М. Есипов. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – 168 с. – ISBN 978-5-361-01254-1. – EDN NLZGTT.

4. Добромыслов А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам. Справочное пособие. –М.: Ишдательство АСВ, 2004, – 72 с.

5. Демин, В. О. Характерное повреждение от воздействия молочной кислоты на цементный бетон / В. О. Демин // Образование. Наука. Производство : сборник докладов XIV Международного молодежного форума, Белгород, 13–14 октября 2022 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 30-34. – EDN CLWAJS.

6. Методические рекомендации. Методика оценки остаточного ресурса несущих конструкций зданий и сооружений. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. М, 2018.

7. Оценка остаточного срока службы железобетонных перекрытий с коррозионными повреждениями / Г. А. Смоляго, В. О. Демин, Н. В. Фролов, С. В. Дрокин // Строительство и архитектура. – 2023. – Т. 11, № 3(40). – С. 17. – DOI 10.29039/2308-0191-2023-11-3-17-17. – EDN FVRYOY.

8. Смоляго, Г. А. Современные подходы к расчету остаточного ресурса изгибаемых железобетонных элементов с коррозионными повреждениями / Г. А. Смоляго, Н. В. Фролов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – Т. 21, № 6. – С. 88-100. – DOI 10.31675/1607-1859-2019-21-6-88-100. – EDN XRLXSO.

9. Смоляго, Г. А. Исследование и анализ процессов коррозии стальной арматуры железобетонных конструкций под действием агрессивной среды / Г. А. Смоляго, А. В. Дронов // Бетон и железобетон - взгляд в будущее : Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: в 7 томах, Москва, 12–16 мая 2014 года. – Москва: Московский государственный строительный университет, 2014. – С. 415-420.

10. Оценка остаточной несущей способности монолитных железобетонных резервуаров для хранения воды производственного назначения / Г. А. Смоляго, С. В. Дрокин, Н. В. Фролов [и др.] // Наука и инновации в строительстве : Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова, Белгород, 12 апреля 2023 года. Том 1. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 94-100. – EDN TJBHWP.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

**Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,
Обайди А.А.Х., ассистент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Прогноз представляет собой систему научно обоснованных представлений о возможных состояниях объекта в будущем и альтернативных путях его развития. Он выражает предвидение на уровне конкретно-прикладной теории. В то же время прогноз носит вероятностный и многовариантный характер, то есть не является однозначным. Процесс разработки прогноза называется прогнозированием. Существует несколько классификационных принципов методов прогнозирования. Один из наиболее важных – это степень формализации методов. Этот принцип достаточно полно описывает различные методы прогнозирования исходя из их уровня формальной математической обоснованности и строгости. Другим классификационным признаком может служить общий принцип действия методов прогнозирования, который описывает, каким образом методы осуществляют прогнозы и как они учитывают взаимосвязи и зависимости между различными переменными. Третьим классификационным признаком может быть способ получения прогнозной информации, который описывает, каким образом данные анализируются и какие методы используются для получения прогностических выводов [1-5].

Конструктивная классификация методов прогнозирования основана на их структуре и позволяет систематизировать их в виде иерархического дерева с описанием каждого уровня по классификационным признакам.

Методы прогнозирования делятся на три основных класса в зависимости от информационной основы, на которой они базируются:

- фактографические методы основаны на анализе фактической информации о прошлых событиях и развитии объекта прогнозирования. Эти методы используют исторические данные для предсказания будущих событий или трендов.
- комбинированные методы используют как фактографическую, так и экспертную информацию, комбинируя различные подходы для создания прогнозов.

– экспертные методы базируются на мнениях и оценках экспертов, специализирующихся в определенной области. Экспертные методы применяются там, где нет достаточной информации для использования фактографических методов, или, когда требуется учет качественных аспектов.

Прогнозирование энергопотребления в зданиях становится все более важным элементом в системах управления энергопотреблением зданий (BEMS). Этот инструмент играет решающую роль в поддержке различных строительных приложений, таких как управление спросом (DSM), разработка интеллектуальных управляющих решений, балансировка спроса и предложения энергии, а также понимание поведения зданий и их оптимального функционирования в различных условиях [6-8]. Энергетическая гибкость зданий становится ключевым аспектом для поддержки энергетической сети, особенно через обмен энергией и информацией между зданиями и интеллектуальной сетью.

По прогнозированию энергопотребления зданий выделяются основные подходы к моделированию [9-11]:

Модели, основанные на физике или инженерии (модели белого ящика), используют физические характеристики зданий и параметры окружающей среды для оценки их энергопотребления.

Модели, управляемые данными (модели черного ящика), используют исторические данные для обучения машинного обучения, глубокого обучения или статистического анализа. Эти модели позволяют прогнозировать будущее энергопотребление зданий, используя данные об энергетической нагрузке, информацию об обитателях и метеорологические данные.

Подходы на основе данных широко применяются для прогнозирования энергопотребления зданий. Они используют исторические измерения энергопотребления, метеорологические данные и переменные индекса времени для создания прогностических моделей. Этот подход активно исследуется в различных областях, таких как образование, домашнее хозяйство и учреждения.

Важным этапом в использовании методов машинного обучения является оптимизация самой модели. Этот процесс, известный как настройка, играет важную роль в работе моделей машинного обучения, особенно если они сложные. Выбор неподходящих гиперпараметров может привести к низкой точности, что может быть ошибочно интерпретировано как неудача модели. Хотя правильный выбор входных переменных важен для успешного обучения модели, полностью воспользоваться преимуществами машинного обучения невозможно без настройки модели для конкретных обучающих данных.

У каждого метода машинного обучения есть свои гиперпараметры, которые управляют процессом обучения. Одним из ключевых моментов при настройке параметров модели машинного обучения является ее обобщение - то есть способность модели применяться к данным, которые не использовались во время обучения. Поэтому в процессе оптимизации модели необходим соответствующий механизм, такой как кросс-валидация, чтобы избежать переобучения (т.е. слишком хорошего соответствия обучающим данным) [11].

Стандартный метод выбора оптимальных гиперпараметров – это поиск по сетке в сочетании с кросс-валидацией. При этом данные делятся на k исключительных подмножеств, и каждая комбинация параметров модели и архитектуры подгоняется к каждой отдельной группе из $k-1$ подмножества и тестируется на оставшемся подмножестве. Этот процесс позволяет оценить обобщенную применимость модели к различным частям данных. Кроме того, перед процессом обучения применяются различные нормализации данных, такие как стандартная, минимаксная и робастная, для обеспечения стабильности обучения модели [11, 12].

Нейронные сети широко применяются для оценки энергопотребления зданий и являются одними из важнейших методов машинного обучения в этой сфере. Они успешно применяются для моделирования сложных систем и решения нелинейных задач. Нейронные сети обладают способностью эффективно работать с различными методами и быть устойчивыми к помехам и шумам, при этом изучая ключевые закономерности систем [11].

Основная концепция нейронных сетей берет начало из области нейробиологии. Для различных приложений разработаны различные типы нейронных сетей, включая сеть прямой связи (FFN), сеть радиальных базисных функций (RBFN) и рекуррентные сети (RNN). Каждая из этих сетей состоит из нескольких слоев нейронов (как минимум двух) и функций активации, которые обеспечивают связь между нейронами. Среди часто используемых функций активации можно выделить линейные, сигмовидные и жесткие предельные функции.

В сети FFN информация передается от входных нейронов к выходным без циклов, двигаясь в одном направлении (рис. 1). Сети RNN используют свою внутреннюю память для обучения на предыдущем опыте и могут иметь циклические связи. RNN существуют в различных архитектурах, включая полностью связанные, рекуррентные, долгосрочную и краткосрочную память. Этот тип сетей обычно

используется для решения задач глубокого обучения, таких как прогнозирование временных рядов.

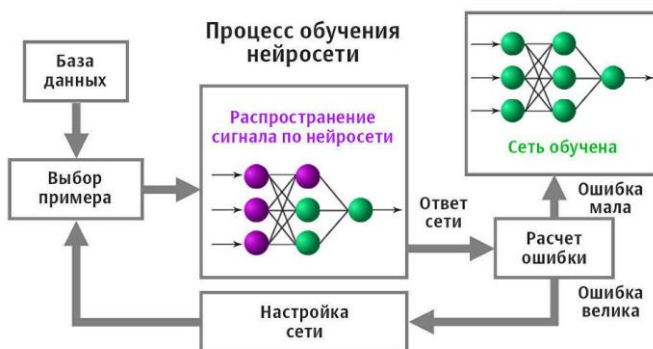


Рис. 1. Процесс обучения нейронной сети

Сеть RBFN использует радиальную базовую функцию в качестве функции активации, что делает ее эффективной для анализа временных рядов [12].

Важные гиперпараметры нейронных сетей, подлежащие оптимизации, включают:

- оптимизатор: функция, обновляющая веса и смещения сети;
- функция активации: нелинейная функция, применяемая к входным данным перед передачей на следующий слой сети;
- начальная инициализация весов перед обучением;
- количество эпох: число проходов через все данные обучающего набора;
- размер пакета: количество примеров, обрабатываемых за одну эпоху;
- частота отсева: метод регуляризации, используемый для предотвращения переобучения путем случайного исключения некоторых нейронов во время обучения;
- количество нейронов и слоев в сети.

Машина опорных векторов (SVM) представляет собой надежные модели, используемые для решения нелинейных задач в исследованиях и промышленности, включая задачи регрессии и классификации. Они могут быть эффективно обучены даже на небольшом количестве обучающих данных, что делает их привлекательным выбором для моделирования в случаях, когда исторические данные отсутствуют (рис. 2).

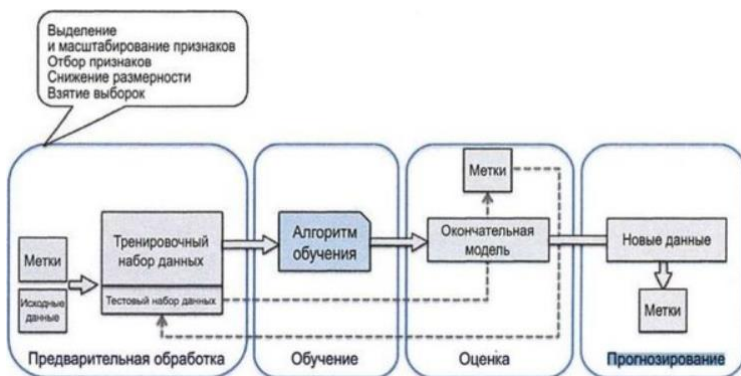


Рис. 2. Процесс машинного обучения

SVM основаны на принципе минимизации структурного риска, который направлен на уменьшение верхней границы ошибки обобщения, объединяющей ошибки обучения и уровень доверия модели. С помощью функций ядра SVM могут действовать как двухслойные нейронные сети, однако количество гиперпараметров у SVM обычно меньше. Еще одним преимуществом SVM является уникальность и глобальная оптимальность решения, которые достигаются без необходимости проведения сложной нелинейной оптимизации и риска застревания в локальных минимумах. Однако основным недостатком SVM является высокое время вычислений, которое обычно имеет кубическую сложность относительно размера обучающего набора данных [13].

Случайный лес представляет собой ансамбль рандомизированных деревьев решений. Деревья решений – это модели машинного обучения, которые представляют собой древовидные структуры. Они рекурсивно разделяют данные на более мелкие группы до тех пор, пока не достигнут листьев, каждый из которых представляет собой конечное значение. Поскольку точность ДТ сильно зависит от распределения данных, они могут быть нестабильными. Чтобы справиться с этой проблемой, случайный лес использует множество деревьев и усредняет их прогнозы. Этот метод называется ансамблированием. Суть случайного леса заключается в объединении отдельных моделей с похожей информацией для создания более надежной модели [14].

Основной параметр случайного леса – количество деревьев в ансамбле. Существует компромисс между точностью и временем обучения/прогнозирования, поэтому этот параметр нужно настраивать для достижения оптимального значения. Другие параметры включают количество признаков для рассмотрения при поиске наилучшего

разделения, использование загрузочных выборок и минимальное количество данных для разделения узла.

Деревья регрессии с градиентным усилением (GBRT) также являются ансамблем, но с некоторыми отличиями от случайного леса. Они используют слабые ученики с высоким смещением и низкой дисперсией для создания более сложной модели. В GBRT каждое дерево зависит от предыдущих, и каждое новое дерево обучается на ошибках предыдущих. Важные параметры GBRT включают скорость обучения, количество деревьев, максимальную глубину дерева и количество признаков для разделения [15, 16].

Чтобы оценить эффективность моделей, используются различные метрики, такие как коэффициент дисперсии, средняя ошибка смещения, среднеквадратическая ошибка и другие. Эти метрики помогают оценить точность прогнозов модели относительно фактических данных.

Методы прогнозирования представляют собой разнообразные способы и приемы, которые используются для разработки и обоснования планов и прогнозов развития. В условиях современной экономики и управления все больше внимания уделяется расширению и усовершенствованию методов прогнозирования. Это связано с необходимостью более точного предвидения будущих событий и явлений, чтобы принимать обоснованные решения и успешно управлять различными процессами.

Качество прогнозов играет ключевую роль в общественном развитии, поскольку на основе этих прогнозов формируются стратегии и принимаются решения, которые влияют на экономику, социальную сферу, политику и другие аспекты общественной жизни. Точные и надежные прогнозы позволяют эффективно планировать действия, адаптироваться к изменяющимся условиям и минимизировать риски.

Библиографический список

1. Бобровников Г.Н., Клебанов А.И. Прогнозирование в управлении техническим уровнем и качеством продукции: Учеб. пособие. - М: Издательство стандартов. 2009. – 232 с.

2. Ahmad T., Chen H., Guo Y., Wang J. A comprehensive overview on the data driven and large scale based approaches for forecasting of building energy demand // A review Energy Build. 2018. Vol. 165. P. 301-320.

3. Сулейманова Л.А., Обайди А.А.Х. Прогнозирование тепловых потерь на стадии эксплуатации при управлении жизненным циклом объекта капитального строительства с использованием искусственных нейронных сетей // Components of Scientific and Technological Progress. 2023. № 12(90). С. 100-106.

4. Сулейманова Л.А., Обайди А.А.Х. Управление жизненным

циклом здания на этапе эксплуатации с использованием моделей искусственных нейронных сетей и машинного обучения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. №. 3. С. 38-46.

5. Обайди А.А.Х. Использование искусственных нейронных сетей на стадии эксплуатации при управлении жизненным циклом объекта капитального строительства // В сборнике: VIII Всероссийская научно-практическая конференция «Инженерное дело на Дальнем Востоке России». – Владивосток: Изд-во Военного учебного центра ДВФУ. 2023. С. 277-282.

6. Ahmad A.S., et al. A review on applications of ANN and SVM for building electrical energy consumption forecasting // Renew. Sustain. Energy Rev. 2014. Vol. 33. P. 102-109.

7. Fan C., Xiao F., Wang S. Development of prediction models for next-day building energy consumption and peak power demand using data mining techniques Appl. Energy. 2014. Vol. 127. P. 1-10.

8. Fan C., Xiao F., Zhao Y. A short-term building cooling load prediction method using deep learning algorithms // Appl. Energy. 2017. Vol. 195. P. 222.

9. Fan C., et al. Statistical investigations of transfer learning-based methodology for short-term building energy predictions // Appl. Energy. 2020. Vol. 262. P. 114499.

10. Fathi S., Srinivasan R., Fenner A., Fathi S. Machine learning applications in urban building energy performance forecasting: A systematic review Renew // Sustain. Energy Rev. 2020. Vol. 133. P.110287.

11. Y. Heo, R. Choudhary, G.A. Augenbroe Calibration of building energy models for retrofit analysis under uncertainty // Energy and Buildings. 2012. Vol. 47. P. 550-560.

12. S. Kalogirou, G. Florides, C. Neocleous, C. Schizas Estimation of Daily Heating and Cooling Loads Using Artificial Neural Networks Proceedings of CLIMA 2000 International Conference September, Naples (2001), pp. 15-18.

13. Khayatian F., Sarto L., Dall'O' G. Application of neural networks for evaluating energy performance certificates of residential buildings // Energy and Buildings. 2016. Vol. 125. P. 45-54.

14. S. Seyedzadeh, F.P. Rahimian, I. Glesk, M. Roper Machine learning for estimation of building energy consumption and performance: a review Visualization in Engineering. 2018. Vol. 6. P. 5.

15. Z. Wang, Y. Wang, R. Zeng, R.S. Srinivasan, S. Ahrentzen Random Forest based hourly building energy prediction Energy and Buildings. 2018. Vol. 171. P. 11-25.

16. S. Papadopoulos, E. Azar, W.-L. Woon, C.E. Kontokosta Evaluation of tree-based ensemble learning algorithms for building energy performance estimation Journal of Building Performance Simulation. 2017. Vol. 1493. P. 1-11.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОНИТОРИНГА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Ушакова В.Е., студент,
Кудинова Д.И., студент,
Гуськова В.А., преподаватель
*Рязанский институт (филиал) Московского политехнического
университета, г. Рязань, Россия*

Экологическая направленность развития гидроэнергетики, а также особенности территориального устройства играют ключевую роль в пользу выбора гидротехнических сооружений (далее ГТС) в качестве источников энергии, а также защитных или очистных сооружений в России. Имеется многолетний опыт как строительства, так и эксплуатации таких конструкций. Однако большинство современных норм основаны на знаниях, полученных в результате аварий. Так, статистика отражает ежегодное увеличение количества аварий, а ущерб оценивается уже несколькими миллиардами рублей.

За чуть менее пол века эксплуатации крупные гидротехнические сооружения подвергаются заливанию, процессам старения, оказываются под негативным влиянием селей, лавин и оползней, сейсмике, подвижки ледников.

Разработки в этой сфере затрагивают контроль безопасности как возведения, так и эксплуатации ГТС, что увеличивает длительность эксплуатации, а также их качественную бесперебойную деятельность.

Для плотин и дамб, как гидротехнических сооружений с высокой степенью опасности, закон обязывает постоянный контроль их технического состояния для предотвращения аварий. Кроме того, обязательным является и прогнозирование возможного ущерба. Данные мероприятия осуществляются автономными системами. Они подразделяются на:

1. Системы оповещения, включающие структурированную систему сирен и постов управления;
2. Системы связи, отвечающие за доставку сообщений;
3. Системы мониторинга, содержащие множество датчиков и ультразвуковых зондов.

Каждая подобная система безопасности предусмотрена таким образом, чтобы данные от устройств мониторинга независимо обрабатывались и направлялись в центр управления. Она представляет собой набор измерительных, контрольных и регулирующих приборов. Каждый из них работает независимо, но в то же время они не могут функционировать без связи друг с другом (обмен данными).

Все эти инструменты контроля позволяют наблюдать за поведением каркаса плотины как в стадии строительства, так и при непосредственной эксплуатации. В частности, используются датчики регистрации температуры, тензорезисторы деформации, датчики сжатия, датчики

гидростатического противодействия, система измерения утечки воды, система сейсмографов, уровнемеры. Результаты их работы можно увидеть на щитовых индикаторах, а также видеографических регистраторах.

Сканирование и анализ поведения плотины необходимы в непрерывном режиме, для обеспечения безопасности, а также выявления негативных воздействий и изменения поведения конструкций на начальных этапах [4, 5].

В общем способы мониторинга разделяются в зависимости от материала строящегося ГТС:

1. Мониторинг насыпных сооружений. При этом измеряются смещение и разрушение откосов, уровень грунтовых вод, осадка грунтов, смещения грунтов, паровое давление воды, давление грунтов, различные напряжения, внутренние деформации, температура;

2. Мониторинг бетонных сооружений. При этом измеряются смещение и разрушение откосов, уровень грунтовых вод, инфильтрационный расход, течь, различные деформации, давления и напряжение, а также температура.

В мониторинге используют неразрушающие методы контроля состояния ГТС и поведения окружающей среды – геофизические методы. Чаще всего на ГТС применяются электроразведка, сейсморазведка и георадиолокация.

В общем случае принципиальная схема проектируется по одному последовательности. На теле плотины закрепляют контрольные точки с отражателями (рис. 1), а также внедряется опорная сеть, представляющая собой базовые точки вне зоны деформации. Передача данных осуществляется или по кабелю, или при помощи радиоканала.

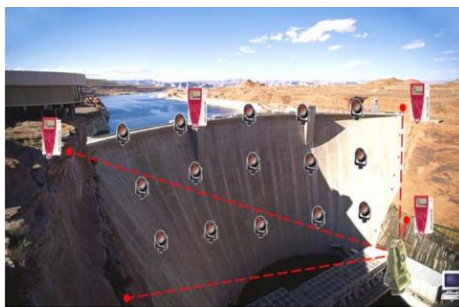


Рис. 1. Установка отражателей на плотине

Проводятся периодические измерения всех точек (рис. 2). По этим наблюдениям определяют стабильность базовых точек и смещения контрольных точек.

В результате анализа всех измерений, определяются зоны с различных деформаций и делаются выводы о состоянии тела плотины (рис. 3). На основании полученных данных прогнозируются аварийные

ситуации, принимаются меры по их предотвращению, а также составляются рекомендации по текущему обслуживанию [3].



Рис. 2. Измерение контрольных точек на плотине



Рис. 3. Определение зоны с различными величинами деформаций

С помощью инженерной геофизики решаются следующие задачи:

1. Анализ состояния бетонных конструкций.
2. Изучение массива.
3. Гидрологические условия.
4. Геологическое строение.
5. Сейсмический мониторинг.

Сейчас активно ведется разработка новых приборов для мониторинга.

Одним из последних изобретений является волоконно-оптический сенсор Домингеса-Лопеса, состоящий из огромного количества точечных датчиков. Они способны проводить исследования в разы быстрее существующих аналогов. Волокнисто-оптические сенсоры выявляют структурные изменения в ГТС: эрозию или возникающие трещины до значительной потери эксплуатационных качеств, а также рассчитывает, возникающие на объекте, механические воздействия. Скорость анализа составляет около 0,5 километров сооружения в минуту.

Новый сенсор в 4,5 раза быстрее, чем все используемые сейчас устройства. Как отмечают исследователи, большее количество точечных датчиков позволяет использовать для мониторинга меньше волоконно-оптических приборов. Это упрощает схему работы и потенциально может снизить затраты при установке оборудования [2].

Этот инновационный подход использует оптимизированную временную схему и конфигурацию дифференциального шумоподавления. Оптимизированная схема с временным регулированием и улучшенным коэффициентом затухания эффективно устраняет неблагоприятное влияние временной задержки, что приводит к более точным и надежным измерениям.

Преимущество заключается в свойстве произвольной доступности, позволяющей стратегически выбирать конкретные точки измерения. Следовательно, пространственное разрешение остается бескомпромиссным, даже если диапазон измерения расширяется. Кроме того, отсутствие в системе модуляторов с высокой пропускной способностью обеспечивает экономическую эффективность [1].

Волоконно-оптические датчики идеально подходят для мониторинга инфраструктуры, так как могут использоваться в суровых природных условиях и в районах, где отсутствует источник питания.

Сейчас инженеры ищут способы сократить время сбора информации, увеличить точность и гибкость использования приборов сканирования и моделирования. Исследования помогут не только гидротехническому строительству, принцип может использоваться и в других областях, например, в биомедицинских технологиях.

Библиографический список

1. An Introduction to Distributed Optical Fibre Sensors [Электронный ресурс] // CRC Press – <https://www.researching.cn/ArticlePdf/m00090/2023/5/3/030502.pdf> (дата обращения: 05.03.2024)

2. New fiber-based sensor could quickly detect structural problems in bridges and dams [Электронный ресурс] // PHYS ORG – Режим доступа: <https://phys.org/news/2017-05-fiber-based-sensor-quickly-problems-bridges.html> (дата обращения: 05.03.2024)

3. Мониторинг дамб и плотин [Электронный ресурс] // Японские Измерительные Технологии. – 2017. – Режим доступа: <https://www.tmljp.ru/solutions/916/> (дата обращения: 05.03.2024)

4. СТО 17330282.27.140.004-2008 «Об утверждении и вводе в действие Стандарта организации ОАО РАО «ЕЭС России» «Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Условия создания. Нормы и требования».

5. СТО 70238424.27.100.048-2009 «Гидротехнические сооружения ТЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования».

6. Управление безопасностью дамб и плотин [Электронный ресурс] // Симс Эксперт. – 2017. – Режим доступа: <https://smis-expert.com/monitoring-damb-i-plotin/>

АНАЛИЗ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМПУЛЬСНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ МЕТОДОВ

Черников А.Ю., аспирант,
Сабынин В.В., аспирант,
Баженова О.О., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Техническое обследование зданий – обязательный этап в жизненном цикле любого объекта строительства. Его цель – обнаружить возможные проблемы в техническом состоянии объекта, чтобы затем разработать действенные планы по ремонту, модернизации или поддержанию его функциональности.

В первые два года после ввода в эксплуатацию здания проводится первичное обследование строительных конструкций. В дальнейшем оценку их состояния следует проводить каждые 5-10 лет. Однако, если здание подвергается воздействию чрезмерно высокой влажности, агрессивных сред, вибраций или техногенных аварий и природных катаклизмов, обследования могут требоваться чаще.

Техническое обследование зданий и сооружений позволяет определить толщину бетонного слоя и арматуры в несущих конструкциях, а также оценить общее техническое состояние всех конструктивных элементов объекта.

Ультразвуковой импульсный метод – это способ неразрушающего контроля, который позволяет оценить прочность бетона без повреждения конструкции [1-8]. В этом методе электронный генератор создает высокочастотные электрические импульсы, которые в специальном излучателе преобразуются в ультразвуковые механические волны. Излучатель плотно прижимается к образцу или изделию, посылая в него ультразвуковые волны (рис. 1).



Рис. 1. Ультразвуковой прибор «Пультар-2.2»

На расстоянии L от излучателя к бетону подводят приемник, в котором ультразвуковые колебания вновь преобразуются в электрические. Через усилитель эти колебания подаются на измерительное устройство, где суммируются с сигналом, посылаемым с генератором. Измерительное устройство позволяет определять время прохождения ультразвука через образец t . Скорость распространения ультразвука v определяют по формуле:

$$v = \frac{L}{t - t_0}, \quad (1)$$

где t_0 – время прохождения ультразвука при сомкнутых щупах, определяющие задержку сигнала в местах контакта щупов с бетоном.

Затем по тарифовочным зависимостям (рис. 2) определяют прочность бетона.

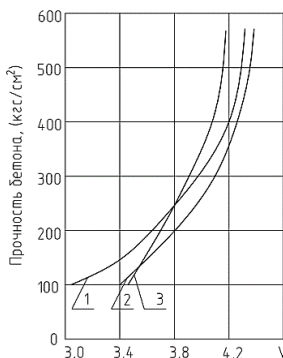


Рис. 2. Тарифовочные зависимости для ультразвукового импульсного метода:
 1 – бетон на гравийном щебне; 2 – бетон на известковом щебне;
 3 – бетон на гравии

Тарифовочные зависимости получают путем предварительных испытаний бетона по выбранному методу и по стандарту и обычно для удобства пользования выражают в виде графиков.

Чем плотнее бетон, тем выше его прочность и скорость распространения ультразвука. Поскольку на прочность бетона и скорость ультразвука изменение его состава, например, содержания и вида щебня, технология изготовления, влажность бетона и другие факторы оказывают различное влияние, то следует стремиться к использованию тарифовочных зависимостей, полученных для данных конкретных условий производства.

Скорость ультразвука и динамический модуль упругости бетона первого рода E_d (модуль Юнга) связаны функциональной зависимостью. Зная длину ультразвуковой волны λ , поперечные

размеры тела, по измеренной в опыте величине v , можно рассчитать E_d по формулам [2]:

– для неограниченной среды ($\lambda \ll$ размеров тела):

$$E_d = \frac{v^2 \cdot \rho \cdot (1 + \mu) \cdot (1 - 2\mu)}{(1 - \mu)}, \quad (2)$$

где μ – коэффициент Пуассона; ρ – плотность бетона, равная γ/g (γ – объемный вес, g – ускорение силы тяжести, равное $9,81 \text{ м/с}^2$);

– для среды, ограниченной одним измерением, т.е. плит, прозвучиваемых с торцов ($\lambda >$ толщины плиты):

$$E_d = V^2 \cdot \rho \cdot (1 - \mu^2); \quad (3)$$

– для среды, ограниченной двумя измерениями, т.е. стержней (призм), прозвучиваемых с торцов ($\lambda >$ поперечных размеров призмы):

$$E_d = V^2 \cdot \rho. \quad (4)$$

Коэффициент Пуассона принимается равным $0,16 \dots 0,2$ или более точно вычисляется по формуле:

$$\left(\frac{V}{2f_0}\right)^2 = \frac{(1 - \mu)}{(1 - 2\mu) \cdot (1 + \mu)}, \quad (5)$$

где f_0 – собственная частота продольных колебаний образца.

Длина ультразвуковых волн определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad (6)$$

и при $f = 20 \text{ кГц}$ составляет $15 \dots 25 \text{ см}$.

Прочность бетона на сжатие определяют по значению E_d с помощью заранее экспериментально установленных зависимостей для бетонов определенного состава. Эти зависимости представляют собой график «прочность бетона – динамический модуль упругости» и описаны следующей формулой:

$$E_d = k \sqrt{R_{пр}},$$

где k – эмпирический коэффициент, зависящий от состава бетона и изменяющийся в пределах $16000 \dots 23000$.

Исследователями были получены значения k для цилиндрических образцов различных марок бетона, представленные в таблице [2].

Таблица

Значение эмпирического коэффициента

$R_{сж}$	k
300...500	19000
200...300	21000
менее 200	24000

Приведенные коэффициенты характерны лишь для бетонов определенных составов, поскольку их значения были определены экспериментально.

В настоящее время следует считать установленным, что зависимости между $R_{сж}$ и E_0 или $R_{сж}$ и V можно использовать при определении прочности на сжатие бетонов, для которых эти зависимости уже строились и существуют. Расчет же по таблицам или графикам для других или неизвестных составов бетонов могут привести к значительным ошибкам. Это объясняется тем, что, как и в других методах, состав бетона, свойства его компонентов, условия его приготовления, режим твердения, уплотнения неодинаково влияют на $R_{сж}$ и скорость распространения ультразвука в нем.

Библиографический список

1. Савчук А.Н., Филипчинский А.В. Ультразвуковой метод контроля качества бетона // Бетон и железобетон, 1958. №2. С. 25-29.
2. Школьник И.Э. Современные методы и приборы контроля качества в строительстве. – М.: МИСИ им. В.В. Куйбышева, 1978. 86 с.
3. Ондричек Я.Н., Ондричкова М.Н. Расчет прочности бетона по параметрам бетонной смеси на основании уравнений регрессии. – М.: ЦНТБМС, 1985. №11. 13 с.
4. Сулейманова Л.А., Обайди А.А. Управление жизненным циклом здания на этапе эксплуатации с использованием моделей искусственных нейронных сетей и машинного обучения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2024. № 3. С. 38-46.
5. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Рябчевский И.С. Методология, организация и проведение обследований зданий и сооружений : Конспект лекций. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2023. 84 с.
6. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Рябчевский И.С. Методологические основы обеспечения конструктивной безопасности зданий и сооружений с применением ТИМ. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2023. – 86 с.
7. Черенков А.Ю., Сулейманова Л.А. Обследование технического состояния строительных конструкций на протяжении жизненного цикла здания // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Белгород, 2023. С. 250-255.
8. Римшин В.И., Сулейманова Л.А., Амелин П.А., Анпилов С.М. Анализ характерных повреждений и дефектов строительных конструкций при обследовании кирпичного жилого дома // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Белгород, 2023. С. 81-89.

НАПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА И ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Алексеева О.В., канд. экон. наук,

Адиян Д.Т., студент

*Новороссийский политехнический институт филиал
Кубанского государственного технологического
университета, г. Новороссийск, Россия*

Одним из основных видов инженерных коммуникаций в жилых многоквартирных домах является система отопления. Она бывает централизованной и автономной. Первый вид подразумевает общую систему отопления для всех квартир, управляемую диспетчером в котельной. Второй вид предполагает индивидуальную систему отопления, обеспечивающую подачу тепла и горячей воды независимо от централизованных коммунальных сетей в помещении жилого дома.

В отличие от централизованных систем, в которых тепло и горячая вода поступают из общего источника для всех пользователей дома, автономные системы позволяют индивидуально контролировать температуру и расходы на отопление. Автономные системы отопления становятся все более популярными и востребованными, обусловленные рядом достоинств – этим обусловлена их актуальность.

Классическая система отопления состоит из: источника тепла (индивидуальный котел, ИТП, общедомовая, районная, либо городская котельная), средств доставки тепла (трубы и фитинги, запорная и регулирующая арматура, насосы) и потребителей тепла (радиаторы, конвекторы, теплый пол) [1]. Основные виды котлов отопления представлены на рис. 1.

В многоквартирных домах для индивидуального теплового пункта, размещаемого в подсобных помещениях, в качестве источника тепла используются газовые и электрические котлы. Остальные варианты требуют особых условий эксплуатации и конструкций вывода продуктов горения. Помимо котлов, автономное отопление может осуществляться и с помощью теплого пола. Только устанавливаются они собственниками индивидуально.

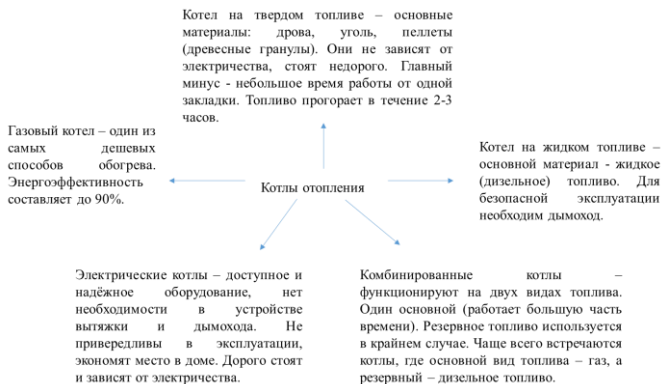


Рис. 1. Основные виды котлов отопления

Автономное отопление с использованием теплого пола – это система отопления, при которой тепло подается напрямую под пол. Эта конструкция создает комфортное и равномерное распределение тепла по всей площади помещения. Для автономного отопления используются специальные теплые полы, которые состоят из теплого кабеля или трубок, в которых циркулирует горячая вода или нагреваются с помощью электричества. Эти элементы укладываются под слой напольного покрытия (плитки, ламината или паркета). «Теплый пол» чаще всего используется в комбинированном варианте: радиаторы отопления с «теплыми полами».

В качестве средства доставки тепла в квартиры используются подводящие и отводящие трубы. Различают однотрубную и двухтрубную схему их расположения.

В первом случае теплоноситель движется поэтапно по всем радиаторам. Однотрубная система стоит дешевле, но работает хуже: ближние радиаторы горячие, а дальние – прохладные. Регулировать температуру невозможно, если не использовать усовершенствованный вариант однотрубной системы – ленинградку.

Двухтрубная система стоит дороже, но работает лучше: равномерно распределяет тепло по радиаторам отопления. Можно регулировать температуру в каждой комнате. Подразделяется на виды в зависимости от размещения контура трубопровода. Горизонтальная система подходит для одноэтажных домов с протяженным трубопроводом. Вертикальная применяется в домах, где больше одного этажа. Эта конструкция менее подвержена завоздушиванию. Пузырьки поднимаются к установленному сверху расширительному баку и не накапливаются в трубах [2, 3].

Чтобы автономная система работала исправно, трубы должны выдерживать давление до 2 атмосфер и температуру жидкости до 95°С и

служить при этом десятки лет, обеспечивая герметичность.

Для системы трубопроводов важно иметь эстетический вид. Самые распространенные и востребованные трубы, используемые в автономном отоплении – металлопластиковые, медные и стальные. Первые выполняются из алюминиевого состава, оболочка из полиэтилена. Их применяют и в горячем, и в холодном водоснабжении, а достоинством является герметичность, пропускная способность и стойкость к разрыву. Медные трубы характеризуются прочностью и стойкостью, не разрушаются десятки лет. Для оболочки снаружи иногда делают слой полиэтилена или ПВХ. Стальные трубы в настоящее время являются самыми востребованными. Они обладают необходимым запасом прочности, имеют низкий коэффициент расширения, незаменимы в системе теплоснабжения и отоплении паром. При этом имеются и слабые стороны, связанные с ростом коррозионности, если их не обработать специальным раствором.

Непосредственным «проводником» тепла в квартиры являются радиаторы отопления и представлены несколькими вариантами:

- чугунные, отличительной особенностью которых является широкий спектр применения, длительная эксплуатация, устойчивость к коррозии. Они стойко переносят даже некачественный теплоноситель в центральных сетях;

- алюминиевые радиаторы – отлично отдают тепло и достаточно легкие. Оснащены функцией регулировки температурного режима, представлен большой вариативный ряд по количеству секций и размерам;

- стальные радиаторы могут быть трубчатого, секционного и панельного вида, недорогие, хорошо отдают тепло и отличаются стойкостью к воздействию щелочей в составе теплоносителя. Они исправно работают много десятков лет, монтировать просто, вес небольшой;

- биметаллические радиаторы в своей конструкции состоят из стальных труб и алюминиевых коленей, характеризуются универсальностью в эксплуатации и подходят для различных отопительных систем (частные дома с автономной системой, квартиры с центральным отоплением).

- медные радиаторы – прогревают помещения за короткий промежуток времени и превосходят по теплопроводности алюминий в 2 раза, а сталь – в 5 раз. Требуется минимальное количество теплоносителя в трубопроводе.

Широкий спектр представленных на рынке материалов позволяет выбрать материал и оборудования систем отопления по разным критериям.

С ростом объемов строительства и предложений систем отопления и комплектующих, существует определенный спрос на данные виды

товаров. На рис. 2 представлена информация о величине спроса на системы автономного отопления по основному источнику отопления.

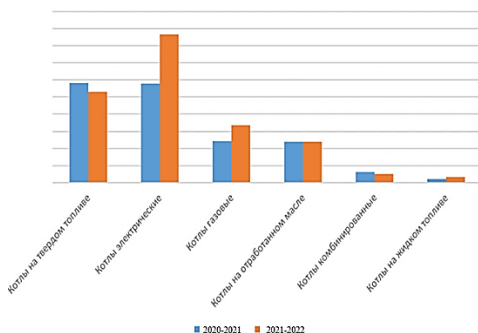


Рис. 2. Спрос на отопительное оборудование

Спрос на отопительное оборудование по состоянию на сентябрь 2023 г. вырос на 87 %. Среди регионов наибольшие объемы продаж зафиксированы в Челябинске (+166 %), Краснодаре (+136 %), Омске (131 %), Перми (+125 %), Ростове-на-Дону (+124 %), Волгограде (+117 %) и Екатеринбурге (+103 %).

По данным аналитиков, средний чек на покупку отопительного оборудования по России в 2023 г. равен 11 597 руб., что на 13 % больше, чем в прошлом. Рост цен на водонагреватели, по отношению к прошлому году, составил 24 % и соответствует 12 048 руб. Средний чек на теплые полы вырос на 14 %, до 5 487 руб. Радиаторы отопления выросли в цене всего на 1 %. Средний чек на эти товары достиг 12 090 руб [4].

Такие значения спроса свидетельствуют о росте объемов жилищного строительства, а также оптимизации отопительных систем жилых помещений, поскольку большинство семей используют в том числе несколько источников тепла, обеспечивая тем самым собственный комфорт.

В рамках настоящего исследования был выполнен расчет эффективности использования автономных систем отопления на примере 16-ти этажного многоквартирного дома в г. Новороссийск [5, 6].

Расчет эффективности выполнен в предположении установки индивидуального теплового пункта в подвале многоквартирного дома для двухкомнатной квартиры в сравнении с объемом получения тепловой энергии системой центрального отопления от газовой модульной котельной с учетом потерь (рис. 3).

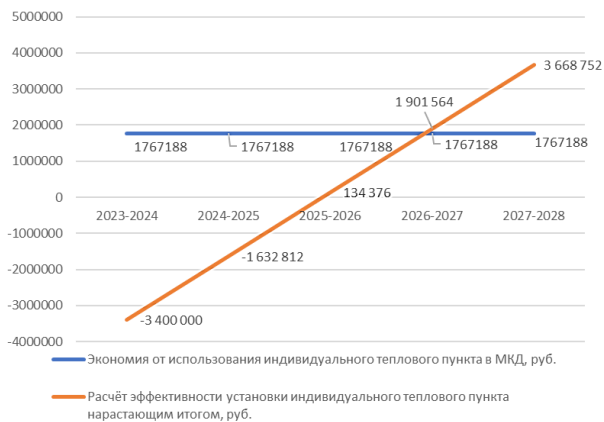


Рис. 3. Расчет эффективности использования автономных систем отопления на примере 16-этажного многоквартирного дома в г. Новороссийск

Экономия рассчитана как разница нормативного оказания услуг по передаче тепловой энергии от центральной котельной с учетом теплотерь и стоимости установки, монтажа и эксплуатации, включая потребление тепла от индивидуального теплового пункта в подвале дома (расходы на содержание оборудования).

Информация о стоимости монтажа и установки индивидуального источника отопления взята из открытых источников, а экономия учитывает возможность регулировки температуры тепла в зависимости от температуры окружающей среды.

Имея в помещении дома пульт управления устройством возможно оперативно регулировать на изменение погоды и, соответственно, увеличивать или уменьшать температуру подаваемого теплоносителя в квартиры.

Из графика на рис. 3 видно, что окупаемость инвестиций наступит на третий год эксплуатации, что соответствует российской практике.

Таким образом, многообразие предложенных вариантов котельных и иных систем отопления позволяет оптимально осуществлять экономию на использовании такого важного инженерного оборудования.

Библиографический список

1. Российский рынок инженерного отопительного оборудования. Рост продолжается. – [Электронный ресурс] – URL: https://www.heatclub.ru/articles/article_257.html?ysclid=lu998a0h1d536328250 (дата обращения: 08.04.2024)
2. Отопление многоэтажных (многоквартирных) домов. –

[Электронный ресурс] – URL: <https://www.air-ventilation.ru/Otoplenie-mnogoetazhnyh-domov.htm> (дата обращения: 08.04.2024)

3. Как работает система отопления в многоквартирном доме: схемы трубных разводок – [Электронный ресурс] - URL: <https://house-help.info/kak-rabotaet-sistema-otopleniya-v-mnogokvartirnom-dome-shemy-trubnyh-razvodok/> (дата обращения: 08.04.2024)

4. Автономная система отопления: как все устроено. – [Электронный ресурс] – URL: <https://www.sdvor.com/moscow/articles/avtonomnaia-sistema-otopleniia-kak-vse-ustroeno> (дата обращения: 08.04.2024)

5. Алексеева О.В. Актуальные вопросы энергосбережения многоквартирных домов // Социально-экономическое пространство хозяйствования XXI века: теория и практика трансформации Хабаровск, 15–16 декабря 2023 года, 2003, С. 8-11

6. Алексеева О.В., Шулико Е.В. К вопросу об оценке эффективности использования солнечной энергетики в Краснодарском крае // Естественно-гуманитарные исследования, 43 (5), 2022, С. 22-27.

ЛИФТОВОЕ ХОЗЯЙСТВО В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ

**Алексеева О.В., канд. экон. наук,
Прокушев А.А., студент**

*Новороссийский политехнический институт филиал
Кубанского государственного технологического
университета, г. Новороссийск, Россия*

Первые упоминания о лифте были еще в I в. до н.э. Однако первый лифт, а именно «Подъемный механизм» (именно так было принято называть его в то время), был сконструирован древнегреческим математиком и инженером Архимедом.

С того времени менялись технологии и конструкции, но в целом, суть устройства не менялась, прочно входя в жизнь человека. Этот факт наиболее ярко иллюстрирует структура наличия лифтового оборудования в многоквартирных домах, которая представлена на рис. 1.

Согласно данным, лидирующую позицию занимает Краснодарский край с количеством 11 728 эксплуатируемых лифтов; вторую и третью – Ростовская и Волгоградская области с количеством 9 353 и 5 892 шт. соответственно; Республика Крым занимает четвертую позицию, с 2 749 шт.; Астраханская область насчитывает 2 610 шт., Республика Адыгея – 490 шт. Самый низкий показатель у Республики Калмыкия – 178 шт.

Согласно прогнозам, к 2025 г. по всей территории России планируется заменить около 134 тыс. лифтов. Для достижения этой задачи необходимо удвоить объем работ по монтажу и сохранить

количество эксплуатируемых объектов. Своевременное обновление оборудования и поддержка отечественного производителя будут осуществлены в рамках общенационального плана.



Рис. 1. Объемы эксплуатации лифтов (ЮФО), % [1, 4, 5]

Можно ожидать, что заводы-подрядчики покажут максимальную вовлеченность в процесс решения поставленных задач по решению проблем износа лифтового оборудования [2].

Объемы производства лифтов в России, по показателям за январь - сентябрь 2023 г., выросли на 28 % (26 975 шт.), по сравнению с аналогичными показателями, за аналогичный период 2022 года, который составил 19 422 шт. Динамика производства лифтового оборудования в России представлена на рис. 2.

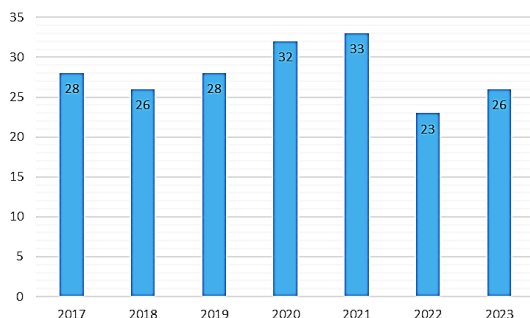


Рис. 2. Производство лифтов (2017-2023 гг.), тыс. шт.

Исследования показали, что на современном этапе отечественная лифтовая отрасль развивается довольно-таки неплохо. Этому способствовал уход с рынка большого количества зарубежных конкурентов, в связи с известными событиями [3].

У отечественных производителей имеются заказы на производство

оборудования на несколько лет вперед, но на сегодняшний день производственные линии недозагружены. Это может быть связано с наличием нераспроданных запасов лифтового оборудования на складах представителей зарубежных компаний.

Однако, следует различать саму конструкцию лифта и необходимый комплекс оборудования, включающий тросы, лебедки и иные вспомогательные элементы, осуществляющие в совокупности с кабиной свои функции.

Тем не менее, на представленной на рис. 3 диаграмме наблюдается снижение объемов производства лифтов на отечественных предприятиях в течении 2021-2022 гг. на 4,96 %. На рис. 3 представлена динамика производства лифтовых кабин в России отечественными производителями.

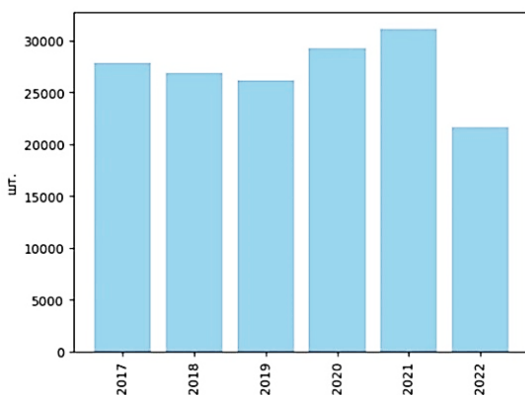


Рис. 3. Анализ объема производства лифтовых кабин [6]

Из графика видно, что количество произведенных лифтовых кабин имеет устойчивую тенденцию к росту, однако после 2021 года выявлено снижение почти на 5 % по разным причинам. Выполненные специалистами прогнозы позволяют предположить рост их производства (рис. 4) в стране к 2027 г. на 17 % – до 26 087 шт.

При эксплуатации в многоквартирных домах должны соблюдаться все необходимые правила и нормы. Например, можно привести стандарт ГОСТ Р 53780-2010 «Лифты. Общие требования безопасности». В нем регламентируются основные требования к проектированию, монтажу и к эксплуатации лифтов. СП 54.13330.2022 «Здания жилые многоквартирные» устанавливает требования к общим габаритам и к грузоподъемности лифтов.

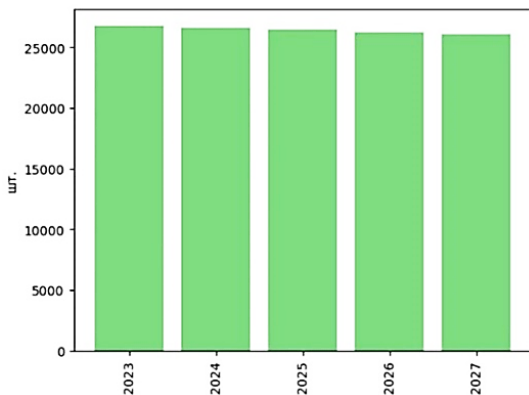


Рис. 4. Прогноз производства лифтовых кабин к 2027 г. [6]

Лифты, которые прошли модернизацию, потребляют значительно меньшее количество электроэнергии, а также имеют более плавный ход. Ускорить замену оборудования можно с помощью установки лифтов в рассрочку, которую предлагают крупные производители.

Финансирование замены лифтов в рамках программ капремонта является одной из главных проблем. Продление программы до 2027 или до 2030 г. может быть временем для выработки новых финансовых механизмов.

Основными экономическими характеристиками являются стоимость (включая затраты на его установку) и возможность модернизации.

Хочется отразить общее количество модернизированных лифтов в г. Новороссийск, на период с 2021 по 2023 г. включительно.

Эти показатели можно увидеть ниже, на рис. 5.

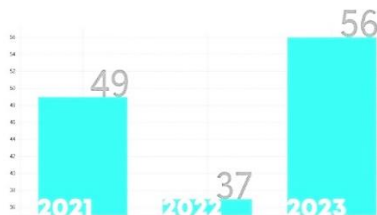


Рис. 5. Количество модернизированных лифтов [7]

Большинство компаний строят объекты капитального строительства с учетом комфортного проживания в них людей. Проектирование выполняется с учетом требований к людям с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Для данной группы граждан существуют специальные лифты и подъемники. Они должны соответствовать всем

стандартам комфорта и нормативным требованиям по безопасности. На сегодняшний день существуют 3 вида специализированных подъемников, которые показаны на рис. 6.



Рис. 6. Виды подъемников для людей с ОВЗ

Вертикальный подъемник позволяет быстро перемещаться между уровнями. Основной плюс наклонного подъемника – это способность экономии пространства и плавный ход. Лифты с функционалом для людей с ОВЗ оснащены широкими дверными проемами, кнопками на низкой высоте, голосовым помощником.

Проанализировав рынок лифтов для людей с ограниченными возможностями здоровья, можно выделить следующие плюсы подобных подъемников:

- широкий дверной проем и внутреннее лифтовое пространство;
- удобное размещение блока с кнопками;
- система автоматического закрытия дверей;
- особая надежная система подъемного механизма.

В заключении следует отметить официальные данные Росстат, в соответствии с которыми объемы промышленного производства за три квартала 2023 года возросли на 3,3 % в сравнении с данными предыдущего (рис. 7).

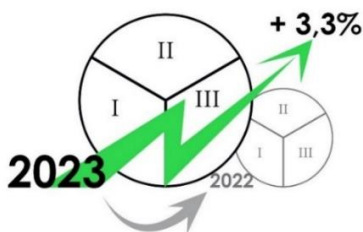


Рис. 7. Статистика объемов «Росстат»

Подытоживая выше сказанное, можно сказать, что лифт является одним из самых значимых изобретений человека. С его появлением, жизнь человека сильно упростилась. Лифт является неотъемлемой частью современной инфраструктуры и продолжает развиваться каждый день, становясь все комфортнее, удобнее и безопаснее. Очень важно в период технической эксплуатации соблюдать сроки по ремонту, модернизации лифтового оборудования, ведь от этого зависит как состояние здания в целом, так и комфорт для разных групп жильцов.

Библиографический список

1. Ведомости: официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течении суток. – URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2024/02/29/1022864-proizvodstvo-liftov-v-rossii-viroslo> (29.02.2024). Текст: электронный.
2. Лифтовики: официальный сайт. – Москва. – URL: <https://www.liftoviki.com/ru/Russia/> Текст: электронный.
3. Консультационный центр ДОМ.РФ: официальный сайт. – Москва. – URL: <https://xn--h1alcedd.xn--d1aqf.xn--p1ai/news/v-2022-godu-planiruetsya-zamena-ne-menee-15-tysyach-liftov-v-mnogokvartirnykh-domakh/> (24.02.2022). Текст: электронный.
4. Алексеева О.В. Рекомендации по снижению физического износа многоквартирного жилого дома // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ" № 6, 2021. с. 20-25
5. Алексеева О.В. Опыт оценки технического состояния многоквартирного жилого дома на основе технического осмотра здания // Молодежный вестник Новороссийского филиала Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, Т. 1. № 3 (3), 2001 с. 28-32
6. Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации: официальный сайт. – Москва. – URL: http://region.council.gov.ru/activity/activities/round_tables/146817/ (17.07.2023). Текст: электронный.
7. Известия: официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течении суток. – URL: <https://iz.ru/1656692/sergei-gurianov/planovoe-tormozhenie-krainii-srok-zameny-liftov-reshili-otodvinut> (03.03.2024). Текст: электронный.

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН

**Бескорвайный В.В., магистрант,
Шаповалов С.М., канд. техн. наук, доц.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

В настоящее время ведущая роль в сфере строительства принадлежит устойчивому развитию, что подразумевает рациональное использование ресурсов, снижение негативного влияния на окружающую среду и удовлетворение потребностей современного общества без ущерба для будущих поколений.

Последние десятилетия характеризуются стремительным ростом урбанизации и развитием мегаполисов по всему миру. Это приводит к необходимости обеспечения жителей городов доступом к зеленым зонам, которые служат ландшафтно-рекреационными областями для физической активности, отдыха и релаксации. Однако, зачастую развитие таких зон сопряжено с разрушением экологического равновесия. В связи с этим возникает потребность в использовании экологических инноваций при реконструкции ландшафтно-рекреационных зон [1].

Ландшафтно-рекреационные зоны широко используются в современных городах для обеспечения отдыха и рекреации населения. В условиях урбанизации и роста населения, возникают проблемы, связанные с загрязнением и деградацией природных ресурсов в этих зонах. В ответ на эти вызовы требуется внедрение новых экологических инноваций в строительной сфере [2].

Изначально реконструкция ландшафтно-рекреационных зон не предполагала использование экологических инноваций. Однако, с развитием экологического движения и осознанием необходимости защиты окружающей среды, в последние десятилетия появилась потребность в применении экологических инноваций при реконструкции данных зон [3].

Одним из основных принципов экологических инноваций при реконструкции ландшафтно-рекреационных зон является сохранение и восстановление экосистем. Для этого применяются различные методы и приемы, такие как использование местных растений, посев и посадка крупномерных деревьев и кустарников, создание искусственных водоемов и так далее [4].

Рассмотрим примеры реализации экологических инноваций.

1. Применение зеленых крыш (рис. 1) и вертикальных садов является одним из эффективных методов реализации экологических

инноваций. Зеленые крыши представляют собой крыши зданий, обладающие растительным покрытием, которое может быть представлено как газоном, так и различными видами растений. Это позволяет увеличить площадь зеленых насаждений, восстановить природную среду, а также снизить воздействие урбанизации на окружающую среду. Зеленые крыши обладают рядом положительных характеристик, включая повышение уровня изоляции, защиту от погодных условий (например, жары и штормов), снижение энергопотребления и улучшение качества воздуха.



Рис. 1. Пример здания с применением зеленых эксплуатируемых крыш

На поверхности таких систем выращиваются различные виды растений, которые могут быть как декоративными, так и плодовыми. Помимо преимуществ, указанных для зеленых крыш, вертикальные сады улучшают качество воздуха, снижают уровень шума и повышают эстетическое качество зданий и городской среды.

2. Создание водоемов с использованием экологически чистых систем очистки является еще одним примером реализации экологических инноваций. Он подразумевает создание и реставрацию водных ресурсов с использованием экологически безопасных и эффективных методов очистки воды. Такие системы очистки могут включать использование природных фильтров, таких как биофильтры и фиторемедиация, которые позволяют удалить загрязнения и восстановить экологическое равновесие в природных водных ресурсах. Это, в свою очередь, способствует сохранению и охране водных экосистем, а также улучшает качество питьевой воды и условия жизни водных организмов [5].

3. Использование альтернативных источников энергии для освещения и отопления является одним из ключевых направлений экологической инновации. Альтернативные источники энергии, такие как солнечная и ветровая энергия, биомасса, геотермальная энергия и гидроэнергия, предлагают эффективные и экологически безопасные альтернативы традиционным источникам энергии, таким как ископаемые

топлива. Использование альтернативных источников энергии позволяет снизить выбросы парниковых газов и других вредных веществ, снизить энергозатраты и улучшить уровень энергоэффективности зданий и систем отопления и освещения. Кроме того, это способствует более устойчивому использованию энергетических ресурсов и поощряет развитие экологически чистой энергетики [6, 7].

Таким образом, роль экологических инноваций в реконструкции ландшафтно-рекреационных зон заключается в создании экологически устойчивой и комфортной среды для отдыха, которая сохраняет и восстанавливает природные ресурсы и биоразнообразие, снижает негативное воздействие на окружающую среду и обеспечивает безопасность и удовлетворение посетителей.

Реконструкция ландшафтно-рекреационных зон с использованием экологических инноваций имеет важное значение для создания устойчивых и комфортных городских пространств. Инновации в материалах, технологиях и дизайне позволяют улучшить функциональность зон, снизить негативное воздействие на окружающую среду и создать благоприятные условия для отдыха. Осуществление такой реконструкции требует преодоления ряда вызовов, связанных с техническими, экономическими и климатическими ограничениями.

Библиографический список

1. Brown D., Johnson M. Experience of Using Ecological Innovations in Park Reconstruction. - Collection of Scientific Papers "Ecological Construction Practice", 2013, pp. 78-89.
2. Комарова, К. С. Городская среда и проблемы ее реконструкции / К. С. Комарова, С. М. Шаповалов, В. С. Шумилова // Научно-практические аспекты развития современной техники и технологий в условиях курса на инновации: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Магнитогорск, 04 декабря 2017 года. – Магнитогорск: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2017. – С. 115-119
3. Шаповалов, С. М. Доступность городской среды для маломобильных групп населения / С. М. Шаповалов, А. В. Борщевский // Научный потенциал молодежных исследований: Сборник статей II Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 18 ноября 2020 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2020. – С. 232-237.
4. Greenwall K. Application of Ecological Innovations in the Design and Construction of Landscape-Recreational Areas. - Journal "Modern Construction Technologies", 2012, vol. 4, no. 10, pp. 112-125.
5. Lee S., Lee B. Sustainable Urban Development: The Role of

Information Technologies in Creating Environmentally Friendly Communities. Journal of Urban Technologies, 2017, pp. 24, 49-64.

6. Jones M., O'Neil B. Ecological Urbanism: Foundation for Designing Sustainable Cities. Journal of Urban Design, 2016, pp. 21, 187-191.

7. Cohen J. G., Rowe D. B. (2015). Ecological Indicators of Urbanization: Landscape Structure and Biotic Response. Ecological Applications, 2015, pp. 1696-1704.

К РАСЧЕТУ ТРЕБУЕМЫХ РЕЖИМОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ПРОЦЕССЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Бондаренко И.Р., канд. техн. наук, доц.,

Кузнецова С.В., канд. техн. наук, доц.,

Ковалев Л.А., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Котельное оборудование является основной частью системы отопления и горячего водоснабжения, обеспечивая нагрев теплоносителя для последующей его подачи потребителю. В процессе эксплуатации данного оборудования на внутренней поверхности теплообменных труб происходит образование отложений карбонатных осадков (рис.1), что приводит к уменьшению проходного диаметра сечения и уменьшает их пропускную способность, а также снижает коэффициент теплопередачи теплообменника [1, 2].

Экономически целесообразным методом решения проблемы возникновения отложений является восстановление пропускной способности имеющихся трубопроводных систем. Проведение данных работ позволяет существенно сэкономить средства и энергетические ресурсы. Среди множества методов отчистки наиболее простым в реализации, сравнительно менее затратным и, следовательно, экономически целесообразным, является метод механической отчистки. Его положительными сторонами являются мобильность, низкое энергопотребление, производительность [3].

При его реализации используются специализированные установки, оснащенные различным типом инструмента. Инструмент инерционного типа (рис. 2) обладает преимуществом в возможности регулировки усилия прижатия к обрабатываемой поверхности за счет силы инерции, зависящей от частоты вращения, что позволяет обеспечить контакт рабочей части инструмента с внутренней поверхностью трубы без каких-либо дополнительных устройств [4].

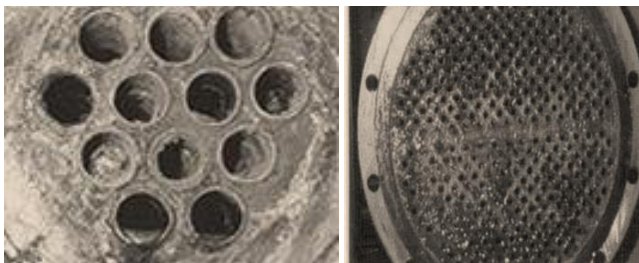


Рис. 1. Отложения в трубах теплообменных аппаратов

Несомненно, что технологические режимы обработки (частота вращения инструмента, скорость подачи) определяются механическими свойствами удаляемого материала и конструктивными характеристиками инструмента. Таким образом, в данной статье рассматривается подход к определению минимальной частоты вращения инструмента, при которой обеспечивается врезание инструмента в слой материала в зависимости от его прочностных характеристик.

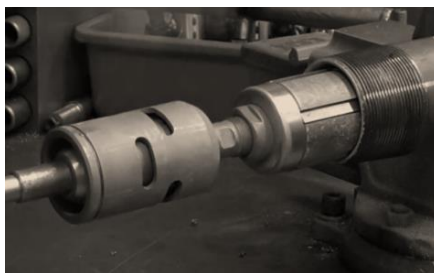


Рис. 2. Рассматриваемый инструмент

Для решения задачи рассмотрим схему, представленную на рис. 3. Из схемы можно увидеть, что прижатие рабочей части инструмента (резца) к поверхности характеризуется нормальной центробежной силой инерции Φ_n .

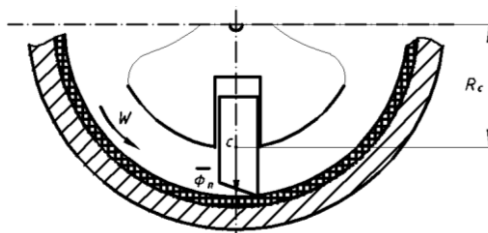


Рис. 3. Схема части рабочего инструмента

Величину силы Φ_n можно определить как

$$\Phi_n = m\omega^2 R_c, \quad (1)$$

где m – масса выдвигного режущего элемента; ω – частота вращения инструмента; R_c – радиус центра масс режущего элемента.

Рассмотрим схему контакта отложения и резца (рис. 4).

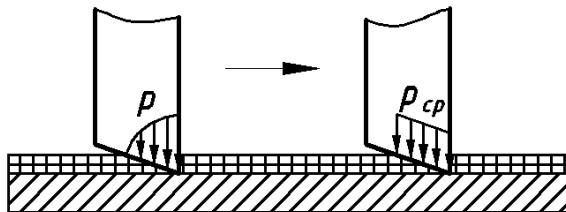


Рис. 4. Схема зоны контакта лезвия резца с поверхностью отложений

Очевидно, что для обеспечения внедрения резца контактные давления p должны быть больше твердости материала отложений [5].

Тогда должно выполняться следующее условие:

$$p_{cp} = \frac{\Phi_n}{S} \geq p_{отл}, \quad (2)$$

где p_{cp} – усредненное значение контактных давлений; S – проекция площади контакта резца с отложением на плоскость перпендикулярную нормали к поверхности отложения; $p_{отл}$ – твердость материала отложения.

С учетом (1) выражения (2) условие внедрения принимает вид:

$$\frac{m\omega^2 R_c}{S} \geq p_{отл}. \quad (3)$$

Отсюда можно получить следующую зависимость:

$$\omega \geq \sqrt{\frac{p_{отл} S}{m R_c}}. \quad (4)$$

Из уравнения можно увидеть, что минимальная частота вращения должна быть увеличена с ростом твердости удаляемого материала, а также площади контакта резца с материалом.

Полученная зависимость может быть использована для получения величины минимальной частоты вращения инерционного инструмента, необходимой для обеспечения эффективного рабочего контакта резца с удаляемым материалом и обеспечения стабильного процесса разрушения карбонатных слоев.

Библиографический список

1. Минко В.А. Влияние отложений на рабочих поверхностях системы отопления на показатели работы элементов системы / В.А. Минко, А. С. Семенов, И.В. Гулько, Ю.В.Елистратова// Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2014. – № 5. – С. 32-35.
2. Современные методы прочистки труб [Электронный ресурс]. URL:https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2051&sysclid=luwld8ytr8226476636
3. Методические указания по безреагентным способам очистки теплообменного оборудования от отложений : РД 153-34.1-37.410-00 : утв. Департаментом стратегии развития науч.-техн. политики РАО «ЕЭС России» 18.07.00 : введ. 01.01.01. – М. : ВТИ, 2000. – 22 с.
4. Научно-исследовательская технологическая лаборатория. Устройства для очистки труб [Электронный ресурс]. URL: https://nitl.ru/catalog/ustroystva_dlja_ochistki_trub/
5. Борисов, К. И. Современные способы оценки эффективности разрушения горных пород резанием-скальванием долотами типа PDC / К. И. Борисов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333, № 6. – С. 103-121.

К ВОПРОСУ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ПРИ РЕНОВАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ

**Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.,
Зайцев К.А., магистрант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Современная городская среда – это очень сложная и гибкая система, которая включает в себя множество взаимосвязанных элементов, таких как жилые и общественные здания, транспортная и инженерная инфраструктура, зеленые зоны, общественные пространства, объекты культуры и спорта и многое другое.

В процессе развития города и со временем городская инженерная и транспортная инфраструктура, общественные пространства имеют свойство устаревать морально и физически, что требует их постоянного обновления [1]. Обновление инфраструктуры включает в себя модернизацию, реконструкцию и замену устаревших составляющих системы современной городской среды, таких как водоснабжение, канализация, электроснабжение, транспортные сети и общественные пространства.

Процесс обновления объектов городской застройки является важным

элементом формирования комфортной городской среды проживания, так как помимо его прямого назначения открывается возможность изменить застройку более масштабным образом, к примеру: смена расположения малых архитектурных форм, смена планировки общественных пространств и назначения выбранных объектов застройки [2].

Для устойчивого развития муниципальных образований необходимо изменить приоритеты управления, переключившись с увеличения производства на обеспечение баланса между качеством жизни людей и другими факторами. Муниципальное образование, которое превосходит другие по качеству жизни, становится привлекательным для привлечения человеческих ресурсов и инвестиционных проектов [3].

Высокую актуальность формирование комфортной городской среды получило с ростом роли городов, то есть процессом урбанизации. Сегодня в этом вопросе приоритет отдается решению проблем социального и экономического характера. В городе с комфортной средой сосредотачиваются специалисты, внебюджетные вложения, поставщики, ресурсы, информация, развивается туризм, что положительно влияет на экономику его развития [4].

Проблема формирования комфортной среды ярко заметна в городах с большим количеством населения и ограниченными условиями застройки, так как высокий рост населения требует обеспечения его достаточной жилой площадью и большой приоритет в выделении земельных участков отдается возведению жилых зданий с минимально допустимым обеспечением социальными благами. Количество таких городов невелико, однако схожую проблему может иметь любой город средних размеров, где имеются те или иные ограничения, препятствующие процессу застройки. Такие условия требуют соответствующего технического оснащения для обновления или расширения застройки.

Важно понимать, что обновление объектов существующей застройки – это не только технический, но и экономический процесс. В связи с этим, возникает острая необходимость решить следующий вопрос: как возможно экономически обеспечить данный процесс и в результате достичь наибольшей эффективности при любых заданных условиях?

В статье приведена концепция пятиэтапного экономического обеспечения процесса обновления объектов существующей городской застройки путем детальной информационной проработки всех этапов, с целью формирования комфортной городской среды проживания для граждан, а также в целях достижения оптимальных и обоснованных затрат. Рассматривается теоретическая составляющая вопроса экономического обеспечения, применимая как для объектов инженерной инфраструктуры (их расширение, реконструкция), так и для объектов

социальной инфраструктуры (к примеру, создание новых и полный пересмотр существующих общественных пространств). В основе концепции заложена типовая модель структуры принятия решений и реализации процесса, обеспечивающая обновление выбранных объектов при различной совокупности исходных условий.

Особенность предложенной концепции заключается в полной детализации всех этапов процесса обновления со строгим контролем соответствия квалифицированными специалистами. Концепция требует привлечение опытных квалифицированных специалистов на каждом из этапов обеспечения. Важно отметить, что под квалифицированным специалистом понимается работник, обладающий необходимым профессиональным образованием, имеющий опыт работы в определенной области, что позволяет ему качественно осуществлять соответствующую профессиональную деятельность.

Проблема нехватки квалифицированных специалистов на протяжении многих лет дает о себе знать. В настоящее время наблюдается острая нехватка рабочих кадров в области строительства и жилищно-коммунальной сферы. Это ощутимо усложняет выполнение не только работ по возведению, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений городской застройки, реконструкции объектов инженерных сетей и благоустройству, но и по сопровождению всех этих процессов. Требуется участие не только прямого исполнителя работ, но и контролирующих специалистов, специалистов ответственных за документальную часть процесса. Для этого необходимо четко сформулированное определение обязанностей того или иного специалиста.

Решением данного вопроса выступило постепенное внедрение «Национальной системы квалификаций». «Национальная система квалификаций» (далее – НСК) необходима для обеспечения управления жизненным циклом квалификаций, повышения качества трудовых ресурсов, оптимизации трудовых процессов, взаимодействия сфер профессионального образования и труда в целях обеспечения качества подготовки работников и их конкурентоспособности на национальном и международном рынках труда. НСК позволяет установить стандарты и требования к квалификации работников, а также обеспечить контроль за их соблюдением. Это помогает повысить качество трудовых ресурсов и оптимизировать трудовые процессы, что в свою очередь способствует повышению эффективности и конкурентоспособности предприятий и организаций.

Кроме того, НСК позволяет обеспечить взаимодействие сфер профессионального образования и труда, что способствует подготовке квалифицированных специалистов, соответствующих требованиям рынка труда. Это также способствует повышению качества подготовки работников и их конкурентоспособности на национальном и

международном рынках труда.

Далее перейдем к поэтапному описанию предложенной концепции.

Первым этапом в обеспечении экономической эффективности процесса обновления существующей застройки является структурированный анализ текущего состояния объектов городской среды.

Для начала проводится квалифицированная оценка состояния зданий, инфраструктуры, зеленых зон и других элементов городской среды, чтобы определить, какие элементы требуют обновления, какие ресурсы и в каком объеме необходимо для этого выделить [5]. Оценка состояния выбранных объектов производится комплексно с привлечением квалифицированных специалистов, так как более целесообразным решением может оказаться полная замена или переработка концепции этих объектов в совокупности друг с другом. На этом этапе также учитывается крайне важная социальная значимость процесса. Требуется провести консультации с жителями города, чтобы узнать их потребности и ожидания от существующей городской среды, так как комфортная среда проживания, в первую очередь, формируется именно для них. Мнение граждан может заметно повлиять на процесс обновления в лучшую сторону, в том числе в вопросе обеспечения доступной среды для маломобильных групп населения [6].

После проведения оценки состояния городской среды и обсуждений с жителями муниципалитета, вторым этапом выступает предварительная расстановка приоритетов обновления. Путем коллективных обсуждений определяют те элементы городской среды, которые требуют немедленного обновления, т.е. объекты первого плана, а какие могут быть обновлены в дальнейшей перспективе или сразу же после объектов первого плана, т.е. объекты второго плана. Это позволит распределить ресурсы наиболее эффективно на всем протяжении работ и обеспечить максимальную экономическую эффективность процесса обновления выбранных элементов. Обсуждения необходимо проводить коллективно с привлечением профильных специалистов и консультантов по смежным вопросам.

На основании полученных данных выполняется третий этап – разработка плана обновления объектов существующей застройки. План в обязательном порядке должен включать в себя детальное описание каждого выбранного объекта городской среды, который требует обновления, а также перечень, объемы, предварительные сроки и стоимость выполнения работ. Эти данные впоследствии будут необходимы для полного контроля процесса работ и обеспечения его своевременного выполнения.

Детализированное описание каждого объекта способствует более точному и оперативному внесению корректировок в случае, если в этом возникнет необходимость. Более подробное описание также поможет

лучше понять реальное состояние дел на последующих этапах концепции.

Далее следует четвертый, т.е. финансовый этап обеспечения. На этом этапе формируется необходимая документация для начала финансирования. Очень важно учесть финансовые возможности города, т.е. муниципалитета. Для учета экономических возможностей города при обновлении существующей застройки проводится подробный анализ доступных финансовых ресурсов. Полученные данные укажут на те элементы городской среды, которые могут быть обновлены за счет собственных средств муниципалитета, а какие требуют привлечения дополнительных финансовых ресурсов. Для определения таких объектов следует произвести тщательную оценку и провести обсуждения с ответственными за направление людьми из администрации. Это необходимо для определения срочности привлечения недостаточного объема средств, чтобы обеспечить своевременное выполнение обновления объектов по предложенной выше схеме, т.е. сначала финансирование выделяется на объекты первого плана, затем объекты второго плана.

Если муниципалитет имеет крайне ограниченные финансовые ресурсы, то появляется необходимость в разработке специальной финансовой стратегии, которая будет учитывать имеющиеся ограничения. Например, представляется возможным рассмотреть использование государственно-частного партнерства или привлечения инвестиций для финансирования проекта [7].

Заключительный пятый этап экономического обеспечения – это поиск и утверждение исполнителя работ по обновлению выбранных объектов. Поиск производится на конкурсной основе, более точный способ определяется заказчиком в соответствии с законодательством Российской Федерации. Исполнитель, выступающий в лице подрядной организации, должен быть выбран с обязательным учетом следующих факторов: отсутствие исполнительных производств в отношении подрядной организации, а также актуальных судопроизводств в период определения исполнителя работ, отсутствие задолженностей перед федеральной налоговой службой, длительность работы организации, оснащенность организации.

В настоящее время в реновационной практике очень часто встречаются существенные проблемы в виде нарушения сроков работ, несоответствии итогового результата работ заявленному проектом, технических и технологических нарушений в ходе работ. В связи с этим возникает острая необходимость учесть вышеперечисленные критерии, для снижения вероятности возникновения таких ситуаций в ходе процесса обновления.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод о том, что подробное приведение информации, обсуждение, тщательный анализ полученных данных на каждом из этапов, привлечение

квалифицированных специалистов и контроль на каждом этапе, являются основой экономически эффективного обеспечения обновления объектов существующей городской застройки.

Библиографический список

1. Проблема износа инженерных сетей жилищно-коммунального хозяйства / М.М. Косухин, А.М. Косухин, А.В. Горбунова, К.А. Ковалева // Научные технологии и инновации: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 45-50.

2. Петрянина, Л.Н. Реконструкция городской среды: новая и сложившаяся застройка / Л.Н. Петрянина, М.А. Дерина, П.В. Монастырев // Региональная архитектура и строительство. – 2016. – № 4(29). – С. 83-86.

3. Роль состояния жилищно-коммунального комплекса в обеспечении устойчивого развития муниципальных образований Белгородской области / М. М. Косухин, К. Р. Скороходов, А. М. Косухин, М. А. Богачева // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 11. – С. 212-218.

4. Степанова, Е.М. Необходимость формирования комфортной городской среды и факторы, препятствующие этому процессу в России / Е.М. Степанова // Молодой ученый. – 2019. – № 49(287). – С. 542-545.

5. Лунегова, А.А. Мониторинг и управление показателями индекса качества городской среды / А.А. Лунегова, И.С. Сорокан // Вестник Северо-Восточного государственного университета. – 2023. – № 40. – С. 95-100.

6. Современные материалы для реализации государственной программы «Доступная среда» / М.М. Косухин, А.М. Косухин, А.В. Сватных, А.В. Кузнецов // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов III Международной научно-практической конференции к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 156-161.

7. Современные проблемы жилищно-коммунального хозяйства и пути их решения / М.М. Косухин, А.М. Косухин, К.А. Ковалева, А.В. Горбунова // Научные технологии и инновации: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 39-44.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ЗДАНИЙ

Косухин А.М., ст. преп.,
Михайленко А.А., магистрант
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

В настоящее время технологии и материалы играют ключевую роль при проведении капитального ремонта как производственных зданий, так и жилых многоквартирных домов. Так как большая часть жилого фонда города состоит преимущественно из типовой застройки, возведенной до 1990 г., то актуальным остается вопрос о проведении капитального ремонта этих домов.

Для решения данного вопроса, согласно Федеральному Закону от 21 июля 2007 г. № 185-ФЗ «О Фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства» в Белгородской области осуществляется программа поддержки энергоэффективного капремонта в 2019-2025 году направленная на снижение потребления ресурсов на отопление и горячую воду. Комплексный подход с использованием современных материалов может значительно снизить расходы тепла на отопление домов и повысить класс их энергоэффективности (рис. 1) [1].



Рис. 1. Основные направления работ при проведении энергоэффективного капитального ремонта при поддержке фонда реформирования ЖКХ

При разработке проекта капитального ремонта, для повышения класса энергоэффективности дома для каждого отдельного элемента конструкции предпринимают следующие действия.

Модернизируют систему отопления или горячего водоснабжения:

- устанавливают узлы управления и регулирования потреблений тепловой энергии;

- модернизируют индивидуальный тепловой пункт;

- устанавливают регулятор температуры горячей воды;

- устанавливают циркуляционный трубопровод и насос в системе

ГВС.

Для окон:

- повышают теплозащиту окон в местах общественного пользования;

При ремонте входной группы:

- уплотняют входные наружные двери с установкой доводчика. При ремонте подвального помещения:

- повышают теплозащиту пола по грунту;

- повышают теплозащиту перекрытий над подвалом;

- ремонтируют трубопровод отопления и горячего водоснабжения;

- ремонтируют или полностью заменяют в сочетании с тепловой изоляцией.

При ремонте лифтового оборудования:

- ремонтируют и заменяют лифтового оборудования с частотно-регулируемым приводом;

- устанавливают устройства для компенсации реактивной мощности.

При установке энергосберегающей системы освещения:

- заменяют светильники с лампами накаливания на энергоэффективные аналоги;

- устанавливают автоматический контроль и регулирование.

При ремонте кровли:

- повышают теплозащиту крыши верхнего покрытия, чердачного перекрытия;

- устраивают теплое чердачное помещение.

После реализации указанных мероприятий можно провести повторную оценку энергоэффективности дома и при необходимости получить новый сертификат, подтверждающий повышение класса энергоэффективности.

Программа работ по капитальному ремонту утверждена в Постановлении Правительства Белгородской области от 27.12.2021 г. № 665 «О внесении изменений в постановление Правительства Белгородской области от 19.12.2013 г. № 345 «Об утверждении адресной программы проведения капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах в Белгородской области на 2019-2048 годы» [2].

Как видно из примера, одним из основных методов применения современных материалов при капитальном ремонте является обновление фасада и кровли. Эти части зданий не только являются визуальным элементом, создающим первое впечатление о доме, но и выполняют важные функциональные задачи, такие как защита от погодных условий и сохранение тепла внутри помещений. Одновременно с этим они же являются основными источниками потери тепла, тем самым понижая общую энергоэффективность жилого дома, что в итоге приводит к повышенным расходам при оплате коммунальных услуг всех жителей.

Использование современных технологий и материалов при ремонте фасадов и кровли позволяет повысить энергоэффективность здания, улучшить его внешний вид, обеспечить долговечность и надежность конструкций [3]. Примером выполнения программы энергоэффективного капремонта здания может послужить многоквартирный жилой дом, расположенный в г. Белгороде по ул. Николая Чумичова (рис. 2).



Рис. 2. Утепленный и окрашенный фасад здания

Для осуществления данного проекта были разработаны организационно-технические мероприятия, выполняемые поэтапно.

Проведена процедура по техническому обследованию жилого дома: проведено собрание собственников жилья, на котором жильцы обозначили основные проблемы и замечания по общему имуществу дома; проведено детальное обследование здания, выявлено текущее состояние конструкций, инженерных систем, фундамента и других элементов.

На основе результатов обследования составлена ведомость объема работ необходимых для капитального ремонта. Подготовлен дизайн-проект, включающий цветовые решения, новые данные добавлены в ведомость объема работ которая определила последовательность и технологию выполнения работ. Так как многоквартирные дома такого типа являются типовыми, для данной серии разработано техническое

задание с указанием используемых современных материалов [4].

В данном случае использовались плиты теплоизоляционные из пенопласта полистирольного ПСБ-С-25Ф. Плиты предназначены для тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций вновь строящихся и эксплуатируемых зданий и сооружений, тепловой защиты отдельных элементов строительных конструкций и промышленного оборудования при отсутствии контакта плит с внутренними помещениями, а также в холодильных камерах при температуре изолируемых поверхностей от минус 100 °С до плюс 80 °С. Характеристики материалов применимых при капитальном ремонте отражены в техническом задании:

Технические характеристики утеплителя ПСБ-С 25Ф:

- толщина листов: 20-600 мм;
- габаритные размеры: 1000×1000 мм, 1000×1200 мм, 1000×2000 мм;
- плотность не менее 16 кг/м³;
- прочность на сжатие при 10% линейной деформации не менее 70 кПа;
- предел прочности при изгибе не менее 140 кПа;
- теплопроводность плит в сухом состоянии при температуре (10±1)°С (283 К) не более 0,032 Вт/(м·К);
- теплопроводность плит в сухом состоянии при температуре (25±5)°С (298 К) не более 0,034 Вт/(м·К);
- влажность не более 2,0% по массе;
- водопоглощение за 24 ч не более 4,0% по объему;
- время самостоятельного горения не более 1 секунды.

Товар должен соответствовать требованиям ГОСТ 15588-2014.

Декоративный штукатурный состав на цементном вяжущем должен соответствовать технической документации и требованиям ГОСТ Р 54358:

- классы (марки) затвердевших составов по прочности на сжатие, не менее – В 3,5 (М50);
- классы затвердевших составов по прочности на растяжение при изгибе, не менее – В_{тб} 1,6;
- классы затвердевших составов по прочности сцепления с бетонным основанием (адгезии), не менее – А_{аб2};
- морозостойкость (марка), не ниже – F50;
- водопоглощение затвердевших составов при насыщении водой при полном погружении в воду, % не более – 15;
- деформация усадки затвердевших составов, % не более – 0,15;
- паропроницаемость затвердевших составов, мг/(м·ч·па), не менее - 0,035;
- размер зерна от 1,5 до 3 мм;
- норма расхода, не более – 2,9 кг/м².

Декоративный штукатурный состав на полимерной основе должен соответствовать технической документации и требованиям ГОСТ Р 55818:

- классы затвердевших составов по прочности сцепления с бетонным основанием (адгезии), не менее – Ааб5;
- морозостойкость (марка), не ниже – Fx75;
- водопоглощение затвердевших составов при насыщении водой при полном погружении в воду, % не более – 15;
- стойкость затвердевших составов к статическому воздействию жидкостей (дистиллированная вода, 3% раствор соляной кислоты, 3%-ный раствор гидроксида натрия и 3% раствор хлористого натрия), ч, не менее – 96;
- классы затвердевших составов по паропроницаемость (затвердевших составов, мг/(м·ч·па), не менее – 2 (0,035);
- массовая доля нелетучих веществ, %, не менее – 804;
- размер зерна от 1,5 до 3 мм;
- норма расхода, не более – 2,9 кг/м².

Окрасочный состав должен соответствовать требованиям ГОСТ Р 52020 и технической документации:

- краска должна быть силиконовой или силикатной;
- сопротивление паропроницанию окрасочных составов не должна превышать 0,15 м²·ч·Па/мг;
- время высыхания окрасочного состава до степени 3 при температуре воздуха 20 + –2°С должно быть не более 2 ч.

Необходимо осуществлять строительный контроль за ходом работ, качеством и соблюдением технических требований.

Применение теплоизоляционных материалов и новейших методов утепления позволяет существенно снизить затраты на отопление и кондиционирование воздуха. Кроме того, использование качественных и современных материалов при капитальном ремонте не только улучшает качество жилья и комфорт его жителей, но также способствует сохранению окружающей среды и сокращению негативного воздействия на экосистему [5].

Таким образом, важность современных технологий и материалов при капитальном ремонте жилых домов, особенно фасадов и крыш, не может быть недооценена, поскольку они способствуют не только улучшению качества жилья, но и сохранению окружающей среды и повышению комфорта его жителей.

Библиографический список

1. Косухин М.М., Косухин А.М. К вопросу о роли процессов теплопередачи в повышении эффективности тепловой защиты фасадной изоляции гражданских зданий // Строительство: новые технологии – новое оборудование. 2018. № 10. С.14-19.
2. Косухин М.М., Скороходов К.Р., Косухин А.М., Богачева М.А. Роль состояния жилищно-коммунального комплекса в обеспечении устойчивого развития муниципальных образований Белгородской

области // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 11. С. 212-218.

3. Косухин М.М., Косухин А.М. Богачева М.А. Шаповалова А.С. Некоторые особенности выбора материалов и технологии устройства скрепленных навесных теплоизоляционных фасадных систем гражданских зданий / Наука и инновации в строительстве: сб. докл. Междунар. научн.- практ. конф. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. С. 153-163.

4. Косухин М.М., Косухин А.М., Ануфриева А.А., Олизаренко В.Г. Решение задач технической эксплуатации жилой недвижимости путем планирования ремонтно-строительных работ / V Междунар. научн.-практ. конф. «Наука и инновации в строительстве»: сб. докл. – Белгород: изд-во БГТУ, 2021. Т. 2. С. 72-81.

5. Косухин М.М., Косухин А.М., Ханьжин П.И., Савелов И.С. Обзор фундаментальных теорий и методов оценки проектирования энергетической эффективности объектов городской инфраструктуры / VII Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве», (к 170-летию В.Г. Шухова): сб. докл. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. Т. 2. С. 54-60.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕГОРОДОК, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Крючков А.А., канд. техн. наук, доц.,

Бурыка Т.С. магистрант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Перегородки могут быть двух видов – стационарные и трансформируемые. Стационарные перегородки делятся на крупнопанельные, каркасные и мелкобортные. Трансформируемые перегородки позволяют в любой момент изменить планировку помещений, создавая в нем новые различные зоны и бывают складчатыми, раздвижными, откатными и подъемными [1-5].

Цель данной статьи – выбор оптимальной конструкции перегородок, отвечающей современным требованиям для общеобразовательных учреждений.

При выборе конструктивного решения необходимо опираться на следующие принципы [6, 7]:

1. Создание комфортных условий обучения: обновление учебных кабинетов, библиотек, спортивных залов, столовых и других помещений.

2. Соответствие нормам и стандартам: обеспечение соответствия здания общеобразовательного учреждения санитарным, пожарным и другим нормативным требованиям.

3. Обновление инфраструктуры: создание и обновление

общественных пространств.

Решение этих задач позволит создать современное и функциональное образовательное пространство, способствующее эффективному обучению и развитию учащихся.

Для комплексного сравнительного анализа перегородок были проведены расчеты с учетом различных параметров: теплопроводности (табл. 1) звукоизоляции (табл. 2), предела огнестойкости (табл. 3), веса (табл. 4) и себестоимости (табл. 5).

Таблица 1

**Коэффициенты теплопроводности
для различных конструкций перегородок**

№ п/п	Конструктивное решение	Толщина перегородки, мм	Коэффициент теплопроводности, Вт/м ² .°С
1.	Кладка из силикатного кирпича	130	0.0061
2.	Стеновой бетонный блок	100	0.0072
3.	Газосиликатный блок	110	0.0015
4.	Перегорodka с металлическим каркасом и обшивкой из гипсокартонного листа 2×12,5 мм и звукоизолирующим слоем из минеральной ваты	125	0.00038
5.	Раздвижные перегородки с шумоизоляцией NAYADA SmartWall H5F-S	85	0.00068
6.	Противопожарные перегородки из дерева NAYADA-Regina Line Fireproof	89	0.00064

Таблица 2

**Результаты расчета индекса звукоизоляции
для различных видов конструкций перегородок**

№ п/п	Конструктивное решение	Расчетные значения R _w , дБ	Нормативная изоляция шума R _w , дБ
1.	Кладка из силикатного кирпича 120 мм, покрытая гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм	44,2	≥43
2.	Стеновой бетонный блок толщиной 90 мм, покрытый гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм	45,3	≥43
3.	Газосиликатный блок толщиной 100 мм, покрытый гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм	38,4	≥43
4.	Перегорodka с металлическим каркасом и обшивкой из гипсокартонного листа 2×12,5 мм и звукоизолирующим слоем из минеральной ваты	52	≥43
5.	Раздвижные перегородки с шумоизоляцией NAYADA SmartWall H5F-S	45	≥43
6.	Противопожарные перегородки из дерева NAYADA-Regina Line Fireproof	35	≥43

Таблица 3

Предел огнестойкости каждого типа конструкции перегородок

№ п/п	Конструктивное решение	Предел огнестойкости
1.	Кладка из силикатного кирпича 120мм, покрытая гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм	REI 150
2.	Стеновой бетонный блок толщиной 90 мм, покрытый гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм	REI 90
3.	Газосиликатный блок толщиной 100мм, покрытый гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм	REI 75
4.	Перегорodka с металлическим каркасом и обшивкой из гипсокартонного листа 2×12,5 мм и звукоизолирующим слоем из минеральной ваты	REI 30
5.	Раздвижные перегородки с шумоизоляцией NAYADA SmartWall H5F-S	EI145
6.	Противопожарные перегородки из дерева NAYADA-Regina Line Fireproof	EI60

Таблица 4

Результаты расчета веса перегородок различных видов конструктивного решения

№ п/п	Конструктивное решение	Вес перегородки, кг
1.	Кладка из силикатного кирпича 120мм, покрытая гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм	3640.8
2.	Стеновой бетонный блок толщиной 90 мм, покрытый гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм	4289.75
3.	Газосиликатный блок толщиной 100мм, покрытый гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм	2978.6
4.	Перегорodka с металлическим каркасом и обшивкой из гипсокартонного листа 2×12,5 мм и звукоизолирующим слоем из минеральной ваты	2522
5.	Раздвижные перегородки с шумоизоляцией NAYADA SmartWall H5F-S	540
6.	Противопожарные перегородки из дерева NAYADA-Regina Line Fireproof	1440

Таблица 5

Итоговая стоимость 1 м² каждого типа конструкции

№ п/п	Конструктивное решение	Стоимость 1м ² , руб
1.	Кладка из силикатного кирпича 120мм, покрытая гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм	2065
2.	Стеновой бетонный блок толщиной 90 мм, покрытый гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм	9159
3.	Газосиликатный блок толщиной 100мм, покрытый гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм	5332
4.	Перегорodka с металлическим каркасом и обшивкой из гипсокартонного листа 2×12,5 мм и звукоизолирующим слоем из минеральной ваты	4928
5.	Раздвижные перегородки с шумоизоляцией NAYADA SmartWall H5F-S	7000
6.	Противопожарные перегородки из дерева NAYADA-Regina Line Fireproof	15000

Исходными данными для расчета принимаем длину перегородки – 4 м, высоту – 3 м, материалы для сравнения:

1. Кладка из силикатного кирпича 120 мм, покрытая гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм.

2. Стеновой бетонный блок толщиной 90 мм, покрытый гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм.

3. Газосиликатный блок толщиной 100 мм, покрытый гипсовой штукатуркой с каждой стороны по 5 мм.

4. Перегородка с металлическим каркасом и обшивкой из гипсокартонного листа 2x12,5 мм и звукоизолирующим слоем из минеральной ваты толщиной 100 мм

5. Раздвижные перегородки с шумоизоляцией NAYADA SmartWall H5F-S толщина 85 мм.

6. Противопожарные перегородки из дерева NAYADA-Regina Line Fireproof.

Исходя из данных сравнительного анализа выбранных характеристик можно сделать вывод о том, что раздвижные перегородки с шумоизоляцией являются оптимальным конструктивным решением для образовательных учреждений. Устанавливаемый механизм позволяет легко перемещать перегородки создавая новые общественные пространства, звукоизолирующие и теплотехнические характеристики способствуют созданию комфортной атмосферы, а высокая огнестойкость повышает уровень безопасности помещений.

Использование оптимальных конструкций перегородок при строительстве и реконструкции образовательных учреждений позволяет создавать здания, отвечающие современным стандартам энергоэффективности, экологичности и устойчивости к различным воздействиям.

Библиографический список

1. Зотов, Ю. Н. Проектирование внутренних перегородок зданий / Ю. Н. Зотов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Естественные науки и техносферная безопасность : сборник статей. – Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2016. – С. 194-198. – EDN VTGZKN.

2. Заикина, А. П. Шумоизоляционные материалы / А. П. Заикина, А. Г. Козлюк // Наука и инновации в строительстве : Сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова). – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 372-375. – EDN УТКНKH.

3. Пехотиков А.В., Полетаев А.Н., Гомозов А.В., Усолкин С.В. Современные требования к проектированию систем противопожарной

защиты образовательных организаций // Пожаровзрывобезопасность. 2022. №2. [Электронный ресурс]: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-trebovaniya-k-proektirovaniyu-sistem-protivopozharnoy-zaschity-obrazovatelnyh-organizatsiy>

4. Касимов, Р. Г. Инновации в строительстве и реконструкции зданий и сооружений / Р. Г. Касимов, Т. К. Белова. – Оренбург : ОГУ, 2021. – 119 с. – Текст : непосредственный.

5. Гусева, Е. А. Трансформируемые перегородки как средство продления морального срока службы зданий / Е. А. Гусева, И. М. Лобов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2020. – № 2(142). – С. 89-93. – EDN LOKWGW.

6. СП 251.1325800.2016 Здания общеобразовательных организаций Правила проектирования (с Изменением N 1) (Докипедия: СП 251.1325800.2016 Здания общеобразовательных организаций Правила проектирования (с Изменением N 1))

7. СП 118.13330.2012*. Свод правил. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06- 2009" (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/10) (ред. от 17.09.2019)

ЦИФРОВИЗАЦИЯ НА СТАДИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

**Марушко М.В., ст. преп.,
Рябчевский И.С., ст. преп.**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

В настоящее время в России возрастает роль и стало актуальным внедрение информационных технологий во всех отраслях экономики, в том числе и в области управления многоквартирными домами (МКД). Внедрение и реализация разрабатываемых решений по данной тематике может способствовать не только повышению эффективного использования энергетических ресурсов, но и качественно повлиять на благоприятную жизнедеятельность собственников помещений в МКД. Информационные системы управления МКД оказывают влияние на различные характеристики экономического развития: производительность труда, функциональная эффективность, качество обслуживания потребителей, создание системы управления качеством, а также управление обращениями граждан.

Организации, работающие в сфере управления многоквартирными домами, сталкиваются с задачей обработки больших объемов

информации, а процессы, с которыми им приходится работать, зачастую достаточно сложны и глобальны, сами процессы формальны, требуется четкое выполнение регламентов. В целом, использование информационных систем особенно востребовано там, где требуется обработка больших объемов информации и обращение с большими денежными потоками.

Цели, преследуемые внедряемыми информационными технологиями и инновации в процесс технической эксплуатации жилых зданий: энергосбережение, технологическая безопасность, уменьшение расходов и потерь ресурсов в процессе эксплуатации, коммерческий учет потребляемых ресурсов, и, в конечном итоге, комфортные условия проживания жильцов. Именно поэтому, современные цифровые способы управления жилыми объектами интересна со стороны энергосбережения, безопасности и эффективного управления [1].

Разработка и внедрение энергосберегающих и автоматизированных цифровых технологий в инженерную инфраструктуру многоквартирного дома в период его эксплуатации преследуют единую цель – повышение качество жизни людей. В этом направлении идет продвижение и в законодательной сфере. На государственном уровне уже исследованы и повсеместно применяются функции по регулированию применения вышеуказанных технологий. На сегодняшний день, государственные органы осуществляют постоянный мониторинг обстановки по энергосбережению в сфере жилищно-коммунального хозяйства, дорабатывая и совершенствуют нормативно-правовую базу, созданную для ликвидации проблем по снижению потерь и расходов ресурсов.

Авторами разработаны усовершенствованные цифровые решения для практического использования как для управляющих компаний, так и для собственников помещений, проживающих в многоквартирных домах.

1. Рекомендуется к внедрению инновационное решение – сервис мониторинга физического износа объекта капитального строительства. Цель сервиса: цифровизация жилого фонда за счет внедрения усовершенствованной методики определения физического износа зданий, позволяющей получать корректные данные о техническом состоянии жилого фонда, что позволит повысить эффективность процесса планирования средств. Сервис позволяет автоматизировать расчет процентного значения физического износа и снизить вероятность возникновения ошибки, а также повысить его точность за счет детальной формализации признаков износа. Это будет достигаться за счет использования в качестве считывания и распознавания полученных данных с помощью искусственного интеллекта, внедренного в программный комплекс. В качестве специализированного оборудования для проведения натурного обследования предлагается использование беспилотной авиационной системы, включающей беспилотный летательный аппарат, оборудованный камерой высокого разрешения для

фото- и видеофиксации повреждений и отклонений от проектных параметров конструкций зданий и инженерных систем [2, 3].

Задачи разработанного решения:

1) предоставление возможности для проведения визуального анализа зданий, включая осмотр фасадов, крыш, окон и других конструктивных элементов, оборудования и инженерных систем с помощью беспилотной авиационной системы;

2) анализ данных и оценка состояния структурных элементов здания за счет автоматического расчета физического износа с помощью искусственного интеллекта;

3) генерация подробных отчетов с результатами обследования, включая выявленные проблемы, рекомендации по ремонту и реконструкции, а также перечня мероприятий по дальнейшей эффективной технической эксплуатации многоквартирных домов;

4) использование геоданных для пространственного анализа зданий, а также интеграция с геоинформационными системами;

5) реализация функций мониторинга состояния здания через динамические дашборды, позволяя оперативно отслеживать изменения и потенциальные проблемы.

Предполагаемый эффект от внедрения разработки:

– сокращение времени, затрачиваемого на обследование и мониторинг зданий;

– сокращение расходов на ремонт и обслуживание зданий;

– полная прозрачность перед заказчиками обследований;

– освобождение ресурсов персонала.

2. Рекомендуется к внедрению инновационное решение – Многофункциональный онлайн-сервис ЖКХ, предназначенный для физических (собственников помещений в МКД) и для юридических (управляющих компаний) лиц. Основные цели многофункционального онлайн-сервиса: получение информации о начислениях за услуги жилищно-коммунального хозяйства в личном кабинете; передача показаний индивидуальных приборов учета в центральную диспетчерскую; подача заявок на ремонт, обслуживание оборудования, сообщений об аварийных ситуациях в диспетчерскую управляющей компании с помощью мобильного приложения; автоматизированная обработка данных с помощью искусственного интеллекта; онлайн оплата ЖКУ по нескольким объектам недвижимости одним кликом; контроль придомовой территории и пропускного режима [4, 5].

Задачи разработанного решения:

– создание удобного и простого сервиса для оплаты ЖКУ в один клик, для подачи заявок на ремонт, обслуживание оборудования, сообщений об аварийных ситуациях;

– создание единого окна для связи с управляющей компанией, со всеми поставщиками коммунальных ресурсов;

– обеспечение абонентского обслуживания всех потребителей;

- создание возможности для наблюдения за состоянием придомовой территории;
- создание удобства для оперативного открывания шлагбаума для въезда на парковочное пространство для автомобилиста;
- создание возможности для отправки в диспетчерскую фото- и видеоматериалов для фиксации различных нарушений с помощью Приложения на телефоне.

Предполагаемый эффект от внедрения разработки:

- экономия на выпуске и доставке бумажных платежных документов, за счет подписки на электронную квитанцию;
- возможность быстрой рассылки уведомлений о задолженностях, в том числе об отключении коммунальных ресурсов, также различных объявлений;
- экономия на абонентском обслуживании;
- повышение лояльности потребителя и уровня обслуживания для потребителей;
- использование дистанционных сервисов поставщиков на одной платформе, по принципу единого окна;
- оплата в один клик, вне зависимости от количества жилых помещений и количества лицевого счетов;
- хранение всей информации по жилому помещению в цифровом виде, отказ от бумажного архива данных;
- диспетчерская служба по всем поставщикам на единой платформе в мобильном Приложении и личном кабинете на сайте;
- онлайн видеоконтроль для наблюдения за состоянием придомовой территории;
- дистанционное управление инженерным оборудованием;
- гарантированное получение сообщений от поставщиков ресурсов и услуг об авариях, работах и другой информации.

Чтобы улучшить комфорт и безопасность населения, проживающего в многоквартирных домах, повысить производительность организаций, осуществляющих их обслуживание, необходимо в первую очередь произвести централизацию управления, а также активнее внедрять цифровизацию и искусственный интеллект для решения всех актуальных задач и вопросов жизнедеятельности человека. Необходимо введение на законодательном уровне требований к применению информационных систем автоматизации и управления на всех жизненных циклах многоквартирных жилых домов. Важно, что улучшению качества эксплуатации МКД, деятельности управляющих компаний и активному внедрению цифровизации в данных процесс, должно предшествовать повышение до требуемого уровня знаний и умений сотрудников управляющих компаний и жильцов МКД по работе с информационными технологиями и с искусственным интеллектом. Тогда, процесс внедрения таких инновационных технологий будет проходить быстро и эффективно для всех участников этих отношений.

Библиографический список

1. Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17-22.
2. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С. Системы облачного хранения данных для управления жизненным циклом объектов строительства // Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова «Наука и инновации в строительстве». Белгород, 2023. С. 240-245.
3. Рябчевский И.С., Сулейманов И.С., Чесноков И.А. Применение технологии BIM на всех этапах жизненного цикла строительных объектов // Сборник докладов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова. Белгород, 2023. С. 271-277.
4. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С. Управление данными BIM-модели при оценке устойчивости жизненного цикла зданий // Университетская наука. 2023. № 1 (15). С. 117-119.
5. Сулейманова Л.А., Обайди А.А. Управление жизненным циклом здания на этапе эксплуатации с использованием моделей искусственных нейронных сетей и машинного обучения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. № 3. С. 38-46.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЯХ: ОПЫТ КИТАЯ

Новикова К.Ю., преп.

Баклушина И.В., заместитель директора института ОО
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

В современном мире все больше внимания уделяется использованию возобновляемых источников энергии. В этом контексте тепловые насосы, которые преобразуют энергию окружающей среды в тепло для отопления и горячего водоснабжения, становятся все более популярными. Китай является одной из ведущих стран, активно применяющих тепловые насосы в своих зданиях. Такое широкое использование тепловых насосов в Китае обусловлено несколькими факторами. Во-первых, это огромные объемы производства электроэнергии из ископаемого топлива, что приводит к высоким ценам на отопление и горячую воду. Тепловые насосы позволяют значительно снизить затраты на эти услуги и уменьшить зависимость от нестабильных цен на энергоносители. Во-вторых, экологический аспект также играет решающую роль: использование тепловых насосов помогает снизить выбросы парниковых

газов и сократить негативное воздействие на окружающую среду.

Первые эксперименты с использованием тепловых насосов в Китае начались еще в 1980-х гг.. В то время были разработаны первые модели на основе компрессионного цикла, которые позволяли получать тепло из окружающей среды для обогрева помещений. Эти системы были далеко не идеальными, но они положили начало дальнейшему развитию этой технологии. В 1990-х годах китайские инженеры начали работать над усовершенствованием конструкции тепловых насосов. Кроме того, были разработаны новые компрессоры и теплообменники, которые также способствовали повышению энергоэффективности. В начале 2000-х гг. в Китае произошел настоящий прорыв в применении тепловых насосов. Большие инвестиции в исследования и разработки позволили создать новые модели с высокой энергоэффективностью и надежностью. Такие системы стали все более популярными среди застройщиков жилых комплексов и коммерческих зданий. Одной из основных отраслей, где применение тепловых насосов оказалось особенно успешным в Китае, является жилищное строительство. В условиях постоянного роста численности населения и увеличения количества новых строительных объектов, потребность в энергии для обогрева зданий стала актуальной проблемой. Тепловые насосы предоставляют возможность получать тепло из окружающей среды (воды, воздуха или грунта) и использовать его для отопления помещений. Благодаря этому, удастся существенно снизить затраты на энергию и сделать жилье более экологически чистым. Также тепловые насосы активно применяются в коммерческом строительстве. Крупные торговые центры, офисные здания и промышленные комплексы все чаще используют данную технологию для обеспечения комфортных условий внутри помещений. Тепловые насосы позволяют не только обогревать здания, но и осуществлять охлаждение в летний период. Это является особенно актуальным в регионах с жарким климатом, где требуется постоянное поддержание оптимальной температуры. Китай также активно развивает использование тепловых насосов для производства горячей воды. Благодаря этой технологии удалось значительно сократить затраты на энергию для нагрева воды как в жилых домах, так и в коммерческих объектах.

В последние годы применение тепловых насосов в современных зданиях стало все более популярным. Они являются эффективным и экологически чистым способом обеспечения отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования воздуха. Опыт Китая показывает, что использование тепловых насосов имеет ряд преимуществ, которые делают их предпочтительным выбором для многих разнообразных типов зданий. Китайские эксперты и ученые использовали фактические измерения, моделирование, создание экспериментальных платформ и другие средства для улучшения тепловых характеристик корпуса здания,

энергопотребление, энергоэффективность, режим работы, удовлетворенность персонала помещений и другие точки зрения, а также получили множество ценных результатов исследований. Одним из основных преимуществ тепловых насосов названа их высокая энергоэффективность [1]. Тепловой насос использует окружающую среду как источник тепла, а затем преобразует его в нужную форму для отопления или охлаждения здания. По данным исследований, энергия, получаемая из окружающей среды при помощи теплового насоса, может быть в несколько раз больше энергии, потраченной на его работу. Например, в городе Ухань были проанализированы производительности 39 систем геотермальных тепловых насосов, коэффициент эффективности которых в среднем находился в диапазоне 2,6-4,9, что значительно выше, чем у обычной центральной системы кондиционирования. Вторым преимуществом тепловых насосов является их экологическая безопасность. В отличие от систем отопления, использующих газ или нефть, тепловой насос не выделяет вредных выбросов в атмосферу. Они работают на основе энергии из возобновляемых источников, таких как солнечная энергия или геотермальное тепло, что делает их более экологически чистыми и помогает сократить уровень загрязнения окружающей среды. Еще одно преимущество тепловых насосов – это их универсальность. Они могут быть использованы для различных целей, включая отопление, охлаждение и подготовку горячей воды. Тепловые насосы могут работать как самостоятельно, так и в сочетании с другими системами отопления или кондиционирования воздуха. Это позволяет адаптировать систему к специфическим потребностям каждого здания и обеспечить комфортные условия проживания или работы. Кроме того, использование тепловых насосов может привести к существенной экономии денежных средств. В первую очередь, это связано с уменьшением расходов на энергию. Тепловые насосы потребляют гораздо меньше электроэнергии по сравнению с традиционными системами отопления или кондиционирования воздуха. Они требуют меньше затрат на обслуживание и ремонт благодаря своей простоте и надежности.

Китай успешно применяет тепловые насосы для обеспечения горячей воды в больших многоэтажных домах и гостиницах [2]. Такие системы позволяют существенно экономить энергию и снизить затраты на обслуживание, поскольку тепловые насосы используют атмосферный воздух или грунт как источник тепла. Важным аспектом опыта Китая является разработка и применение технологий для повышения эффективности работы тепловых насосов [3]. Китайские инженеры активно работают над улучшением коэффициента производительности (COP) и снижением потребления энергии. Они проводят исследования по оптимизации цикла работы теплового насоса, использованию новых

материалов и компонентов, а также применению инновационных систем управления. Например, система геотермального теплового насоса (GSHP) широко используется в строительстве в Китае и во всем мире, благодаря своей энергосберегающей и экологической эффективности. Значение коэффициента полезного действия (COP) системы GSHP является важным параметром, отражающим хорошие и плохие характеристики системы, и представляет собой новую и развивающуюся технологию в области энергетики. В последние десятилетия большинство исследований были сосредоточены на повышении эффективности системы GSHP. Китай также успешно осуществляет масштабное внедрение систем теплоснабжения с использованием тепловых насосов. В рамках таких проектов строятся специальные централизованные системы, которые обеспечивают отопление нескольких зданий одновременно, такие системы позволяют сэкономить значительное количество ресурсов при обеспечении комфортных условий в больших городах. Китайский опыт подтверждает надежность и долговечность тепловых насосов, многие системы, установленные в Китае несколько десятилетий назад, до сих пор успешно функционируют и обеспечивают нужным уровнем комфорта, что свидетельствует о высоком качестве оборудования и строгости контроля при его производстве. Одной из причин успешного внедрения тепловых насосов в Китае является государственная поддержка данной отрасли: правительство активно финансирует программы по стимулированию использования тепловых насосов в жилом секторе и других отраслях экономики, при таком подходе инвестиции позволяют развивать новые технологии и снижать стоимость оборудования, что делает его более доступным для широкой аудитории.

В последние десятилетия Китай сделал значительные усилия для снижения своей зависимости от использования топлива и перехода к более экологически чистым альтернативам, в связи с чем развивается применение тепловых насосов в сфере отопления и кондиционирования зданий. Один из ключевых факторов, способствующих широкому распространению тепловых насосов в Китае – это доступность и низкая стоимость энергии. Большая часть энергии в стране производится из возобновляемых источников, таких как гидроэлектростанции, солнечная и ветровая энергия, что делает использование тепловых насосов еще более привлекательным с точки зрения экономической эффективности [4–6]. Китай также активно поддерживает развитие и инновации в области тепловых насосов. В стране проводятся исследования и разработки новых моделей и технологий, а также создаются государственные программы по стимулированию использования данной технологии. Например, одна из таких программ – «Теплоизоляция», предоставляет субсидии для установки тепловых насосов в жилых

зданиях. Опыт Китая показывает, что применение тепловых насосов в современных зданиях имеет ряд значительных преимуществ. Тепловые насосы могут производить до 4-5 кВт тепла при использовании только 1 кВт электроэнергии, что позволяет снизить расходы на отопление, кондиционирование и вентиляцию помещений [7]. Также следует отметить надежность и долговечность тепловых насосов: правильно установленные и эксплуатируемые насосы могут служить до 20 лет или более без значительного снижения своей эффективности. Однако, несмотря на все преимущества, применение тепловых насосов в современных зданиях имеет свои ограничения и проблемы. Во-первых, высокие начальные инвестиционные затраты могут оказаться недоступными для некоторых разработчиков или владельцев зданий. Во-вторых, требуются специализированные знания и квалификация для проектирования, установки и обслуживания системы теплового насоса.

Опыт Китая показывает, что применение тепловых насосов в современных зданиях является перспективным и эффективным решением для снижения энергопотребления и улучшения экологической обстановки. Однако, необходимо учитывать индивидуальные особенности каждого проекта и страны, чтобы определить наиболее подходящий вариант использования данной технологии.

Библиографический список

1. Jingmeng Sang, Xin Liu, Chuanzhi Liang, Guohui Feng, Zonghan Li, Xiuhui Wu, Mengmeng Song, Two-step-like anomalous glass transition behavior in Ni–Zr–Nb–Al–Ta metallic glass alloys / Jingmeng Sang, Xin Liu, Chuanzhi Liang, Guohui Feng, Zonghan Li, Xiuhui Wu, Mengmeng Song // *Energy*. – Vol. 257. – 2022. – P. 12077.
2. Shifang Huang, Libo Wang, Lingyun Xie, Jian Liu, Xiaosong Zhang, Energetic, economic and environmental analyses of frost-free air-source heat pump in multi-type buildings and different locations / Shifang Huang, Libo Wang, Lingyun Xie, Jian Liu, Xiaosong Zhang // *Journal of Building Engineering*. – Vol. 80. – 2023. – P. 108060.
3. Gangqiang Kong, Yu Chen, Lehua Wang, Yongdong Meng, Qing Yang, Seasonal performance of an energy pile heat pump system and prediction of building thermal load / Gangqiang Kong, Yu Chen, Lehua Wang, Yongdong Meng, Qing Yang // *Applied Thermal Engineering*. – Vol. 247. – 2024. – P. 122359.
4. Yicheng Ma, Jianfei Xi, Jie Cai, Zhongzhu Gu, The optimization and energy efficiency analysis of a multi-tank solar-assisted air source heat pump water heating system / Yicheng Ma, Jianfei Xi, Jie Cai, Zhongzhu Gu // *Thermal Science and Engineering Progress*. – Vol. 48. – 2024. – P. 102387.
5. Peiqiang Chen, Yi liu, Ying Xu, Haoran Ning, Yu Qin, Zexuan Wang, Performance of a solar ground source heat pump used for energy supply of a

separated building / Peiqiang Chen, Yi liu, Ying Xu, Haoran Ning, Yu Qin, Zexuan Wang // Geothermics. – Vol. 105. – 2022. – P. 102524.

6. Yubo Wang, Zhenhua Quan, Yaohua Zhao, Lincheng Wang, Zichu Liu, Performance and optimization of a novel solar-air source heat pump building energy supply system with energy storage / Yubo Wang, Zhenhua Quan, Yaohua Zhao, Lincheng Wang, Zichu Liu // Applied Energy. – Vol. 324. – 2022. – P. 119706.

7. Shuailing Liu, Guoyuan Ma, Yaya Lv, Shuxue Xu, Review on heat pump energy recovery technologies and their integrated systems for building ventilation / Shuailing Liu, Guoyuan Ma, Yaya Lv, Shuxue Xu. – Text : electronic // Building and Environment. – Vol. 248. – 2024. – P. 111067.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИОННОГО ОБМЕНА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖКХ

Павелкова А.М., аспирант,

Спицов Д.В., канд. техн. наук, доц.

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, г. Москва, Россия*

Наиболее распространенный метод умягчения и обессоливания воды – применение ионитных фильтров [1]. Жесткость воды имеет существенное значение при использовании воды для технологических нужд предприятий, в том числе жилищно-коммунального комплекса. Большинство используемых источников воды имеют жесткость, отвечающую нормам для хозяйственно-питьевых вод [2] и нуждаются в умягчении только для технологических целей. Подпиточная вода для теплосети и паровых котлов должна соответствовать нормам [3-5].

Сущность метода ионного обмена состоит в фильтровании подготавливаемой воды через ионит, при этом происходят реакции ионного обмена с растворенными в воде солями, с замещением ионов, находящихся в исходной воде эквивалентным количеством из матрицы ионита. Происходит изменение состава минеральных солей, жесткость воды снижается. Типом загруженного в фильтр ионита (анионный или катионитный) определяется его технологическое предназначение. Факторы эффективной работы фильтра: оптимальное распределение в ионообменной смоле, обрабатываемой и промывных вод, а также выборе загрузки. Снижение скорости фильтрования ниже 5 м/ч недопустимо, наблюдается «пристеночный эффект», умягчаемая вода основной массой проходит вблизи стенок, а не через объем катионита и сохраняет повышенную жесткость. Первые синтезированные ионообменные смолы получены в 1935 г. английскими химиками Б. Адамсом и Э. Холмсом. Иониты отличаются разнообразием по составу и свойствам, что

позволяет осуществить как полное обессоливание, так и селективную очистку обрабатываемой воды [6].

Обратимость реакций ионного обмена, разнообразие ионообменных смол, возможность влиять на производительность процесса как за счет увеличения скоростей фильтрования и конструкций фильтров, так и за счет загрузки, позволяет методу оставаться актуальным. Наиболее широко представлены на рынке и применяются синтетические полимерные ионообменные смолы. Скорость ионного обмена, химическая стойкость и обменная емкость значительно больше, чем у синтетических органических ионитов. На современном рынке водоподготовки представлены около 15 производителей ионообменных смол, поставляющих около 100 марок катионита и 90 марок анионита, при помощи которых можно решить различные задачи умягчения или обессоливания воды [7]. Классификация ионитов приведена на рис. 1.



Рис. 1. Классификация ионитов

Ионообменные смолы, применяемые для умягчения и обессоливания воды, имеют ограниченный ресурс. При насыщении смолами ионами кальция/магния подготовленная вода перестает соответствовать требуемым показателям, фильтр отключается на регенерацию. Первым вариантом регенерации было одностороннее движение обрабатываемой воды и регенерирующего раствора, этот способ получил название параллельноточной регенерации. Распределения исходной воды и регенерационных потоков по слою ионита происходит при помощи верхнего распределительного устройства. Проведение всех необходимых технологических операций при эксплуатации осуществляется с помощью переключений системы трубопроводов и арматуры. Такая конструкция проста и надежна. Существенным недостатком параллельноточной регенерации является неполное использование обменной емкости ионита, связанное с недостаточной глубиной регенерации нижележащих слоев ионита [8].

Значительного уменьшения удельного расхода реагентов и повышение степени очистки воды удалось достигнуть применением противоточного принципа регенерации [9].

Для максимального использования преимуществ противоточной регенерации оптимально применение монодисперсных смол, что позволяет увеличить скорость фильтрования, без увеличения

гидравлического сопротивления слоя загрузки. Внедрение технологии противоточной регенерации осуществляется при проведении реконструкции существующих параллельноточных блоков водоподготовки, при этом уменьшается себестоимость подготовки воды за счет уменьшения потребления воды и реагентов [10-12].

Конструкция ионообменных фильтров представляет собой бак цилиндрической формы, подача обрабатываемой и промывочных вод, а также регенерационного раствора по системам трубопроводов. Общий вид ионообменного фильтра приведен на рис. 2.



Рис. 2. Ионообменный фильтр, общий вид

Наличие нескольких вариантов конструкций связано с необходимостью обеспечить расширение ионита в процессе взрыхления, с одновременным блокированием слоя ионита в процессах фильтрования и регенерации. В параллельноточных фильтрах ионит блокирован потоком жидкости, расширение обеспечивается за счет загрузки на высоту 0,7-0,8 высоты фильтра. «Зажатие» слоя ионита при противоточной регенерации может быть гидравлическое или пневматическое, реализованное с помощью добавленного в конструкцию среднего дренажного устройства. Еще один из вариантов заключается в применении инертной загрузки в верхней части фильтра.

В практике подготовки смягченной воды для подпитки тепловых сетей широкое распространение получили сильнокислотные катиониты КУ-2, КУ-1, Purolite, Amberlite, Trilite КН, Amberjet, Dowex, Lewatit. Их обменная емкость остается неизменной при изменении значений рН 1,5-10, что упрощает эксплуатацию. Простота эксплуатации, возможность работы установки при изменяющейся потребности в подготовленной воде, сделали ионный обмен основной технологией умягчения воды для нужд горячего водоснабжения.

Наибольшее сокращение габаритов установки и объема потребляемых реагентов вызвало внедрение противоточных технологий. Дальнейшее совершенствование технологии ионного обмена можно осуществить как с помощью изменений характеристик ионообменной смолы, так и внесением изменений в конструкцию фильтров, учитывая

гидродинамические ограничения фильтрации через загрузку.

Библиографический список

1. Лифшиц О. В. Справочник по подготовке котельных установок. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: «Энергия», 1976. – 288 с.

2. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [Текст]. - Введ. 2021-01-29. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2021.

3. ГОСТ 20995-75 Котлы паровые стационарные давлением до 3,9 мпа Показатели качества питательной воды и пара - Введ. 1977-05-01.

4. РД 24.032.01-91 Методические указания "Нормы качества питательной воды и пара, организация водно-химического режима и химического контроля паровых стационарных котлов-утилизаторов и энерготехнологических котлов". СПб., АО НПО ЦКТИ - Введ. 1991-07-01.

5. РД 24.031.120-91. Методические указания. Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического режима и химического контроля. СПб., АО НПО ЦКТИ, ЦКТИ - Введ. 1991-07-01.

6. Кривченкова, Е. А. Анализ ассортимента и качества катионитов, представленных на российском рынке и предназначенных для применения на водоподготовительных установках ТЭС / Е. А. Кривченкова, Л. А. Панфилова, И. А. Чернова // Теплоэнергетика. – 2021. – № 10. – С. 63-72.

7. Павелкова, А.М. Современное состояние рынка ионообменных смол (обзор) / А. М. Павелкова, Д. В. Спицов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2023. – № 8. – С. 23-29.

8. Вихрев, В.Ф. Водоподготовка: учебник для вузов / В.Ф. Вихрев, В.В. Шкроб М.С.; под ред. М.С. М.С. – М.: Энергия, 1973. – 416 с.

9. Жадан, А.В. Практическая реализация противоточной технологии ионного обмена / А.В. Жадан, Е.Н. Бушуев // Вестник ИГЭУ. – 2012. – № 5. – С. 10-15.

10. Громов, С. Л. Технологии противоточной регенерации ионитов для водоподготовки. Часть. 1 / С. Л. Громов, А. А. Пантелеев // Теплоэнергетика. – 2006. – № 8. – С. 33-37.

11. Громов, С. Л. Технологии противоточной регенерации ионитов для водоподготовки. Часть 2 / С. Л. Громов, А. А. Пантелеев // Теплоэнергетика. – 2006. – № 11. – С. 50-55.

12. Опыт эксплуатации фильтров с противоточной технологией регенерации ионитов для водоподготовки химических цехов ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 г. Волжского / Р. Г. Проскуракова, В. В. Еременко, И. В. Ракова, Н. А. Стребкова // Энергосбережение и водоподготовка. – 2008. – № 4(54). – С. 43-44.

УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Пириев Ю.С., ст. преп.,
Виноходова Е.А., студент,
Чернышев В.С., студент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

В настоящее время в сфере строительства и проектирования все большее внимание уделяется вопросам повышения прочности и долговечности конструкций. Существуют различные способы и методы решения этих вопросов. Одним из наиболее эффективных способов является усиление строительных конструкций с применением композитных материалов. Композиты представляют собой материалы, состоящие из двух или более компонентов, обладающих различными свойствами, которые в сочетании обеспечивают высокую прочность, легкость и долговечность.

Композитные материалы широко используются в различных отраслях промышленности, включая авиацию, автомобилестроение, судостроение, строительство и другие. Они объединяют в себе преимущества различных компонентов, таких как стекловолокно, углепластик и полимерные смолы, что позволяет создавать материалы с оптимальными характеристиками для конкретных задач [1].

Преимуществом композитов является в том числе и их высокая прочность при небольшом весе. Это свойство позволяет применять их для усиления строительных конструкций, где требуется повышенная несущая способность при минимальном увеличении массы. Кроме того, композитные материалы обладают высокой устойчивостью к коррозии, ультрафиолетовому излучению и химическим воздействиям, что обеспечивает долгий срок службы конструкций [6].

Одним из основных направлений применения композитных материалов в строительстве является усиление железобетонных конструкций. Известно, что бетон имеет достаточную прочность на сжатие, но относительно низкую прочность на растяжение, что приводит к образованию трещин в растянутой зоне и разрушений при длительной эксплуатации. Для усиления железобетонных элементов часто используются углепластиковые ленты, стеклопластиковые стержни или сетки, которые укрепляют конструкцию и повышают ее нагрузочную способность. Усиление железобетонных конструкций показано на рис. 1.

Композитные материалы широко применяются для усиления металлических конструкций. Металлические элементы подвержены коррозии и износу, что снижает их прочность и долговечность. Для

защиты металлических конструкций от воздействия окружающей среды и увеличения их надежности используются композитные оболочки, покрытия или арматура из стеклопластика, которые обеспечивают дополнительную защиту и усиление. Усиление металлических конструкций представлено на рис. 2 [7].



Рис. 1. Усиление конструкций композитными холстами и обоймой

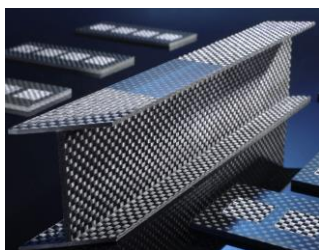


Рис. 2. Защита металлического профиля композитной оболочкой

Использование композитных материалов для усиления конструкций имеет ряд существенных преимуществ. Во-первых, композиты обладают высокой прочностью и жесткостью при небольшом весе, что позволяет значительно увеличить несущую способность конструкции без увеличения массы. Это особенно важно при реконструкции или модернизации существующих зданий и сооружений, где необходимо усилить несущие элементы без перегрузки конструкции [3].

Во-вторых, композитные материалы обладают высокой устойчивостью к коррозии, химическим воздействиям и ультрафиолетовому излучению, что обеспечивает долгий срок службы усиленных конструкций. Это особенно актуально для объектов, находящихся в агрессивной среде или подверженных воздействию влаги и химических веществ [4].

Кроме того, композитные материалы обладают хорошей теплоизоляцией и электрической изоляцией, что позволяет использовать их для усиления конструкций в условиях повышенной температуры или электрической нагрузки. Это делает композитные материалы

универсальным решением для различных видов строительства и ремонта [4].

Существует несколько основных технологий усиления конструкций с применением композитных материалов. Первый – метод наложения композитной арматуры на поверхность конструкции. Часто применяется в армировании кирпичной кладки. рис. 3.



Рис. 3. Армирование кирпичной кладки композитной сеткой

Самым распространенным методом усиления конструкций является использование композитных лент и стержней. Композитные ленты укрепляют железобетонные или металлические конструкции, повышая их прочность и стойкость к внешним нагрузкам и воздействиям. Композитные стержни часто используются для армирования железобетонных колонн, балок и небольших участков плит, а также для укрепления металлических балок (рис. 4). Для этого используются специальные клеевые составы или эпоксидные смолы, которые обеспечивают надежное сцепление между композитным материалом и основным элементом [4].



Рис. 4. Усиление железобетонной конструкции композитной лентой

Еще одним способом усиления является создание композитных оболочек или панелей. Эти элементы накладываются на поверхность конструкции и защищают ее от внешних воздействий. Композитные оболочки широко применяются для ремонта мостов, трубопроводов, резервуаров и других сооружений (рис. 5) [2].

Композитные материалы также успешно применяются для реставрации и реконструкции исторических зданий. Благодаря своей легкости, гибкости и прочности они позволяют сохранить архитектурное наследие и при этом усиливают здания от разрушений и обветривания [4].



Рис. 5. Усиление моста композитной оболочкой

Усиление конструкций с использованием композитных материалов представляет собой эффективный способ повышения прочности, долговечности и безопасности строительных конструкций зданий и сооружений. Композиты обладают рядом преимуществ перед традиционными строительными материалами, такими как высокая прочность при небольшом весе, устойчивость к коррозии и химическим воздействиям, хорошая тепло- и электрическая изоляция.

Применение композитных материалов для усиления конструкций позволяет создавать надежные, долговечные и экологически безопасные конструкции. С развитием технологий производства композитов и расширением спектра их применения можно ожидать дальнейшего роста интереса к этому типу материалов в строительстве [5].

Библиографический список

1. Песков А.Н., Шешенев Н.В., Применение композитных материалов в современном строительстве // В книге: Новые технологии в учебном процессе и производстве. Материалы XVII Международной научно-технической конференции. Под редакцией А.А. Платонова, А.А. Бакулиной. 2019. С. 213-215.
2. Дякив Б.Т., Зедгенизов А.В., Композитные материалы в строительстве автомобильных дорог // В сборнике: Байкальская наука: идеи, инновации, инвестиции. Сборник статей по материалам всероссийской научно-практической конференции. 2023. С. 121-124.
3. Пириев Ю. С. Реконструкция зданий и сооружений и усиление строительных конструкций при реконструкции // Белгород: Изд-во БГТУ им В.Г. Шухова. – 2018. 140 с.
4. Владимиренко А.С., Леонова А.Н., Особенности усиления железобетонных конструкций композитными материалами // В сборнике: Scientific perspectives 2018. Сборник материалов XXXV Международной научно-практической конференции. 2018. С. 53-55.
5. Мурашов А.О., Абрамов М.А., Оценка эффективности применения композитных материалов для усиления строительных

конструкций // В сборнике Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2020. № 1. С. 469-472.

6. Грахов В.П., Попов В.С., Шуклина А.Ю., Анализ и преимущества неметаллической арматуры из композитных материалов в строительстве // В сборнике: Актуальные вопросы теории и практики применения композитной арматуры в строительстве. 2015. С. 42-51.

7. Ситникова М.С., Кондратьева А.А., защита металлических конструкций от коррозии при реконструкции // В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2019. С. 898-900.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Пирьев Ю.С., ст. преп.,
Шептун К.Р., студент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Оценка технического состояния здания и сооружения представляет собой процесс, в ходе которого проводится комплексный анализ технического состояния, инженерных систем, конструкций, оборудования, с целью обнаружения повреждений и определения категории технического состояния строительного объекта [1].

В сфере строительства устанавливают следующие категории технического состояния здания и сооружения:

1) исправное состояние (объект строительства полностью соответствует всем техническим требованиям);

2) работоспособное состояние (здание, которое имеет хорошие технические характеристики с наличием незначительных дефектов);

3) ограниченно работоспособное состояние (удовлетворительное техническое состояние, которое может сопровождаться наличием износов и техническими неисправностями, требует вмешательства специалистов);

4) недопустимое состояние (здание, имеющее плохое техническое состояние, требующее проведение ремонта или реконструкции);

5) аварийное состояние (несущая способность объекта полностью исчерпана, требуется вмешательство специалистов для предотвращения чрезвычайных ситуаций).

Процесс оценки технического состояния реконструируемого здания и сооружения включает в себя следующие виды работ:

– визуальный осмотр: с целью проверки внутреннего и внешнего

состояния здания и сооружения, а также выявления наличия видимых дефектов: трещин, повреждений (рис 1);

– инженерные изыскания: проверка и оценка технического состояния конструкций и инженерных систем при помощи использования инженерного оборудования (рис 2);

– анализ результатов: на основе собранные данные проходит анализ состояния объекта с учетом государственных стандартов и требований безопасности [2];

– составление отчета: процесс разработки документации и составление рекомендаций по дальнейшей нормальной эксплуатации конструкции.



Рис. 1. Визуальный осмотр технического состояния реконструируемых зданий и сооружений



Рис. 2. Инженерные изыскания, проводимые при обследовании реконструируемых зданий и сооружений

История оценки технического состояния здания является примером постоянного совершенствования методов и подходов, применения профессионально-технического оборудования, которое используется для оценки технического состояния здания [3].

Существуют следующие методы определения технического

состояния строительной конструкции:

1) по внешним признакам: повреждения в результате силового (статического, динамического), механического, температурного, химического воздействия;

2) акустический метод: основанный на использовании ультразвукового и ударного воздействия. Используется для определения прочности свойств бетона в строительной конструкции;

3) ультразвуковой метод: применяется для проверки толщины конструкции;

4) радиометрический метод: используется для поиска расположения сечения арматуры, определения толщины защитного слоя конструкции;

5) вибрационный метод: позволяет определить характеристики бетонных конструкций: марка, предельная разрушающая нагрузка, прогиб [4];

6) геодезический метод: позволяет определить деформации конструкций, сдвиги и повороты в узлах конструкций [5].

Оценка реконструируемого объекта зависит от ряда различных факторов, которые включают в себя: текущее состояние объекта, потребность в проведении реконструкции, оценка стоимости работ и рыночной цены, плана по использованию объекта после проведения реконструкции. Оценка реконструируемых зданий обычно проводится с привлечением работ оценщиков недвижимости, которые проводят анализ объекта на основании вышеперечисленных факторов.

Также стоит отметить, что реконструкция может быть как полной, где необходимо провести полную реконструкцию объекта, так и выборочной, когда требуется провести обследование конкретной части здания или отдельной конструкции.

Необходимо учитывать, что стоимость реконструкции объекта должна быть уточнена при оценке, так как это фактор может существенно влиять на общую стоимость реконструируемого здания.

Таким образом, можно сделать вывод, что оценка технического состояния зданий и сооружений является важным этапом при проведении реконструкции, это сложный технический процесс, требующий комплексного подхода и проведения профессионального анализа для определения конечной стоимости объекта строительства [6].

Библиографический список

1. Золотозубов Д.Г. Реконструкция зданий и сооружений / Д.Г. Золотозубов, М.А. Безгодов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 159 с.

2. Бадьин Г.М. Усиление строительных конструкций при реконструкции и капитальном ремонте зданий / Г.М. Бадьин, Н.В. Таничева. – Москва: Изд-во АСВ, 2008. – 112 с.

3. Бадьин Г.М. Технология реконструкции зданий и сооружений / Г.М. Бадьин, В.В. Верстов, А.Ф. Юдина. – Москва: Изд-во АСВ, 2002. – 138 с.

4. Бойко М.Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений / М.Д. Бойко, А.И. Мураховский, В.З. Величкин. – Москва: Стройиздат, 1993. – 256 с.

5. Вольфсон В.Л. Реконструкция и капитальный ремонт жилых и общественных зданий / В.Л. Вольфсон, Р.Г. Комисарчик – Москва: Стройиздат, 2003. – 234 с.

6. Пириев Ю.С. Технические вопросы реконструкции и усиления зданий / Ю.С. Пириев. – Москва: Изд-во АСВ, 2013. – 120 с.

РЕЧНЫЕ ВОКЗАЛЫ ПОВОЛЖЬЯ КАК МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОБЩЕСТВЕННЫЕ ЦЕНТРЫ

**Полецук М.Н., канд. архитектуры, проф.,
Клименко И.В., аспирант**
*Московский архитектурный институт
(Государственная академия), г. Москва, Россия*

Волга является одной из крупнейших рек мира, поэтому с древних времен ее русло использовалось в целях судоходства, о чем свидетельствуют найденные археологические артефакты (приблизительно II тыс. до н.э.). Именно по этой водной артерии в I–III в. н.э. проходил один из участков знаменитого торгового «Шелкового пути», а также «Волжский путь».

Во время правления Петра I произошло включение Волги в судоходную систему каналов Санкт-Петербурга и Балтийского моря для обеспечения торгового оборота.

В 1842 г. возникает «Пароходное общество по Волге». Функцию современных речных вокзалов выполняли «параходныя конторки (дебаркадеры)».

В СССР речное судоходство по Волге стремительно развивается, река становится одной из главных транспортных магистралей, обеспечивающих связь севера и юга страны. В этот период строится большое количество речных вокзалов с набережными, которые становятся «речными воротами» крупных Волжских городов.

Примечательно, что строительство набережных во многих городах Поволжья (Ярославль, Нижний Новгород, Чебоксары, Самара, Саратов, Волгоград) обусловлено именно появлением речных вокзалов, что доказывает значение речного судоходства с XIX по вторую половину XX века [1]. Комплекс набережной и речного вокзала представлял собой крупный городской ансамбль.

Впервые стационарный речной вокзал на Волге был построен в Саратове (1933 г.), который был подчинен единственной функции - обеспечению речного судоходства.

В 1960-1980-е годы XX в. в крупных городах Поволжья появляется новый тип речных вокзалов, воплощающие собой конструктивизм. Отличительной особенностью объемно-планировочного решения этих зданий являлось внедрение дополнительных функций, таких как гостиница, концертный зал и т.д., помимо основной, связанной с функционированием речного транспорта. Яркими примерами данной архитектуры являются речные вокзалы, построенные в Ярославле, Ульяновске, Волгограде и Нижнем Новгороде (рис. 1) [1].

Город	Общие данные	Архитектурный образ		
		Вид на фасад	Чертежи	Схема генплана
НИЖНИЙ НОВГОРОД	Архитектор: М.И. Чурилин Время стр-ва: 1962-1964 гг. Современное использование: <ul style="list-style-type: none"> • Речной вокзал • Выставочный центр • Редакция СМИ 			
УЛЬЯНОВСК	Архитектор: Т.М. Садовский Время стр-ва: 1965 г. Современное использование: <ul style="list-style-type: none"> • Речной вокзал 			
САРАТОВ	Архитектор: Ленинградские Время стр-ва: 1967-1969 гг. Современное использование: <ul style="list-style-type: none"> • Магазин • Кафе • Прокат автомобилей 			
ЯРОСЛАВЛЬ	Архитектор: Т.П. Садовский, Время стр-ва: 1976-1984 гг. Современное использование: <ul style="list-style-type: none"> • Речной вокзал • Кафе, кейтеринг • Гостиница 			

Рис. 1. Изменение функций речных вокзалов Поволжья

В конце XX - начале XXI вв. речной транспорт утрачивает свою значимость, уступив автомобильному, железнодорожному и авиационному, как более скоростным и менее дорогим видам транспортировки [4]. Утрачивается функция пассажирского транспорта между городами, остаются только незначительные по протяженности пути сообщения между городом и близлежащими пунктами, лишь туристические речные круизы остаются способом передвижения на дальние расстояния по Волге. В результате, вокзальные комплексы лишаются нагрузки, на которую были рассчитаны при проектировании, и большие площади здания оказываются не востребованы.

Таким образом, в настоящее время здания речных вокзалов

приобрели второстепенную значимость, но вместе с этим произошло заполнение свободной площади множеством различных функций. Так, речные вокзалы трансформировались в многофункциональные общественные здания расположенные в прибрежной зоне, которые помимо того, что совмещают в себе помещения прямого назначения, связанных с приемом, отправкой судов, обслуживанием пассажиров, также включает в себя помещения коммерческого назначения, офисные кабинеты, пункты общественного питания, гостиницы и т.д.

Также стоит отметить значение речных вокзалов с точки зрения эстетической составляющей речной панорамы Волжских городов, поскольку зачастую являются архитектурной доминантой в речном «фасаде города», выделяясь на фоне общей застройки. Объемно-пространственная композиция здания особенно усиливаются благодаря включению дополнительных функций, таких как, например, концертного зала, что требует новых объемов, повышающих выразительность архитектуры.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод что современное эффективное использование пространства речных вокзалов в Поволжье, которые сочетают в себе комплекс различных функций, доказывает необходимость строительства большего количества многофункциональных зданий в прибрежных зонах. Таким образом, достигается круглогодичное и всесезонное использование пространства зданий, которые могут быть, как и речные вокзалы, ограничены в функционировании в межнавигационный период.

Библиографический список

1. Жукова, Е. С. Эволюция архитектуры речных вокзалов / Е. С. Жукова, В. М. Молчанов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2023. – № 3-4(92). – С. 197-210.
2. Кайцер, С. Н. Анализ истории строительства речных вокзалов в России / С. Н. Кайцер, Е. Е. Прокшиц, М. И. Целярицкая // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых : сборник научных статей 4-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок, Курск, 01 декабря 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 349-355.
3. Полещук М. Н. Развитие общественных пространств в прибрежных зонах крупнейших городов Поволжья / М. Н. Полещук, И. В. Клименко // Архитектура и современные информационные технологии. – 2022. – № 2(59). – С. 225-244.
4. Птичникова Г. А., Антюфеев А. В. Город, река и архитектура // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного

университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 350–362.

5. Шумилина, А. Е. Роль речных вокзалов в формировании прибрежной территории / А. Е. Шумилина, О. Д. Кучер, Н. С. Калинина // Экономика строительства. – 2024. – № 1. – С. 165-168.

РАЗВИТИЕ АРЕНДНОЙ НЕДВИЖИМОСТИ В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Тарануха Н.Л., д-р экон. наук, проф.,

Ананин К.Ю., аспирант

*Ижевский государственный технический
университет им. М.Т. Калашиникова, г. Ижевск, Россия*

На основе изучения рынка жилой недвижимости, а также статистических данных было выявлено, что в Удмуртской Республике назрела необходимость развития фонда арендного жилья. Решение данной проблемы на сегодняшний день достаточно актуально, поскольку позволит вывести Удмуртию на первые позиции среди других регионов Приволжского федерального округа [1].

В Удмуртской Республике, как и других регионах России, имеется нелегальный рынок аренды жилых помещений. Для его ликвидации и создания в будущем конкуренции на рынке, необходимо развивать фонд арендного жилья. В 2013 г. Министерство регионального развития Российской Федерации специально разработало методические рекомендации для реализуемых подпрограмм регионов развития комплекса арендного жилья.

В Удмуртии внесены изменения в государственную программу «Развитие строительной отрасли и регулирование градостроительной деятельности в Удмуртской Республике». Изменения заключаются в развитии подпрограммы «Содействие развитию рынка доступного арендного жилья и формирование некоммерческого жилищного фонда для граждан, имеющих невысокий уровень дохода» [2].

Для продвижения в Удмуртской Республике главного проекта «Ипотека и арендное жилье» была создана рабочая группа, перед которой были поставлены следующие цели и задачи:

- анализ проекта, который включает в себя анализ его вида, соответствия цели, результат рисков, вероятности реализации;
- оценка типов и количества материалов, работ, финансовых средств, оборудования, закупок и т.д.

Таким образом, для дальнейшего развития фонда арендного жилья, требуется строить само жилье, которое в последующем предоставляется в наем нуждающейся категории граждан [3].

В ежегодном отчете о реализации контрольных точек проекта «Ипотека и арендное жилье» в Удмуртской Республике, отражены поправки в действующее законодательство в области строительства арендного жилья и наемных домов. Также, принят специальный нормативно-правовой акт. Однако, поскольку не внесены изменения в Налоговый кодекс Российской Федерации для создания преференций в этой области, мероприятия не были реализованы.

Поэтому было принято решение изучить и взять за основу программу помощи гражданам Санкт-Петербурга для улучшения жилищных условий «Наемные дома», с последующей реализацией на территории Удмуртской Республики.

Отметим, что правоотношения по предоставлению жилых помещений жилищного фонда социального использования в городе Санкт-Петербург регулируются законодательством данного субъекта страны, где физическое лицо имеет право на заключение договора найма при соблюдении следующих условий:

1) проживать не менее пяти лет, даже без определенного места жительства, в городе Санкт-Петербург;

2) иметь статус нуждающегося в жилом помещении, согласно федеральному и региональному законодательству, при условии:

а) сам гражданин и члены его семьи, проживающие с ним постоянно и совместно, в совокупности должны иметь доход и имущество не более определенного законодательством Санкт-Петербурга размера;

б) не быть малоимущим, то есть иметь доход более двукратной величины прожиточного минимума на душу населения, иметь налогооблагаемое имущество более десятикратной средней рыночной стоимости квадратного метра общей площади жилья, которая установлена в Санкт-Петербурге.

Таким образом, на административные районы Санкт-Петербурга возложены следующие полномочия:

– учет физических лиц, имеющих право на заключение договоров найма жилья;

– определение размера доходов и стоимости налогооблагаемого имущества гражданина и членов его семьи;

– определение условий признания гражданина малоимущим.

При этом количество заявлений ограничено, а решение принимает жилищный комитет.

Следует подчеркнуть, что на семью, состоящую из двух и более граждан, общий размер площади равен 18 м² на каждого. Для одинокого человека этот размер составляет 33 м².

Таким образом, в Удмуртской Республике соответствующими органами было принято решение о возможности использовать проект создания наемного дома социального использования в городе Санкт-

Петербург на территории Удмуртии.

В настоящее время, вопрос улучшения жилищных условий для большинства категорий граждан стоит достаточно остро. Кто-то живет с родственниками, кто-то на длительное время из-за специфики своей работы вынужден арендовать жилое помещение, кому-то по состоянию здоровья необходимо поменять регион проживания – это больше 22 млн. семей.

По данным проведенного анализа рынка арендного жилья, достаточно большое количество граждан снимает жилье. В эту категорию входят и студенты, и рабочие, и остальные люди, желающие переехать в другие регионы по тем или иным причинам. Перепись населения, также изучающая перепись жилого фонда, не собирает данные о точном количестве, кто и на какое время снимает жилье [4].

В ходе изучения опубликованных статистических данных и проведения социологического опроса, выяснилось, какие тенденции сейчас актуальны для рынка арендного жилья.

Гражданам России предлагалось ответить на вопрос: «Кто является владельцем жилья, в котором вы сейчас живете?», ответы приведены в табл., в процентах. В среднем, всего было опрошено 100 человек.

Таблица

Социологический опрос

Дата опроса	01.2023	03.2023	05.2023	07.2023	09.2023	01.2024
Я лично	68	62	65	68	63	64
Моим родственникам	16	21	21	19	22	23
Аренда жилья	9	11	10	10	12	11
Муниципальная собственность	4	4	3	3	4	3
Ведомственная	1	0	1	0	1	0
Другое	1	1	1	1	1	1
Затрудняюсь с ответом	2	1	0	1	1	2

Аренда жилья с правом выкупа (лизинг жилья) в наше время одна из лучших и многообещающих форм приобретения доступного жилья. Государственная поддержка, привлечение средств граждан, а также длительная рассрочка платежа, все это способствует развитию рынка арендного жилья с правом выкупа, для этого необходимо разработать нормативную, организационную и экономическую базу документов, которые будут полностью удовлетворять лизинговым отношениям. Также необходимо на законодательном уровне разработать специальные документы, которые бы регулировали именно лизинговые правоотношения [5].

Выбирая между арендой жилья с правом выкупа или владением, все это способствует увеличению спроса на рынке жилой недвижимости.

Поэтому главная задача - создать благоприятные условия для покупателей.

Также, на государственном уровне необходимо обеспечить регулирование между сторонами лизинга. Лизинг интересен всем социальным категориям граждан, которым необходимо арендовать жилье именно по рыночным ценам.

При грамотной реализации данного вида финансовых услуг у граждан появляются свободные средства, которые можно направить на личные цели [6].

Таким образом, развитие лизинга в Удмуртской Республике способствует привлечению специалистов со всей страны на промышленные предприятия и производственные площадки, что, несомненно, будет способствовать повышению показателей жилищного строительства и развитию экономики.

Библиографический список

1. Тарануха Н. Л., Якушев Н. М., Панков С. Н. Обзор строительного рынка жилой недвижимости Удмуртской Республики // Управленческий учет. 2022. №7. С. 575-587. DOI: 10.25806/uu7-32022575-587. EDN: YJNUKW (дата обращения: 17.02.2024).– Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

2. Разворотнева С. В. Как решить жилищный вопрос? // Местное Право. 2020. № 4. С. 29-42. (дата обращения: 20.02.2024).– Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

3. Балахнин А. М. Инструменты анализа развития рынка жилой недвижимости России в современных экономических условиях // Прогрессивная экономика. 2023. № 12. С. 52-65. DOI: 10.54861/27131211_2023_12_52 (дата обращения: 01.03.2024).– Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

4. Стерник С. Г. Улучшение жилищных условий населения: проблемы достижения национальной цели // Проблемы прогнозирования. 2019. № 4(175). С. 95-105. EDN: NFDYXS (дата обращения: 03.03.2024).– Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

5. Балдина Е. И., Машенцева Г. А., Банько Н. А., Золкин А. Л. Перспективы строительного рынка России // Управленческий учет. 2020. № 5. С. 24-31. EDN: CCUODC (дата обращения: 10.03.2024).– Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

6. Ермилова М.И.. Механизм финансирования жилищного рынка современных условиях//Финансовая жизнь. 2019. № 4. С. 97-100. (дата обращения: 18.03.2024).– Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

НАПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Бескорвайный В.В., магистрант,
Шаповалов С.М., канд. техн. наук, доц.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

В настоящее время в мире энергосбережение является одним из ключевых аспектов строительства и эксплуатации зданий и сооружений. С каждым годом растет потребность в уменьшении потребления энергии и снижении воздействия на окружающую среду. Для достижения этих целей строительные компании и архитекторы активно исследуют и применяют инновационные методы и технологии, направленные на повышение энергоэффективности зданий.

Современные тенденции в строительстве все больше ставят перед собой задачу энергоэффективности и снижения нагрузки на окружающую среду. В связи с этим появляется множество инновационных методов повышения энергосбережения зданий и сооружений [1].

Возникшая проблема энергосбережения является одной из ключевых задач современного общества. В условиях постоянного роста тарифов на энергоресурсы и стремительного увеличения потребления электроэнергии, важно разрабатывать инновационные методы по эффективному снижению энергопотребления зданий и сооружений [2].

Исследование эффективности инновационных методов повышения энергосбережения зданий и сооружений является важным шагом к сокращению издержек и уменьшению воздействия на окружающую среду.

Для обеспечения будущих поколений сохранность природных ресурсов и благоприятного климата необходимо найти баланс между экономическим развитием и охраной окружающей среды. Улучшение экологической ситуации возможно благодаря экономии энергии, которая имеет ключевое значение для достижения устойчивого развития [3].

В данной статье мы рассмотрим инновационные методы повышения

энергосбережения зданий и сооружений, а также проведем анализ их эффективности.

1. Тепловые насосы являются одним из наиболее эффективных способов повышения энергоэффективности зданий. Они работают по принципу обратного цикла Карно, используя тепло окружающей среды для обогрева помещений. Тепловые насосы могут быть установлены как в новых, так и в уже существующих зданиях [4].

Исследования показывают, что использование тепловых насосов позволяет снизить затраты на отопление до 70 %. Кроме того, они экологически чистые и не загрязняют окружающую среду [5].

2. Солнечные батареи являются еще одним инновационным методом повышения энергоэффективности зданий. Они преобразуют солнечную энергию в электрическую, что позволяет использовать ее для освещения, отопления и других нужд.



Рис. 1. Загородный дом с солнечными панелями

Исследования показывают, что использование солнечных батарей позволяет снизить затраты на электроэнергию до 50 %. Кроме того, они экологически чистые и не загрязняют окружающую среду.

3. Пассивные дома – это здания, которые используют минимальное количество энергии для поддержания комфортной температуры внутри помещения. Они имеют хорошую теплоизоляцию, герметичность и вентиляцию [6, 7].

Исследования показывают, что использование пассивных домов позволяет снизить затраты на отопление до 90 %. Кроме того, они экологически чистые и не загрязняют окружающую среду.

4. Зеленые крыши – это крыши, покрытые растительностью. Они помогают снизить затраты на отопление и кондиционирование воздуха, а также улучшают качество воздуха в городе [8].

Исследования показывают, что использование зеленых крыш

позволяет снизить затраты на отопление до 20 %. Кроме того, они экологически чистые и не загрязняют окружающую среду.

5. Интеллектуальные системы управления энергопотреблением позволяют оптимизировать использование энергии в здании. Они автоматически регулируют работу систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также освещения и других систем [9].

Исследования показывают, что использование интеллектуальных систем управления энергопотреблением позволяет снизить затраты на энергию до 30 %. Кроме того, они экологически чистые и не загрязняют окружающую среду.

В заключение можно сказать, что инновационные методы повышения энергоэффективности зданий и сооружений являются эффективными и экологически чистыми. Они позволяют снизить затраты на энергию и улучшить качество жизни людей. Однако, для достижения максимального эффекта необходимо проводить комплексные исследования и разрабатывать индивидуальные решения для каждого конкретного здания или сооружения. Внедрение современных технологий и инновационных методов является необходимым шагом к устойчивому развитию и сохранению ресурсов планеты.

Библиографический список

1. Шаповалов, С. М. Повышение эффективности управления благоустройством муниципального образования / С. М. Шаповалов, А. В. Борщевский // Современные вызовы и перспективы развития молодежной науки: Сборник статей Международной научно-практической конференции, – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2020. – С. 66-73.

2. Шаповалов, С. М. Благоустройство центрального района в городе Белгород / С. М. Шаповалов, Е. В. Левченко, К. С. Комарова // Университетская наука. – 2016. – № 2(2). – С. 58-60.

3. Вопросы энергосбережения в условиях устойчивого функционирования, модернизации и развития жилищного фонда / М. М. Косухин, О. Н. Шарапов, М. А. Богачева, А. М. Косухин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 10. – С. 51-61.

4. Lutz, Steven J., and Robert J. Hastings. *Energy Efficiency in Buildings: A Design Guide for Architects and Engineers*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2015, pp. 71-79.

5. Siry, Joseph I., and Peter W. Higgins. *Sustainable Building Design: Principles and Practices*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016, pp.17-28.

6. Green, Martin A., and Yimin Gao. *Solar Energy: Fundamentals, Technologies, and Applications*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2015, pp. 126-134.

7. Feist, Wolfgang, and Katrin Klingenberg. *Passive House: A Practical Guide to Low Energy Building Design*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2015, pp. 36-42.

8. Dunnett, Nigel, and Noël Kingsbury. *Green Roofs: Ecological Design and Construction*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2015, pp. 48-69.

9. Abdel-Aty, Mahmoud, and Saeed Khan. *Smart Energy Management in Buildings: Cloud-Based Solutions and Applications*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016, pp. 91-93.

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ» НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Есипов С.М., канд. техн. наук, доц.,

Мощенко А.Н., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Технические инновации в области жилья стали неотъемлемой частью нашей повседневности. Сегодня система «Умный дом» (далее - СУД) уже реальность, хотя и недоступная пока каждому человеку. Ведь установка такой системы в многоквартирном доме не всегда оправдана, а ее стоимость слишком высока. Но развитие этой технологии ведет к снижению цен, что стимулирует рост спроса среди потребителей.

В настоящее время основное направление разработки умных систем заключается в повышении уровня безопасности и комфорта жилых домов, обеспечении безопасности их обитателей и эффективном использовании энергетических ресурсов [2].

На этом и стоит заострить наше внимание. Простота управления техническими процессами при использовании СУД, упрощает контроль пользователя и наглядность видимых изменений. Однако стоит обратить внимание на то, как СУД позволяет экономить энергетические ресурсы [1].

В нашем случае, мы будем рассматривать экономию энергетических ресурсов на графике (рис. 1) построенном согласно подстановки рядов числе в формулу годового расхода тепловой энергии (1) и формуле тепло потерь через ограждающие конструкции (2).

Формула годового расхода тепловой энергии

$$Q_{\text{год}} = Z_{\text{от}} \cdot Q_{\text{отр}} \cdot \frac{T_{\text{в}} - T_{\text{сов}}}{T_{\text{в}} - T_{\text{н}}} \cdot P_{\text{o}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{отр}}$ – максимальный часовой расход тепла на отопление, Гкал/ч; P_{o} – продолжительность отопительного периода, сут; $Z_{\text{от}}$ – время работы в сутки, ч; T_{co} – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С; $T_{\text{н}}$ – расчетная температура наружного воздуха для

проектирования отопления и вентиляции, °C; T_e – расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, °C .

Формула теплопотерь через ограждающие конструкции

$$Q = S \cdot \frac{T}{R}, \quad (2)$$

где Q – теплопотери, Вт; S – площадь конструкции, м²; T – разница температур между внутренним и наружным воздухом, °C; R – значение теплового сопротивления конструкции, м²·°C/Вт. [5].

Стоит обратить внимание на то, что в формуле (1) в рамках расчета эксперимента $T_n = \text{const}$, $Z_{om} = \text{const}$, $P_o = \text{const}$ и $T_{co} = \text{const}$. А в формуле (2) $S = \text{const}$ и $R = \text{const}$.

Q_{omr} и T_e обратно пропорциональны, чем выше в моменте T_e тем ниже необходима Q_{omr} для поддержания благоприятной температуры, стоит также учитывать тот факт, что в зависимости от времени суток T_e для изменяется, так в период сна (22:00 до 6:00) мы берем T_e 18 °C, в период с 6:00 до 8:00 и в период с 18:00 до 22:00 – 23 °C. Методом подбора было определено что в зимний период T_e простоя (для уменьшения тепло потерь) дома с 8 до 18:00 будет установлен 15 °C.

СУД и необходим нам для изменения этих температур в течении суток и уменьшения расхода газа выраженным Q_{omr} . Можно сказать, о том, что мы можем проводить подобное регулирование самостоятельно вручную, но таким образом мы на постоянной основе будет получать большую дельту градуса перепада температур в связи с чем тратить больше энергии Q_{omr} .

Нами была составлена диаграмма зависимостей Q_{otr} в период суточной работы отопительного котла (рис. 1).

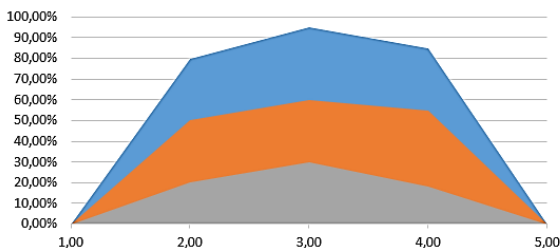


Рис. 1. Диаграмма зависимостей

На полученной диаграмме зависимостей, мы имеем 3 графика энергоэффективности полученных в ходе вычислений.

Ряд 3 – использование узлов систем отопления в ручном режиме подстройки.

Ряд 4 – использование узлов систем отопления под управлением системы умный дом.

Ряд 5 – необходим для корректировки результатов системы зависимости графиков (был подставлен ряд чисел для идеальной машины Карно).

В ходе полученных результатов мы можем наблюдать, что при использовании СУД показатели энергоэффективности в пике достигают 60 %.

Стоит также учесть, что в данном эксперименте мы взяли средний дельта градус изменения температур т.к. в зависимости от источника теплого обогачения это значение может разниться. [3].

В среднем за отопительный сезон, при использовании системы умный дом, мы сможем сэкономить до 50 % ресурсов (для России характерен газ).

Подводя итог стоит сказать о том, что СУД включает в себя множество узлов управления, большое количество датчиков и конечных агрегатов регуляции [4]. Система «Умный дом» повышает энергоэффективность здания, что в свою очередь позволяет экономить ресурсы на отопление [5, 6].

Библиографический список

1. Тарасов М.В., Глабец П.А. Организационно-технологические решения в строительной отрасли. // В сборнике: VIII Международный студенческий строительный форум - 2023. Сборник докладов. В 2-х томах. Белгород, 2023. 306-309 с.

2. Есипов С.М., Тарасов М.В., Глабец П.А., Качалов М.В. Влияние материала каркаса на его технико-экономические показатели. // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. 165-171 с.

3. Блэзи В. Справочник проектировщика. Строительная физика: учебное пособие для студентов. – М.: Издательство Мир строительства, 2012 – 236 с.

4. Дементьев А. «Умный» дом XXI века / под ред А. Дементьев. - М.: Издательские решения, 2016. - 139 с.

5. Меркулов С.И., Есипов С.М. Жизненный цикл объекта строительства на стадии эксплуатации // В сборнике: Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. материалы Международных академических чтений. Курск, 2023. 189-193 с.

6. Есипов С.М., Глабец П.А., Тарасов М.В., Качалов М.В. Сравнительный анализ каркасных многоэтажных зданий из деревянных и железобетонных конструктивных элементов. // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. 19-23 с.

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ УНИКАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ

**Нестеров Д.М., аспирант,
Абсметов В.Э., д-р техн. наук, проф.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Уникальные здания повышенной этажности представляют собой самые смелые архитектурные решения, достигаемые благодаря сложнейшим конструктивным решениям, и относятся к категории объектов с повышенным уровнем риска.

Чтобы минимизировать риски причинения ущерба людям, имуществу и окружающей среде, необходимо обеспечить комплексную безопасность высотных зданий. Для этого требуется предусмотреть комплекс мер на всех этапах жизненного цикла здания.

Цели данной работы – определить основные меры обеспечения комплексной безопасности высотных зданий, а также рассмотреть подробный наиболее оптимальный состав документации для проектной стадии. В рамках поставленной цели необходимо решить следующие задачи: изучить основные средства и системы безопасности на всех этапах жизненного цикла здания, изучить состав проектной документации. В качестве примера рассматривается многофункциональный жилой комплекс с пиковой высотой 281 м.

Уникальные здания всегда несут за собой сложные конструктивные решения и относятся к категории объектов с повышенным уровнем риска.

Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций, опасных для жизни людей и целостности зданий, в высотных зданиях значительно выше, чем в зданиях малой и средней этажности.

Для обеспечения безопасности высотных зданий необходимо разрабатывать комплекс мер на стадии проектирования, осуществлять строительный контроль на стадии строительства и проверять соответствие фактических характеристик объекта проектным на стадии эксплуатации. Только комплексная защита зданий может снизить риски причинения вреда людям, окружающей среде и самому зданию.

Анализ научной литературы [1-5] показывает, что вопрос обеспечения безопасности высотных зданий актуален во всем мире. Так же несмотря на то, что состав проектной документации для невысоких зданий зачастую является константой, к высотным уникальным зданиям добавляется ряд требований, которые регламентируются в действующей нормативной документации, а иногда и техническим заданием от Заказчика, требования которых зачастую отличается друг от друга. В источниках выделяются следующие факторы, подтверждающие

важность изучения этой проблемы:

- высотные здания представляют собой объекты повышенной ответственности;

- сложная инфраструктура и высокая составляющая инженерно-техническими системами, требующая проработанной BIM-модели;

- наличие множества каналов коммуникаций, которые могут способствовать распространению пожара, а следовательно, и повышенная стоимость материалов;

- большое скопление людей, находящихся в здании одновременно;

- ограниченные возможности для организации достаточного количества путей эвакуации людей в случае кризисных или чрезвычайных ситуаций, включая террористический акт;

- пути эвакуации могут быть заблокированы дымом и огнем;

- высокая сложность эвакуации людей с верхних этажей при пожаре;

- высотные здания могут быть выбраны для террористов и других злоумышленников, из-за постоянного скопления людей;

- последствия причиняющих вред событий имеют серьезный характер;

- высотном здании нужна централизованная внутренняя система обеспечения безопасности.

Высотное здание должно быть защищено от внешних и внутренних угроз природного, техногенного и антропогенного характера.

Цели исследования – разработать комплекс мер по обеспечению безопасности общественного высотного здания, составить оптимальный состав проектной документации.

Задачи исследования:

1. Изучить средства и системы безопасности на всех этапах жизненного цикла здания.

2. Составить оптимальный состав проектной документации.

3. Определить основные меры для обеспечения комплексной безопасности.

Объект исследования – жилое высотное здание, в котором находятся офисные помещения, организации общественного питания, многоквартирные жилые дома, детский садик, кинотеатр и подземная автостоянка.

Комплексная безопасность высотного здания обеспечивается техническими мерами, средствами и организационными мероприятиями на всех стадиях жизненного цикла здания (рис. 1). Жизненный цикл здания – это период от инженерных изысканий до сноса здания, включая проектирование, строительство (в том числе консервацию), эксплуатацию (в том числе текущие ремонты), реконструкцию и капитальный ремонт. Рис. 1 иллюстрирует жизненный цикл здания.



Рис. 1. Жизненный цикл здания

При разработке мер по обеспечению безопасности высотного здания необходимо учитывать:

- функциональное назначение здания;
 - архитектурный вид здания;
 - конструктивные решения;
- сложность возведения (строительства) здания;
- расположение на ландшафте;
 - окружающая застройка;
 - факторы риска;
 - возможный ущерб при возникновении причиняющих вред событий.

Для каждого потенциального риска на стадии проектирования проводят анализ возможных сценариев развития опасных ситуаций с учетом вида, характера каждой опасности, а также их взаимосвязи и совместного проявления в неблагоприятных сочетаниях.

Стадия подготовки проектной документации является одной из самых ответственных в проектировании зданий и сооружений, поэтому необходимо предусмотреть все необходимые меры, по обеспечению безопасности здания. Для этого рассмотрим более подробно все составляющие проектной стадии (Рис. 2) на примере уникального высотного жилого комплекса в районе Мякинино, г. Москва:

1. Техническое задание на проектную документацию, утвержденное Заказчиком.

2. Актуальные изыскания (инженерно-геологические и инженерно-геодезические. Срок действия не более 2-х лет см. СП 47.

3. Согласованная с Заказчиком проектная документация в редактируемом формате dwg:

- в первую очередь раздел АР (опалубки; нагрузки - пироги полов, кровли, фасадные элементы и др.) в том числе Задание на лифты (прямки, закладные детали, проемы);
- во вторую СПОЗУ (нагрузки на подземные элементы здания;

подпорные стены; вспомогательные сооружения, которые могут попасть в раздел КР);

– в третью ИОС (нагрузки; прямки; большие отверстия; инженерные сооружения, которые могут попасть в КР);

– в четвертую ПОС (задание на башенные краны).

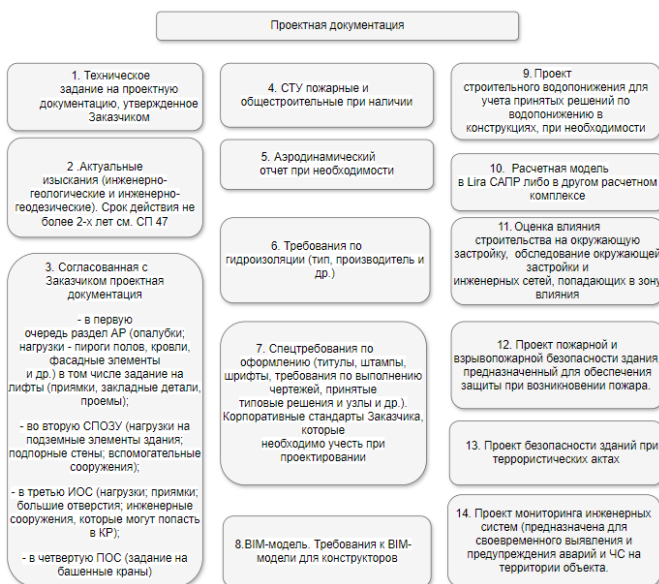


Рис. 2. Схема разработки проектной документации

4. СТУ пожарные и общестроительные при наличии.

5. Аэродинамический отчет при необходимости.

6. Требования по гидроизоляции (тип, производитель и др.).

7. Специальные требования по оформлению (титулы, штампы, шрифты, требования по выполнению чертежей, принятые типовые решения и узлы и др.). Корпоративные стандарты Заказчика, которые необходимо учесть при проектировании.

8. BIM-модель требуется или нет. Требования к BIM-модели.

9. Проект строительного водопонижения для учета принятых решений по водопонижению в конструкциях, при необходимости.

10. Расчетная модель в LIRA САПР либо в другом расчетном комплексе.

11. Оценка влияния строительства на окружающую застройку и обследование окружающей застройки и инженерных сетей, попадающих в зону влияния.

12. Проект пожарной и взрывопожарной безопасности здания,

предназначенный для обеспечения защиты при возникновении пожара.

13. Проект безопасности зданий при террористических актах.

14. Проект мониторинга инженерных систем (предназначена для своевременного выявления и предупреждения аварий и ЧС на территории объекта).

Чтобы обеспечить безопасность высотного здания, необходимо применять комплекс технических мер, использовать технические средства и проводить организационные мероприятия на всех этапах его существования.

Комплексное обеспечение безопасности высотного многофункционального здания достигается путем:

– осуществления мониторинга опасностей и рисков, анализа и общей оценки риска и проведения корректирующих действий по снижению риска на каждой стадии жизни объекта, его систем и подсистем;

– привлечения к выполнению работ, влияющих на каждом этапе жизненного цикла здания на безопасность высотного здания, его систем и подсистем, квалифицированных сотрудников;

– применением технических мер и организационных мероприятий по обеспечению безопасности высотного здания (сооружения), его систем и подсистем в соответствии с правилами эксплуатации;

– осуществления всех вынужденных работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту систем квалифицированным персоналом строго по регламенту

– поддержания готовности и квалификации персонала, эксплуатирующего системы безопасности высотного здания.

Библиографический список

1. Казакова В.А., Кривцов А.В. Комплексная безопасность общественных зданий повышенной этажности // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 4(31). С. 194-208.

2. Казакова В., Терещенко А., Недвига Е. Пожарная безопасность высотных многофункциональных зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. № 3 (18). 2014. С. 38-56.

3. Hua P., Jian Z., Wen-Li L., Xiang-Yang Z., Yin-Qing L. Study on the Determination of Safety Factor in Calculating Building Fire Evacuation Time// Procedia Engineering. Vol. 11. 2011. Pp. 343-348.

4. Qianli M., Wei G. Discussion on the Fire Safety Design of a High-Rise Building // Procedia Engineering. Vol. 45. 2012. Pp. 685-689.

5. Кируханцев Е. Высотные здания с точки зрения пожарной безопасности // Грани безопасности. №3 (33).

6. Абсиметов В.Э., Лысенко И.В., Расказов С.С., Федоров М.Н., Невдах И.Н. Способ мониторинга состояния конструкций здания // Инновационный патент № 28144 от 21.01.2014 г. С.5.

7. Абсиметов В.Э. Предложения по разработке гармонизированных стандартов к обоснованию требований технического регламента по безопасности зданий и сооружений // «Строительство и Архитектура: Теория и практика развития отрасли»: материалы международной конференции (САТРИД 2019). Кисловодск. 2019.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА РАБОТУ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ И СПОСОБЫ ИХ ОЧИСТКИ

**Шерemet Е.О., канд. техн. наук, доц.,
Старенкова М.В., студент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Сокращение ключевых запасов ископаемого топлива и загрязнение окружающей среды поспособствовали к переходу к альтернативным источникам энергии. Одним из таких является солнечная энергия- наиболее доступный и возобновляемый ресурс.

Солнечная выработка электроэнергии считается энергоэффективной и экологически чистой. Однако, несмотря на все преимущества солнечных батарей, имеются и недостатки при их эксплуатации. Например, чувствительность рабочей поверхности к загрязнениям [1].

В данной статье будет рассматриваться влияние различных загрязнений на функциональность солнечной панели и эффективные способы их очистки. К загрязнениям относят элементы, препятствующие попаданию солнечных лучей на панели, а именно: пыль, пепел, грязь, соль, песок, осадки с разнообразными веществами и микроэлементами.

Большинство солнечных панелей устанавливаются в южных, жарких регионах, где их наиболее выгодно использовать, но из-за этого панели быстро покрываются пылью. Это является серьезной проблемой – всего за один месяц она может снизить мощность фотоэлектрических панелей на целых 30 % [2]. Помимо этого, регулярная очистка солнечных батарей продлевает срок их эксплуатации. Скопление грязи и загрязнений может по истечению некоторого времени повредить стекло модуля, что приведет к дорогостоящему ремонту и необходимости преждевременной замены панелей.

При подборе чистящих средств для солнечных панелей не допустимо использование материалов, которые могут повредить поверхность панелей (запрещено использование жестких тряпок и высокого давления воды) [3]. Потому что любые царапины и повреждения окажут непосредственное влияние на работу солнечных батарей.

Первый способ: ручная химическая очистка - осуществляется с

помощью бархатной швабры с длинной ручкой и специальным чистящем средством, которые не повредят герметизирующий слой и алюминиевую раму. Так же не стоит забывать, что до начала очистки, следует отключить панель от всех подключенных приборов.

Второй способ: ручная механическая очистка – обработка поверхности модуля, с помощью шланга с низким давлением воды и безворсовой губкой. Данную операцию следует проводить несколько раз в год, желательно не в жаркие дни, т.к. воды быстро высохнет и оставленные разводы помешают правильной работе панелей.

Третий способ: уборка роботом - осуществляется с помощью определенной системы щеток, которая способна адаптироваться к разным формам панелей. Автоматизированная система, способная распознавать загрязнения с помощью датчиков цвета и влажности.

Автономный робот-уборщик SandStorm (рис. 1) использует систему специальных щеток для удаления пыли и мусора с рядов панелей на крупных солнечных фермах Reiwa Engine.



Рис. 1. Автономный робот-уборщик SandStorm

Scrobby (рис. 2) не требуется ни внешнего источника питания, ни воды для очистки, так как он получает все из окружающей среды [4]. Солнечная панель обеспечит зарядку батарей робота, и, кроме того, он имеет емкость для сбора и хранения дождевой воды, а это означает, что он может быть по-настоящему независимым и автономным устройством.



Рис. 2. Прототип автономного робота Scrobby

Четвертый способ: очистка пыли электричеством- осуществляется с помощью электростатического отталкивания. Это происходит за счет передачи электрического заряда от металлического стержня к пыли (электродом проходят над поверхностью панели) и подачи такой же полярности заряда на панель. Благодаря чему возникает кулоновское отталкивание и частицы пыли фактически отскакивают от поверхности модуля. Этот способ позволяет снизить расход воды на 10 %, а также пресечь повреждения солнечных панелей [5].

Таким образом, своевременная очистка солнечных панелей любым из способов позволит увеличить энергоэффективность ее работы. Чем лучше будет состояние поверхности модуля, тем быстрее окупятся инвестиции, вложенные в нее [6].

Еще одним основанием для очистки является визуальный осмотр. Он позволяет рассмотреть панели и оценить их внешний вид, обнаружить повреждения, которые могли бы остаться незамеченными, и со временем ухудшили бы ее работу.

Библиографический список

1. Поляков, В. А. Солнечный коллектор в системах энергосбережения / В. А. Поляков, С. Н. Бегдай // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 5. – С. 151-154.

2. Ученые нашли способ очистки солнечных батарей без воды и щеток - Текст: электронный // РБК Тренды: [сайт] – 2022 – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/6230a01e9a7947f9abad5d3e> (дата обращения 17.09.2023)

3. Очистка солнечных панелей. Автоматизированная установка - Текст: электронный // Старт в науке: [сайт] – 2023 - URL: <https://school-science.ru/18/22/54254> (дата обращения 18.09.2023)

4. Scrobby – робот для очистки солнечных панелей - Текст: электронный // Робототехника в России и в мире: [сайт] – 2014 - URL: <https://robogeek.ru/bytovye-roboty/scrobby-robot-dlya-ochistkisolnechnyh-panelei> (дата обращения 20.09.2023)

5. Солнечные батареи и вода: можно ли очистить фотоэлементы в космосе от пыли и если да, как обойтись без H₂O - Текст: электронный // Хабр: [сайт] – 2023 - URL: https://habr.com/ru/companies/ru_mts/articles/756536/ (дата обращения 20.09.2023)

6. Как чистить солнечные панели H₂O - Текст: электронный // EbioNews: [сайт] – URL: <https://ebionews.com/ru/issues/9204-how-to-clean-solar-panels> (дата обращения 23.09.2023)

К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ермак Я.Ю., студент,

Алифанова Э.С., студент,

Ермак С.Н., канд. техн. наук

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

В современном мире, с его стремительным развитием техники и технологии, появлением новых материалов и конструкций, способных снизить себестоимость возводимых зданий и сооружений, не следует забывать, прежде всего о безопасности, начиная с этапа проектирования до момента окончания эксплуатации и утилизации отходов. Таким образом, необходима комплексная безопасность. На этапе строительства это комплекс мероприятий, направленных на предотвращение аварийных ситуаций и производственных травм, основанный на профилактике, контроле соблюдения требований норм охраны труда и техники безопасности, а также использование безопасных для человека и экологии материалов, оборудования, конструкций.

Среди задач комплексной безопасности в строительстве следует выделить, прежде всего, не только разработку и соблюдение правил техники безопасности, но и разъяснение их работникам, а также обеспечение эффективного и регулярного контроля за соблюдением этих правил при сотрудничестве с государственными органами и специализированными организациями.

В систему комплексной безопасности входят следующие виды:

- пожарная безопасность – комплекс мер, направленных на уменьшение рисков возникновения возгораний (например, использование огнеупорных материалов), сокращения возможности распространения огня, а также эффективной системы пожаротушения;

- безопасность здоровья и жизнедеятельности человека, соблюдение санитарно-гигиенических требований по освещенности, вентиляции, защищенности от различных излучений, ограждений от возможных падений и травм;

- безопасность и доступность объектов для людей с ограниченными возможностями;

- использование безопасных и энергосберегающих материалов и конструкций, позволяющих сохранять природные невозобновляемые источники энергии;

- безопасность сооружения от негативных воздействий природных и техногенных процессов;

- безопасность воздействия здания на окружающую среду от этапа возведения и эксплуатации до этапа демонтажа;

- безопасность несущих конструкций, инженерных коммуникаций, технологического оборудования от действующих нагрузок, контроль

эксплуатационных нагрузок.

При разработке инженерных решений по комплексной безопасности следует учитывать их техническую осуществимость, базирующуюся на научной обоснованности, и их экономическую целесообразность. При этом выделяются следующие принципы:

- принцип двух направлений обеспечения безопасности учитывает одновременно систему защиты от вредных и опасных воздействий, систему по предотвращению этих воздействий на объект, комплекс организационно-технических мероприятий

- принцип соответствия, согласно которому применяемые меры соответствуют требуемому для данного объекта (с учетом характеристики его уровня опасности) установленным уровню, классу, категории опасности

Кроме того, недостаточно просто возвести здание или сооружение. Важно качественно эксплуатировать его, поскольку несвоевременно проведенный ремонт является причиной ускоренного износа как отдельных строительных конструкций и инженерных коммуникаций, так и здания в целом. Это также может стать причиной аварийных ситуаций, в результате которых могут пострадать люди, окружающая среда, имущество. Поэтому в таких случаях поможет оценка безопасности, как средства профилактики поддержания работоспособности.

В процессе оценки безопасности зданий и сооружений необходимо провести следующие виды анализа:

1. Анализ имеющихся в наличии материалов и разработок:

- комплекта проектной и исполнительной документации и результатов инженерно-геологических;

- отчетов и актов ранее проведенных обследований.

2. Проведение полевых работ:

- внешний осмотр объекта и конструкций;

- измерение и фиксация выявленных дефектов и повреждений;

- установление наличия аварийных участков;

- для проведения инструментального обследования сооружений производится уточнение схемы мест выработок или откопки шурфов;

- осмотр прилегающей территории, изучение схемы отвода поверхностных вод.

3. Проведение лабораторных испытаний:

- геометрические замеры параметров, необходимых для выполнения технического задания;

- лабораторные испытания конструкций.

4. Обследование инженерных сетей сооружения.

5. Изучение состояния несущих конструкций:

- отбор проб грунта и определение их физико-механических свойств;

- расчет сопротивления грунтов основания.

6. Обработка результатов обследования.

7. Построение чертежей, разрезов, планов.

8. Формирование и согласование протоколов, проведенных ранее испытаний.

9. Проведение проверочных расчетов.

10. Предоставление рекомендаций, содержащих мероприятия по осуществлению устранения дефектов.

11. Подготовка итогового технического заключению о состоянии строительных конструкций и инженерных коммуникаций объекта.

Таким образом, по результатам комплексного анализа безопасности объекта принимается решение о возможности его дальнейшей эксплуатации без проведения или с проведением ремонтных работ, при выполнении которых может быть рекомендован полный или частичный переход на альтернативные источники энергии, позволяющие улучшить эксплуатационную экономическую составляющую при сохранении окружающей среды. Комплексная безопасность должна стать фундаментом для построения эффективной системы повышения культуры безопасности в целом. Современные научные исследования привели к необходимости увеличения доли экологического и «зеленого» строительства, снижения нагрузки на экосистемы и среду обитания. Необходимо констатировать, что комплексная безопасность зданий и сооружений, являясь базовой потребностью личности и общества, должна быть приоритетным элементом, начиная с этапов проектирования и строительства, до эксплуатации и утилизации.

Библиографический список

1. Теличенко В.И. Комплексная безопасность в строительстве: учебное пособие / Ройтман В.М., Бенуж А.А. - 2-е изд. –Москва: МИСИ МГСУ, 2017. – 145с. - ISBN 978-5-7264-1136-1

2. Научные Статьи.Ру:сайт. портал для студентов и аспирантов. – Дата последнего обновления статьи: 23.09.2023. – URL <https://nauchniestati.ru/spravka/kompleksnaya-bezopasnost-v-stroitelstve/> (дата обращения: 12.03.2024)

3. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 –. – URL : <https://elibrary.ru> (дата обращения: 03.03.2024).

4. Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты. Российской Федерации: Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ // КонсультантПлюс : [сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 10.03.2024)

5. Харке, В. Умный дом : В. Харке. – Москва : Техносфера, 2006. 288 с.

6. Гунченко, Т.С., Сулейманова Л.А. Классификация системы озелененных территорий города // Международный студенческий строительный форум - 2018 (К 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова): Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. Том 2. С. 164-168.

НАПРАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ИННОВАЦИИ В МИРЕ БЕТОНА КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Алексеева О.В., канд. экон. наук,

Зеленская О.С., студент

*Новороссийский политехнический институт филиал
Кубанского государственного технологического
университета, г. Новороссийск, Россия*

Одним из самых популярных и наиболее востребованных строительных материалов в наше время является бетон. Он является основным компонентом для строительства зданий разных архитектурных решений, объема и формы. Используется для строительства автомобильных дорог, взлетно-посадочных полос и других капитальных объектов.

Появление бетона в современном понимании берет свое начало с конца XIX в. В начале XX в. в него научились добавлять дополнительные вещества, усиливающие его прочность. Установка армирующих конструкций позволила создавать более легкие и массивные сооружения разной конфигурации, объема и архитектурных решений.

В составе любой бетонной смеси содержатся вяжущие вещества, которые в свою очередь составляют характеристику будущей смеси. Их доля в общей массе жидкого материала невелика и составляет порядка 10-13 % и только в некоторых случаях доходит до 30 %.

Объем его использования в мире достаточно большой. Диаграмма производства основного компонента бетона – цемента представлена на рис. 1.

Из приведенных данных (рис. 1) видно, что лидером по производству основного компонента бетона - цемента является Китай. Самое низкое значение – у Саудовской Аравии, а Россия занимает 8 место.

При этом при пересмотре данного показателя в пересчете на 1 000 граждан, картина вырисовывается немного иной. Лидерами по производству рассматриваемого материала являются Китай, Саудовская Аравия и Вьетнам. Россия занимает шестое место с показателем 430 тыс. тонн на 1000 граждан. С одной стороны, это связано с наличием собственных полезных ископаемых на территории государства, а с другой – потребностями его территории для развития.



Рис. 1. Производство цемента в мире, млрд, т [1]

Если рассматривать отрасль строительство, то потребность в производстве бетона для нашей страны, переживающий строительный бум в последние годы, достаточно высока.

Исходя из многогранных свойств бетона, основными его потребителями являются строительные организации, использующие его для сооружения капитальных объектов [2 - 4].

На рис. 2 представлены объемы сдачи капитальных объектов жилого и нежилого назначения, сопоставленные с динамикой производства товарного бетона.

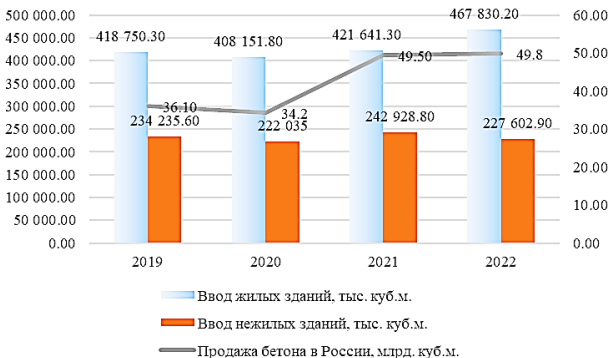


Рис. 2. Объемы строительства в РФ в 2023 г. [5]

По данным рис. 2 видно, что объемы производства бетона и его потребления в целом по стране за рассматриваемый период имеют устойчивую тенденцию к росту и в целом совпадают. При этом темп увеличения носит практически одинаковый характер.

Бетон по сути подставляет собой искусственный камень, используемый для целей строительства. Бетон получают вследствие затвердевания смеси в специальной форме (опалубке), требуемой для создания конструкции.

Помимо цемента, в бетон добавляются и другие компоненты, особое место в котором имеют наполнители, которые подбираются индивидуально под каждый строящийся объект в зависимости от целей, задач и особенностей его эксплуатации.

В качестве наполнителя бетонной смеси используется огромный спектр горных пород различной фракции, что напрямую зависит от прочности этого материала. Варианты возможных наполнителей бетонной смеси представлены на рис. 3. Бетонная смесь подбирается для каждого объекта индивидуально, но главным ее качеством при любом составе смеси и его компонентов является обеспечение жесткости и устойчивости, выполненной из него конструкции. При этом наполнители в свою очередь помогают выполнять заданные функции.

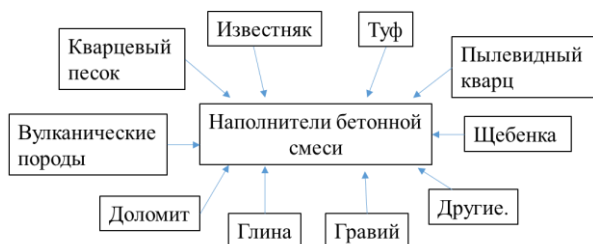


Рис. 3. Варианты наполнителя бетона [6]

К производству бетонной смеси есть определенные требования. В частности, она должна быть интенсивно перемешана, качественно уплотнена для исключения из ее состава пузырьков воздуха для увеличения прочности и подобрана специальным образом, исходя из целей и задач эксплуатации строящегося объекта.

В настоящее время появляются новые материалы и компоненты, а также изменяются требования к строительным объектам в части нестираемости, простоты укладки и долговечности. Поэтому с развитием новых технологий и ростом объемов строительства создаются учеными новые виды бетонов (табл. 1). При этом цель ученых – найти баланс в эффективности применения нового материала совместно с экономическим обоснованием его производства и дальнейшего использования.

Таблица 1

Виды бетонов [6, 7]

№ п/п	Название материала	Особенности материала и применение
1	2	3
1.	Гипсобетон	Наиболее легкий по весу. Связующим веществом является порландцемент или гипс, наполнитель – пористые природные материалы.
2.	Огнеупорный бетон	Характеризуется устойчивостью к тепловому расширению (до 1400°C) и усадке. Основной материал – высокоглиноземистый цемент или цемент на основе аллюмината кальция.
3.	Стеклобетон	Применяется для укладки тротуаров и внутренних помещений. Благодаря наполнителю – дробленому стеклу увеличивается его прочность, повышается теплоизоляции и другие эксплуатационные характеристики (стирание).
4.	Нанобетон	Все поры и пространство материала заполняются на макроуровне. Основной компонент- порландце-мент и кремнезем. Благодаря последнему, сокращается усадка смеси и возрастает прочность и долговечность конструкции, улучшается сцепление со стержнями арматуры. Недостаток – ограниченность в использовании в виду сложности применения в промышленных масштабах.
5.	Прорезиненный бетон	Характеризуется наличием дополнительных свойств: обладает амортизацией и применим на автомагистралях, а также в качестве поглотителя ударных волн в зданиях при землетрясениях.
6.	Полимерный бетон	Характеризуется сложной формойкой с высокими виброгасящими свойствами. Основной компонент – полимерные вяжущие или жидкие смолы. В зависимости от состава имеют высокие свойства на прочность, сжатие и быстрое отверждение при температурах от -18 до 40 °С. Отмечается низкая проницаемость воды и агрессивных растворов, поэтому у материала высокая химическая стойкость.
7.	Высокопрочный бетон	Основное свойство: быстрое высыхание. Используется для строительства объектов с быстрым набором прочности конструкций.
8.	Геополлимерный бетон	Высокие показатели устойчивости к коррозии и огню, обладает повышенной прочностью на сжатие и растяжение, дает меньшую усадку по сравнению с обычным материалом. В его составе отсутствует порландцемент, т.к. при производстве последнего выделяется большое количество CO ₂ и др. парниковых газов.
9.	Пористый бетон	Используют при благоустройстве территорий. Считается экологически безопасным. Обладает высоким количеством взаимосвязанных пустот, позволяющие осадкам не застаиваться. Порядка 18-35 % его содержимого – это пустоты, отличается прочностью на сжатие от 3 до 28 МПа.
10.	Гибкий бетон	Отличается достаточной несущей способностью, эффективно воспринимает нагрузки на сжатие. Основные компоненты – волокна поливинилового спирта и суперпластификаторы. После смешивания получается бетон на 20-40 % легче обычного материала и в 500 раз более устойчив к растрескиванию.
11.	Пенобетон	Относится к легким, огнестойким, экономичным и экологичным материалам. Производится путем смешивания летучей золы, песка, порландцемента и воды в различных пропорциях. Обычная плотность 400-1600 кг/м ³ . Используется при производстве легких теплоизоляционных стеновых панелей, ремонте оползней, стабилизации откосов и рекультивации грунтов.

Окончание табл. 1

1	2	3
12.	Известковый бетон	Основная характеристика – устойчивость к впитыванию паров влаги и поглощение CO ₂ в процессе набора прочности. Основной компонент – известь. Материал немного слабее обычного бетона, но его прочности на сжатие достаточно для удовлетворения строительных норм. Применяется для создания плит перекрытий и сводов, реконструкции старых зданий согласно современным стандартам.
13.	Токопроводящий бетон	Характеризуется возможностью отражения и погашения электромагнитного излучения. Используется для строительства автодорог, тротуаров и взлетно-посадочных полос. Устойчив к замерзанию.
14.	Светопрозрачный бетон	Сущность материала заключается в монтировании в конструкцию при ее монтаже оптоволоконных нитей, способных пропускать свет с одновременной устойчивостью к большим нагрузкам. Материал отличается высокой прочностью на сжатие – от 70 МПа, а его водопоглощение не превышает 1%.

На основе проведенного исследования выявлено, что основным строительным материалом в наше время является бетон, о чем свидетельствуют объемы производства цемента в мире. Подтверждает эту теорию и объемы потребления бетонной смеси в сопоставлении с вводом жилых и нежилых зданий.

В настоящее время ученые стараются оптимизировать в том числе и процесс строительства, в том числе использовать новые инновационные материалы, добавив к уже имеющимся новые свойства.

Развитие современного общества требует наличие большого количества зданий различного назначения. От этого в своем роде зависит развитие нашей цивилизации.

Создание новых материалов стимулирует рост объемов возводимых зданий, дает большой спектр для реализации множества архитектурных решений, а в совокупности с использованием новых технологий помогает решить эту задачу.

Библиографический список

7. Какие страны обгоняют Россию по производству цемента [Электронный ресурс.] Точка доступа URL: <https://www.rbc.ru/economics/11/07/2023/64ac0b219a79474b02ea3806> (дата обращения 28.03.2024 г.)

8. В 2018-2022 гг продажи бетона выросли на 47 %. [Электронный ресурс.] Точка доступа URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/14021/?ysclid=luc5bh8xb2539321496> (дата обращения 25.03.2024 г.)

9. Росстат. [Электронный ресурс.] Точка доступа URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 28.03.2024 г.)

10. Алексеева О.В. Опыт оценки технического состояния

многоквартирного жилого дома на основе технического осмотра здания // Молодежный вестник Новороссийского филиала Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, Том 1. № 3(3), 2021, с. 28-32.

11. Алексеева О.В. Рекомендации по снижению физического износа многоквартирного жилого дома // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ», № 6, 2021, С. 20-25.

12. Виды бетонных смесей (виды бетона по соотношению компонентов) [Электронный ресурс.] Точка доступа URL: <https://dzen.ru/a/YxcvpBZ7xH66k7yF> (дата обращения 25.03.2024 г.)

13. Виды бетона. [Электронный ресурс.] Точка доступа URL: <https://gruntovozov.ru/chasto-zadavayemiye-voprosy/vidy-betona/> (дата обращения 25.03.2024 г.)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНОВ, АРМИРОВАННЫХ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ ФИБРОЙ

**Богачева М.А., ассистент,
Левшин Д.Э., студент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Улучшение характеристик железобетонных и бетонных конструкций за счет фиброармирования является актуальной задачей в области строительного материаловедения.

Введение фибры в бетон устраняет следующие недостатки: низкую прочность при растяжении и хрупкость. Фибробетон обладает повышенной в несколько раз прочностью при растяжении и срезе, улучшенной ударной и усталостной прочностью, трещиностойкостью и вязкостью разрушения. Фибробетон – экономически эффективный материал для использования в строительстве и ремонте конструкций [1-13].

Исследована прочность на сжатие и прочность при изгибе образцов на основе портландцемента Цем I 42,5Н с полипропиленовой фиброй, с различным процентом армирования и контрольных образцов без фибры.

В экспериментах использовали полипропиленовую фибру круглой формы длиной $l = 6, 9$ и 12 мм, микроструктура которых представлена на рис. 1. Был принят процент армирования образцов – $0,1, 0,2$ и $0,3$ % от массы портландцемента. Водоцементное отношение составило $В/Ц = 0,4$.

Результаты испытаний прочности на сжатие и изгиб представлены на рис. 2.

Анализ результатов прочности (рис. 2) показал, что с увеличением длины фибры и процента армирования отмечается снижение прироста прочности на сжатие, но увеличение прочности на изгиб.

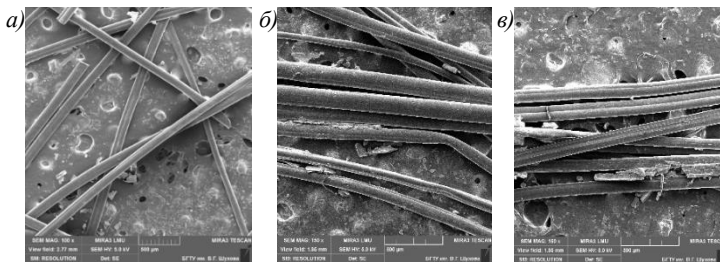


Рис. 1. Микроструктура полипропиленовой фибры: $a - l = 6$ мм; $b - l = 9$ мм; $c - l = 12$ мм

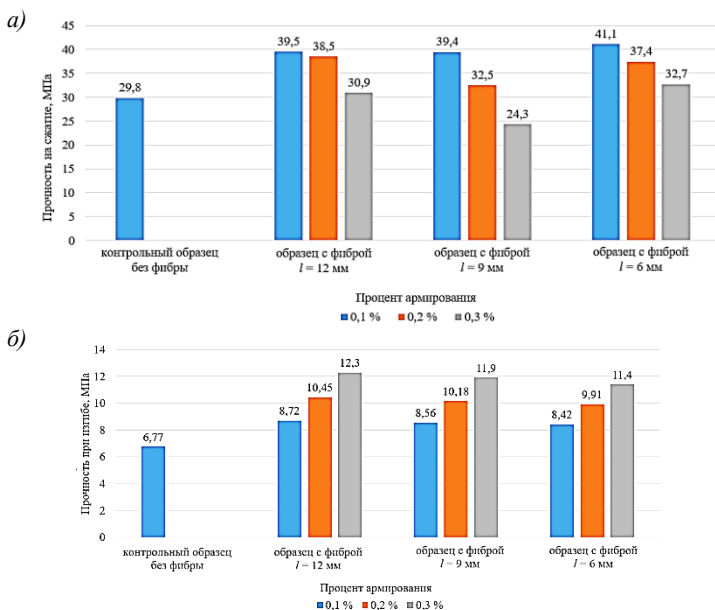


Рис. 2. Прочность образцов, армированных полипропиленовой фиброй: a – при сжатии; b – при изгибе

Наибольшую прочность на сжатие показали образцы с фиброй длиной $l = 6$ мм и процентом армирования – 0,1. Прочность таких образцов увеличена на 38 % в сравнении с контрольным образцом без армирования фиброй. Прочность на изгиб выше у образцов с фиброй длиной $l = 12$ мм и процентом армирования – 0,3 с увеличением на 90,5 % по сравнению с контрольным образцом.

Таким образом, при оптимальных параметрах армирования введение волокон способствует улучшению структуры и свойств исходного бетона, повышению его стойкости и долговечности. В цементной системе

формируется пространственная микроармированная цементная матрица, которая, в свою очередь, эффективно противодействует сжимающим и растягивающим напряжениям, возникающим в бетоне при внешних силовых воздействиях.

Библиографический список

1. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов // Изд. 5. Общие вопросы. Москва: Издательство АСВ, 2002. 500 с.
2. Волков И.В., Газин Э.М. Фибробетон. Особенности и перспективы применения в строительных конструкциях // Стройпрофиль. 2003. № 2. С. 62-63.
3. Морозов В.И., Пухаренко Ю.В. Эффективность применения фибробетона в конструкциях при динамических воздействиях // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 189-196.
4. Пухаренко Ю.В., Лезов В.Ю. Оптимизация параметров армирования мелкозернистого бетона синтетическими волокнами // Технология бетона. 2011. № 1. С. 28-29.
5. Клюев С.В., Лесовик Р.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон с использованием полипропиленового волокна // Бетон и железобетон. 2011. № 3. С. 24-28.
6. Клюев А.В., Клюев С.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В. Мелкозернистый фибробетон армированный полипропиленовым волокном // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 67-72.
7. Пустовгар А.Г., Абрамова А.Ю., Еремина Н.Е. Эффективность использования дисперсного армирования бетонов и строительных растворов полипропиленовой и базальтовой фиброй // Технологии бетонов. 2019. № 7/8. С. 34-43.
8. Римшин В.И., Семенова М.Н., Логунова М.А., Сулейманова Л.А., Амелин П.А. Материалы и строительные конструкции, армированные композитной неметаллической фиброй или ее близкими аналогами // В сборнике: Расширение применения местных сырьевых материалов и отходов предприятий Республики Мордовия при изготовлении строительных материалов и изделий. Материалы Международной научно-технической конференции. Саранск, 2023. С. 326-329.
9. Богачева М.А., Сулейманова Л.А. Фибробетон и его применение в строительной индустрии // VII Международный студенческий строительный форум - 2022: сб. докл.: в 2 т. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. Т.2. С. 213-220.
10. Богачева М.А. Применение дисперсно армированных бетонов в строительстве // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VII Международной научно-практической

конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Белгород, 2023. С. 131-134.

11. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №6. С. 9-17.

12. Рябчевский И.С., Богачева М.А. Микроармирующие волокна для фибропенобетона // В сборнике: VII Международный студенческий строительный форум - 2022. Сборник докладов VII Международного студенческого строительного форума. Белгород, 2022. С. 269-274.

13. Сулейманова Л.А., Амелин П.А. Бетон нового поколения, армированный фиброй с эффектом памяти формы // В сборнике: Научно-технические инновации (XXV научные чтения). Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгород, 2023. С. 198-204.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КВАРЦЕВО-ГЛАУКОНИТОВОГО ПЕСКА КАК ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ БЕТОНА

Головин С.Н., аспирант,

Лукутцова Н.П., д-р техн. наук, проф.

*Брянский государственный инженерно-технологический
университет, г. Брянск, Россия*

Все известные месторождения фосфоритов Брянской области осадочного происхождения, приурочены к сеноманскому ярусу верхнего мела. Вмещающими породами фосфоритов являются кварцево-глауконитовые пески (КГП), среди которых прослеживаются 3 самостоятельных пласта, мощностью до 1,0 м. Основной фосфоритный слой залегает на глубине 0,5-10 м от поверхности и пригоден для эксплуатации открытым способом.

В настоящее время используется в основном Полпинское месторождение, расположенное на северо-восточной окраине Брянска. Образующиеся в результате извлечения апатитовой руды хвосты обогащения – кварцево-глауконитовые пески сбрасывались на протяжении многих лет в хвостохранилище, площадь которого составляет более 100 га.

С целью установления возможности получения эффективного бетона с использованием КГП на первом этапе были проведены комплексные исследования химического и минерального составов, а также морфологии частиц кварцево-глауконитовых песка Полпинского месторождения Брянской области.

Результаты исследования химического состава, полученные по

данным рентгенофлуоресцентного анализа (дифрактометр ARL X'TRA) показали, что содержание оксида кремния находится в пределах от 84,12 до 86,11 %, оксида фосфора от 1,49 до 3,31 %, оксида кальция от 1,77 до 2,23 %, оксида алюминия от 1,34 до 1,38 %, оксида железа от 1,43 до 2,47 % и оксида калия от 0,81 до 1,13 %. В небольших количествах присутствуют оксиды магния, натрия, титана, цинка и других элементов. В кварцево-глауконитовом песке оксид железа преобладает над оксидом калия и практически равен содержанию оксида алюминия.

Установлено, что основными минералами кварцево-глауконитового песка являются кварц, глауконит (до 16 %), фторапатит и калиевый полевой шпат. Исследование методом сканирующей электронной микроскопии (TESCAN MIRA 3 LMU) показало, что частицы кварцевого песка имеют хорошо окатанную поверхность. Углы у частиц сглажены (рис. 1).

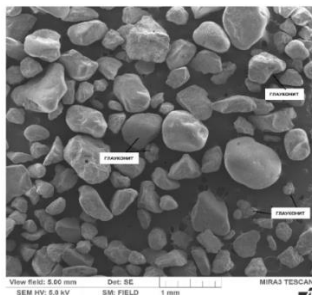


Рис. 1. Кварцево-глауконитовый песок. СЭМ

Известно, что среди группы гидрослюдистых минералов выделяют два минеральных типа: гидрослюда и ее железистый аналог – глауконит. Глауконит отличается от нее химическим составом. Для него характерно высокое содержание железа вследствие почти полного замещения Al^{3+} в октаэдрических слоях на Fe^{3+} , Fe^{2+} и Mg^{2+} [1].

Глауконит (от греческого слова "глаукоc"- светлый, блестящий, голубой, сизый и др.) – это аутогенный коллоидный слоистый силикат группы слюд, химический состав сложный и непостоянный. Усредненная формула $(K, Na)(Fe^{3+}, Al, Mg)_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2$. Свойства минерала глауконита представлены в табл.1 [1, 2].

Глауконит как самостоятельный минерал впервые был описан в 1928 г. Кеферштейном (Ch. Keferstein).

Крупных мономинеральных скоплений глауконит не образует, встречается преимущественно в виде смеси с другими минералами осадочных толщ, придавая им зеленоватый оттенок.

Свойства глауконита [1, 2]

Наименование	Глауконит
Сингония	Моноклинная
Состав (формула)	$(K, Na)(Fe^{3+}, Al, Mg)_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2$
Типична примесь	Ca, P, Ti.
Цвет	Зеленый, сине-зеленый, буро-черный
Цвет черты (цвет в порошке)	Светло-зеленый
Прозрачность	Просвечивающий, Непрозрачный
Спайность	Весьма совершенная
Блеск	Тусклый
Твердость	1,3 - 2
Плотность, кг/м ³	1800-3000
Пористость, %	21-26
Особые свойства	Плеохроизмом

Сложность определения глауконита в составе кварцево-глауконитового песка рентгенофазовым методом, заключается в том, что содержащийся в нем глауконит перекрывается пиками SiO_2 , имеет плохую кристалличность и большое содержание органических остатков. Отобранный из КГП глауконит идентифицировали по межплоскостным расстояниям d , нм: 0,367, 0,331, 0,257, 0,241, 0,152, 0,138, что согласуется с базовыми дифракционными характеристиками минерала [3].

Методом СЭМ установлено, что глауконит в КГП представлен в следующем виде: округлых (глобулярных), овальных или удлинённой формы отдельных зерен зеленого (буро-черного) цвета; частиц, объединенных в агломераты; разрушенных зерен глауконита; в виде тонкодисперсного вещества, рассеянного в основной массе КГП; продуктов заполнения пор, трещин и полостей внутри кварцевых зерен и органических остатков.

Поверхность зерен в одних случаях шероховатая со следами коррозии (трещины, бороздки), в других случаях - гладкая, блестящая. В полостях и трещинках частиц исследуемых проб глауконита отмечается повышенное содержание оксида железа (до 82 %), а на поверхности - оксидов калия (до 3,6 %), кальция (до 1 %), фосфора (до 0,5 %) и титана (до 0,3 %).

Глобулы глауконита хрупкие, легко раскалываются на угловатые обломки и рассыпаются в порошок. Глауконит встречается везде, где есть залежи фосфоритов. Преобладающий размер зерен глауконита – 0,01–0,5 мм.

Фторапатит относится к наиболее распространенным фосфатным

минералом. В кварцево-глауконитовых песках он находится как в виде отдельных зерен, так и в виде «цементирующей» составляющей, объединяя частицы кварца в конгломераты.

Фторapatит представляет собой фосфатный минерал с формулой $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ (фторфосфат кальция). Твердость его по шкале Мооса равна 5, блеск стекловидный до матового, плотность $3100\text{--}3200 \text{ кг/м}^3$. Минерал флуоресцентный и фосфоресцирующий.

Разнообразие условий формирования минерала в различных типах ассоциаций и вмещающих пород привело к появлению в структуре фторapatита примесей различных ионов-люминогенов. Разнообразие люминесценции связано с примесями d-металлов, разных типов анионов, а также с эффектами соактивации в различных комбинациях.

Калиевый полевой шпат (KAlSi_3O_8) – это разновидность минерала магматического происхождения из класса силикатов. Он относится к природным алюмосиликатам каркасной структуры. Калиевый полевой шпат имеет твердость по шкале Мооса 6 и плотность около 2600 кг/м^3 .

Как показали исследования, содержание пылевидных примесей в КПП не превышает 1 %, что связано с гидравлическим способом удаления вмещающей породы в процессе извлечения апатитовой руды.

Учитывая химические и минералогические свойства, морфологические особенности КПП, а также результаты анализа литературных источников, были определены основные направления возможного использования кварцево-глауконитового песка в производстве бетона: тяжелый, легкий, мелкозернистый, ячеистый, силикатный, цветной и др.

Таким образом на первом этапе исследований установлено, что благодаря геохимическим и структурным особенностям кварцево-глауконитовый песок является минеральным сырьем многоцелевого назначения. Для обоснования использования кварцево-глауконитового песка в бетоне необходимо провести дальнейшие исследования.

Библиографический список

1. Осипов В. И., Соколов В. Н., Румянцева Н. А. Микроструктура глинистых пород/Под ред. академика Е. М. Сергеева –М. : Недра , 1989. 211 с.
2. Природные сорбенты СССР / [У. Г. Дистанов [и др.]. - Москва: Недра, 1990. 208 с.
3. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высш. школа, 1981. 335 с.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОФОБНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Гуськова В.А., преподаватель,
Прокопов А.Б., студент

*Рязанский институт (филиал) Московского политехнического
университета, г. Рязань, Россия*

Условия климатического района, в котором находится Рязанская область позволяет обеспечивать определенную технологию строительства и эксплуатацию гипсовых вяжущих. По своим физическим свойствам строительный гипс имеет высокую водопотребность (50-70 %) и, при этом малую водостойкость. Территориальное расположение заводов по производству гипсовых вяжущих относительно нашего региона позволяет использовать отходы промышленного производства и сырьевую базу для создания усовершенствованных гипсовых вяжущих обладающих большей влагостойкостью, влагоотталкиваемостью, направленный на обработку гипса и гипсовых вяжущих веществ с целью придания им гидрофобных свойств

Первым и наиболее основным физическим свойством гипса является его водонепроницаемость. Благодаря процессу гидрофобизации, частицы гипса приобретают способность отталкивать воду и избегать ее поглощения. Это делает гидрофобный гипс идеальным материалом для использования во влажных помещениях, таких как ванные комнаты, подвалы или кухни, где обычный гипс может подвергаться воздействию влаги и приводить к разрушительным последствиям, вспучиваниям, утрате своих свойств.

Вторым преимуществом гидрофобного гипса является его устойчивость к плесени и грибку. Благодаря гидрофобной обработке, поверхность гипса становится менее подвержена развитию этих неприятных и опасных для здоровья веществ. Это особенно важно для помещений, где поддержание высокой степени гигиены имеет первостепенное значение, таких как больницы, детские сады или пищевые предприятия.

Третьим преимуществом гидрофобного гипса является его улучшенная прочность. В процессе гидрофобизации гипса в него добавляются специальные добавки, которые способствуют укреплению его структуры. Это позволяет гидрофобному гипсу выдерживать более высокие нагрузки и быть более стойким к различным механическим воздействиям. Таким образом, гидрофобный гипс идеально подходит для использования в строительстве, где требуется высокая прочность материала.

Далее рассмотрены способы и возможности гидрофобизации гипсового вяжущего.

Первым способом является использование гидрофобизатора в составе исходной смеси или при ее приготовлении. Гидрофобизатор - это добавка, которая обладает способностью образовывать гидрофобный слой на поверхности гипса. Такой слой предотвращает попадание влаги в материал и способствует его сохранению в идеальном состоянии. При покупке гидрофобизатора необходимо обратить внимание на его качество и соответствие стандартам, чтобы гарантировать эффективность и долговечность результата.

Вторым наиболее распространенным способом повышения гидрофобности гипса является использование специальных гидрофобных пропиток для обработки уже готовых поверхностей. Такие пропитки образуют защитный слой на гипсовой поверхности, который значительно повышает ее водоотталкивающие свойства. Пропитки могут быть различного состава и формы - жидкими, гелевыми или пенными, и выбор конкретного продукта будет зависеть от типа и состояния поверхности гипса. Однако, помимо применения специальных добавок и пропиток, существуют и другие способы повышения гидрофобности гипса. Например, может быть полезно использовать водоотталкивающие покрытия, такие как специальные краски или лаки. Эти покрытия создают дополнительный защитный слой на поверхности гипса и препятствуют проникновению влаги. Кроме того, важно правильно выбрать метод нанесения покрытий и регулярно обновлять их слой для поддержания высокого уровня гидрофобности.

Необходимо отметить, что гидрофобизация гипса и гипсовых вяжущих веществ является важным процессом, который придает этим материалам ряд преимуществ. Водонепроницаемость, устойчивость к плесени и грибку, а также улучшенная прочность делают гидрофобный гипс незаменимым материалом во многих отраслях промышленности и строительства. Такие модификации гипса имеют ряд преимуществ, которые делают их незаменимыми в разных сферах применения.

Далее приведен сравнительно-экономический анализ гипсовой штукатурки и штукатурки на цементной основе (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнительный анализ гипсовой штукатурки
и штукатурки на цементной основе**

Показатель	Гипсовая смесь	Цементная штукатурка
Стоимость (руб/кг)	16.56	13.78
Расход на квадратный метр (руб)	119	170
Прочность поверхности (МПа)	2.5	От 2.5 до 3
Долговечность (лет)	20-30	20-30

1. Стоимость за 1 кг.

В большинстве случаев цену сравнивают исходя из стоимости одного килограмма смеси. Действительно, цементная штукатурка обычно оказывается более дешевой. Например, за 30 кг гидрофобной гипсовой штукатурки «Bergauf» приходится отдавать 414 руб, а за 25 кг цементной – 344 руб. Это соответствует 16,56 руб за 1 кг против 13,78 руб за 1 кг.

Данный способ расчета далеко не всегда является корректным из-за множества других факторов, которые следует учитывать.

2. Расход на квадратный метр.

При толщине слоя 10 мм расход гипсовой штукатурки составляет 8,5 кг на квадратный метр, в то время как цементной требуется 17 кг. Следовательно, стоимость цементной штукатурки за один квадратный метр составляет 170 руб, а гипсовой – 119 руб.

Однако это не единственный фактор, который нужно учитывать при расчете общей стоимости.

3. Доставка и разгрузка.

Для объектов с сопоставимой площадью потребуется больше мешков цементной штукатурки, что влечет за собой дополнительное время на разгрузку и подъем на объект. Если вы не выполняете эти работы самостоятельно, то стоимость услуг грузчиков также придется добавить к общей стоимости.

4. Увеличение использования дополнительных материалов.

Из-за свойства цементных штукатурок сжиматься, достичь идеально ровной поверхности с их помощью бывает затруднительно. В процессе высыхания могут образовываться мелкие дефекты. Чтобы их исправить, потребуется дополнительное количество шпатлевки, что повлечет за собой увеличение расходов на эти материалы.

Несмотря на более низкую цену за килограмм, цементные штукатурки оказываются менее экономичными по сравнению с гипсовыми из-за большего расхода, что делает использование гипсовых штукатурок более предпочтительным с экономической точки зрения.

5. Стоимость итоговой гидроизоляции.

При сравнении двух вариантов отделки влажных помещений гидрофобной гипсовой штукатуркой и цементной штукатуркой в итоговой стоимости преуспевает также гипс, так как итоговая стоимость гидроизоляционных работ будет сравнительно ниже, нежели при работе с цементом.

Библиографический список

1. Дигтярь И.Г., Жуков В.В., Флоринский В.И. Технология строительных материалов и изделий: учебник для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 528 с.

2. Горяянов В.И., Орлов А.Г. Пенетрационное укрепление гипсовых строительных конструкций // Вестник МГСУ, 2017, №3, с. 120-125.

3. Локшин А.А., Филиппов Ю.Б. Гипсовые вяжущие для строительства и реставрации // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2019, №4, с. 30-35

4. Смирнов В.П. Гидрофобизация гипсовых вяжущих: технологии и особенности применения // Журнал строительных материалов и изделий, 2020, №2, с. 56-59.

Чернов Д.В., Кузнецов С.П. Преимущества использования гипсовых вяжущих в современном строительстве // Строительный мир, 2018, №7, с. 42-45.

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДЕСТРУКЦИИ БЕТОНА

Данилов Д.Ю., аспирант,

Хахалева Е.Н., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

В строительстве существует потребность в неразрушающих методах контроля бетона, так как они обладают достаточным количеством известных преимуществ. Одним из широко употребляемых подобного рода методов является ультразвуковое исследование.

Метод основан на связи прочности бетона и скорости распространения ультразвука, соответственно, работа ультразвукового прибора заключается в определении времени прохождения ультразвукового импульса в материале от излучателя к приемнику, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. На этом пути волна первым делом попадает в слой, являющийся контактным между излучателем и бетоном, пройдя через который она частично отражается в обратном направлении, а частично проникает в толщу бетона. Далее, проникая вглубь по растворной части, волна будет встречать на своем пути гранулы крупного заполнителя, от которых также будет частично отражаться, меняя свое направление, а частично проходить сквозь гранулы [1].

Существует целый ряд разновидностей ультразвуковых приборов, что говорит о целесообразности их использования на практике. Среди этих приборов можно выделить такие модели, как УК-10, УК1401, Пульсар, Бетон-32, УК-14П, УК-12, УК-14ПМ, УК-16ПС и др. Все они в основе своей предназначены посредством измерения скорости продольных ультразвуковых колебаний определять прочность бетона, однако данные приборы можно направить на оценку упругих и

деформационных характеристик бетона, а также на исследование структурных дефектов.

При монолитном строительстве нередко возникают структурные неоднородности, например, плоскости расслоения бетона, которые можно определить при помощи ультразвуковых волн. Этот способ основывается на применимости принципа Гюйгенса-Ферма, заключающийся в превращении выходных импульсов генератора зондирующих сигналов в упругие колебания, которые проходя через тело бетона, возбуждают новые упругие волны в теле бетона, излучаемые к приемному преобразователю. Таким образом, анализируя полученные амплитудные и спектральные характеристики полученного преобразователем сигнала можно сделать вывод о наличии или отсутствии структурных неоднородностей внутри бетонной конструкции [2]. В исследовании [3] отмечается, что это возможно сделать в результате анализа нескольких измерений на одном участке для определения средней скорости V_{cp} и последующего анализа полученных значений. Скорость на отдельных участках сравнивается с V_{cp} и делается определенный вывод:

1. $V = (0,95-1,05) V_{cp}$ – структура бетона соответствует норме с учетом естественной неоднородности;

2. $C < 0,95 V_{cp}$ – нарушение структуры бетона.

Сложность в том, что по этим данным можно выявить неоднородность структуры бетона на данном участке и примерно определить его границы, но установить конкретный вид неоднородности можно только при помощи дополнительных исследований.

Другим предметом исследования при помощи ультразвука может являться морозостойкость бетона. Проведенные исследования [4], позволили установить связь между величиной морозостойкости бетона и скоростью ультразвука. Исследования проводили ускоренно замораживали и размораживали образцы по третьему методу согласно ГОСТ 10060-2012 и на каждом этапе замеряли скорость ультразвуковых волн. Полученные данные показали, что значения Δ прошедших испытание образцов были примерно равными и не превышали 15%, что позволяет рассчитывать на применение этого метода для определения морозостойкости образцов. Теоретически это обосновывается тем [5], что морозостойкость зависит от общего объема пор материала, которые в свою очередь оказывают влияние на скорость ультразвука. Стоит отметить, что метод определения морозостойкости при помощи ультразвука стандартизирован (ГОСТ 26134-2012), в его основе лежит определение времени распространения ультразвуковой волны и его сопоставление с количеством циклов попеременного размораживания и замораживания образцов.

В строительстве нередко приходится проводить анализ

трещинообразования в бетонных конструкциях, что достаточно эффективно при помощи методики с применением ультразвука. В традиционном методе определения глубины трещин измеряется разница в показаниях прибора в условиях прохождения волны через трещины и в условиях их отсутствия. Разница показаний обусловлена тем, что волна, огибая трещину, проделывает больший путь, затрачивая большее время. В другом, альтернативном, методе был применен цифровой осциллоскоп для измерения амплитуды сигнала для зоны с трещинами и зоны без них. В работе [6] указано, что результаты по традиционному и альтернативному методам отлично сочетаются друг с другом.

Оценка прочностных и других деформативных характерных бетонных конструкций требуется не только у недавно возведенных, но и давно эксплуатируемых зданий, в том числе после ЧС. Например, ультразвуковые приборы регулярно используют в зданиях после пожаров, чтобы оценить дальнейшую пригодность конструкций для эксплуатации, выявить наибольшие зоны повреждения конструкции, помочь определить возможность протекания скрытого пожара, возможное образование трещин и изменение поверхностной твердости [7, 8]. Для этих же целей можно применять рассматриваемые приборы после землетрясений, паводков и иных чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, ультразвуковые приборы обладают большим потенциалом для исследования прочностных и деформативных характеристик строительных конструкций. При помощи измерения скорости распространения и времени прохождения ультразвука можно определить различные характеристики и выявить некоторые дефекты, но для этого, очевидно, потребуется большое количество получаемых в разных ситуациях значений, т.к. все определяется путем их сопоставления. Поэтому основной сложностью при этом является правильная интерпретация получаемых данных.

Библиографический список

1. Зубков В.А. Совершенствование ультразвукового метода определения прочности бетона / В.А. Зубков // Бетон и железобетон, 1997. № 4. С. 21-23.
2. Сериков Я.А. Информационно-измерительная система для исследования структуры монолитного бетона ультразвуковым методом / Я. А. Сериков // Территория науки. 2017. № 3. С. 96-100.
3. Штенгель В.Г. Ультразвуковой контроль структуры бетона / В. Г. Штенгель // В мире неразрушающего контроля, 2004. №1. С. 4.
4. Мирский К.В. Скорость ультразвука как критерий морозостойкости цементного бетона / К. В. Мирский, А. А. Панчина, В. А. Мирский, И. П. Терешкин // XLVI Огаревские чтения : Материалы научной конференции: В 3-х частях, Саранск, 06–13 декабря 2017 года /

Ответственный за выпуск П.В. Сенин. Том Часть 1. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, 2018. С. 184-191.

5. Рахимбаев Ш.М. Влияние электроповерхностных свойств минерального наполнителя на морозостойкость порошковых бетонов / Ш. М. Рахимбаев, Н. М. Тольпина, А. А. Косинова, Е. Н. Хахалева // Строительные материалы, 2019. № 10. С. 12-15.

6. Знайченко П.А. Определение глубины трещин ультразвуковым методом в обделке транспортных тоннелей большого сечения // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2006. № 1. С. 34-37.

7. Флегонтов Д.В. Термический анализ как способ установления скрытых повреждений / Д. В. Флегонтов, М. В. Акулова, А. В. Петров // Пожарная и аварийная безопасность, 2019. № 2(13). С. 11-15.

8. Тольпина Н.М. К вопросу о взаимодействии цементной матрицы с заполнителями / Н. М. Тольпина // Современные наукоемкие технологии, 2016. № 6-1. С. 81-85.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ ЗАБОЕЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

**Калмагамбетова А.Ш., канд. техн.наук, доц.,
Симпилиди Ю.С., магистр, докторант**
*Карагандинский технический университет
им. Абылкаса Сагинова, г.Караганда, Казахстан*

Современное материаловедение шагнуло вперед во всем мире за последние десятки лет. Это касается не только строительства, строительных материалов, но и других сфер жизни, где используются вещества, растворы, смеси и составы, которые принято считать строительными.

Например, при разработке горнорудных массивов, при условии горизонтальных скважин и шпуров, во время взрывных работ используют смеси, которые увеличивают производительность взрыва, называемые забойками.

На рис. 1 представлены изображения видимых воронок взрыва скважин без применения забойки (а) и с применением забойки (б).

По всему миру забоечные материалы эволюционировали от сыпучих смесей до гелеобразных или твердеющих до каменного состояния.

Засыпные забойки просты по своему составу и в большинстве случаев это насыпи из крупнозернистого песка и щебня, то есть используются материалы, инертные к действию взрыва, с высокой твердостью и коэффициентом трения. В процессе «эволюции забоечных материалов» в состав стали добавлять глину, в связи с чем материал приобретал формат пробки для скважины.



Рис. 1. Видимая воронка взрыва скважин: *а* – без применения забойки; *б* – с применением забойки

Качественная забойка взрыва играет ключевую роль, обеспечивая полную детонацию взрывчатых веществ, увеличивая длительность импульса и предотвращая разброс породы из скважины. Исследования показывают, что забойка из сыпучих материалов эффективно удерживает продукты детонации в зарядной полости, создавая пробку и сопротивляясь давлению газообразных продуктов взрыва [1].

Размер и технология закладки забойной части также играют важную роль. Если забойка слишком короткая, то преграда разрушается, и материал выбрасывается из скважины. Поэтому многие исследователи считают, что длина засыпной забойки должна быть от 14 до 28 диаметров скважины. В то же время, воздушный промежуток в 5-7 диаметров заряда под забойкой позволяет сократить ее длину при сохранении ее запирающих свойств [2].

На рис. 2 представлена зависимость сопротивления забойки от ее длины. Исходя из этой зависимости, можно сделать вывод, что песок с пластиковой пробкой является наиболее эффективным вариантом: его сопротивление увеличивается наиболее быстро при увеличении длины забойки. Это свидетельствует о том, что качество забойки в первую очередь зависит от выбранного материала. Основные требования к материалу включают в себя высокую эффективность взрыва, удобство использования и возможность механизации работ, а также низкую стоимость.

В современной практике забойки скважин газообразных продуктов детонации действительно можно разделить на две основные группы по их физико-механическим свойствам и характеру сопротивления истечению:

1. Забойки из сыпучих материалов: гранулированные или порошкообразные материалы, такие как песок, глина, цемент и другие вещества.

2. Жидкостные забойки: жидкие композиции, например, буровые растворы, полимерные растворы, пенные составы и другие жидкости.

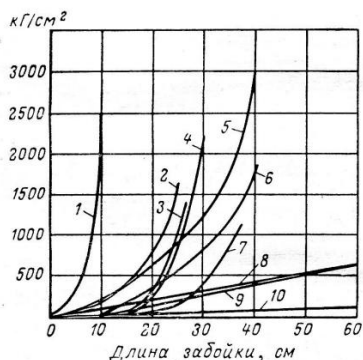


Рис. 2. График зависимости сопротивления забойки от ее длины для различных материалов (по Тейлору): 1 – песок с 50-миллиметровой пробкой из пластика; 2 – сухая сланцевая мелочь; 3 – смесь известковой мелочи с песком; 4 – известковая пыль; 5 – мокрый песок; 6 – песчано-глинистая смесь при влажности 7%; 7 – смесь известковой крошки с песком; 8 – глина при влажности 7%; 9 – песчано-глинистая смесь при влажности 12%; 10 – глина при влажности 16%

Выбор типа забойки зависит от конкретных условий бурения, характеристик газовых продуктов и требований к безопасности и эффективности эксплуатации скважины. [3].

Сравнительно недавно на рынке появились твердеющие забойки, создающие адгезию с взрываемым материалом и тем самым увеличивая сопротивление взрыву. По своему составу такие забойки близки к тампонажным составам на основе цементов.

В Казахстане, при работе с горнорудными массивами, применяют засыпные забойки в основном для вертикальных скважин, что является эффективным методом контроля взрыва. Однако, при горизонтальных скважинах возникают трудности. Использование засыпных забоек в таких случаях часто не обеспечивает необходимого уровня Коэффициента Исполнения Шпура (КИШ). Это приводит к необходимости разработки отечественных составов, пригодных для применения в горнодобывающей промышленности Казахстана.

Необходимые параметры для твердеющей забойки:

- сроки схватывания (начало) – 2-4 мин;
- сроки схватывания (окончание) – 6-8 мин;
- прочность при сжатии (через 1 ч) – не менее 4,0 МПа;
- прочность при сжатии (через 10 мин) – не менее 2,5 МПа;
- прочность при сжатии (через 20 мин) – не менее 3,0 МПа [4].

На рис. 3 показана зависимость консистенции тампонажного раствора на основе тампонажного портландцемента (ПЦТ) от времени, а на рис.4 – зависимость консистенции тампонажного раствора на основе ПЦ с добавлением глиноземистого цемента (ГЦ) [5].

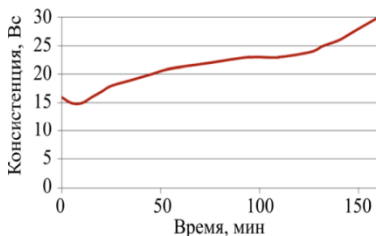


Рис. 3. Зависимость консистенции тампонажного раствора на основе ПЦТ от времени

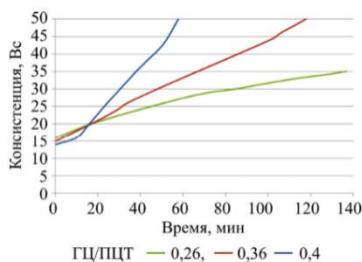


Рис. 4. Зависимость консистенции тампонажного раствора на основе ПЦТ с добавкой ГЦ от времени

По нижеприведенным на рис. 3, 4 данным можно сделать вывод о том, что наиболее благоприятной основой для твердеющего забоечного материала будет тампонажный цемент с добавкой из глиноземистого цемента или молотого глиноземистого клинкера, что сократит сроки схватывания и твердения раствора.

Библиографический список

1. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник для вузов / Кутузов Б.Н. – Москва: Горная книга, 2018. – 476 с.
2. Буравцов В.П. Физико-техническое обоснование параметров забойки и оценка ее роли в управлении действием взрыва скважинных зарядов на карьерах / В.П. Буравцов, В.П. Тарасенко // Проблемы взрывного дела. № 1, 2002. С.5-9
4. Махмудов Д.Р. Влияние конструкции забойки скважинных зарядов на эффективность дробления горных пород. Горный

информационно-аналитический бюллетень. Москва. №4. 2017. ст. 42-47.

5. Mining Systems & Technologies – научно-производственная компания [электронный ресурс]: <https://mst.ru.com/product/sbp/sbp/>

6. Исследование влияния седиментации тампонажного раствора на свойства получаемого цементного камня / Е.В. Кожевников, Н.И. Николаев, О.А. Ожгибесов, Р.В. Дворецкас // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 6. – С. 23–25.

ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ГИПСОДРЕВЕСНОГО КОМПОЗИТА

Лукутцова Н.П., д-р техн. наук, проф.,

Пыкин А.А., канд. техн. наук, доц.,

Ковтков И.В., аспирант,

Курашова В.Р., студент

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск, Россия

Получение цементно-древесных композитов (ЦДК) затруднено из-за наличия в древесном наполнителе экстрагируемых веществ (ЭВ), которые оказывают негативное влияние на гидратацию цемента, форму и размеры образующихся кристаллогидратов, сроки схватывания, что приводит к снижению прочностных показателей ЦДК [1-3].

Гипсодревесные композиты (ГДК), в отличие от ЦДК, менее чувствительны к воздействию ЭВ, поэтому при их получении допускается использование древесных отходов из лиственных пород.

Возможность рационального использования повсеместно имеющихся древесных отходов и гипсовых вяжущих открывает перспективы расширения сырьевой базы производства строительных материалов, изделий и конструкций при одновременном решении проблемы загрязнения окружающей среды.

Тем не менее, ГДК характеризуются пониженной прочностью и предельной относительной сжимаемостью при кратковременном нагружении.

Одним из эффективных способов улучшения свойств ГДК является модифицирование гипсовой матрицы водорастворимыми полимерными добавками, в частности карбамидоформальдегидными смолами (КФС) [4, 5].

Целью работы является оптимизация состава гипсодревесного композита для устройства перегородок и ограждающих конструкций в зданиях различного назначения путем математического моделирования влияния сырьевых компонентов на деформационно-прочностные свойства ГДК.

Для изготовления ГДК применялись:

- строительный гипс (СГ) марки Г-5 В II по ГОСТ 125;
- карбамидоформальдегидная смола (КФС) холодного отверждения марки КФ 120-65 по ТУ 2311-001-00252569, представляющая собой однородную водную суспензию белого цвета олигомерных продуктов совместной поликонденсации карбамида ((NH₂)₂CO) с формальдегидом (CH₂O) с массовой долей сухих веществ 65 %, содержанием свободного CH₂O не более 0,13 %;
- отвердитель КФС – 10 %-й водный раствор щавелевой кислоты (COOH)₂, вводимый в расчете 0,05 м.ч. на 1 м.ч. смолы;
- древесный наполнитель (ДЗ) из отходов деревообработки лиственных пород в виде абсолютно сухих березовых опилок с размером частиц 1-5 мм, высушенных до постоянной массы в вентилируемой камере при температуре (103 ± 2) °С;
- питьевая вода затворения, объем которой в составах смесей определялся по водогипсовому отношению, соответствующему водопотребности используемого строительного гипса (60 %), с учетом количества воды в КФС и отвердителе.

Перемешивание смесей ГДК осуществлялось в смесителе принудительного действия при указанной последовательности загрузки компонентов: КФС, отвердитель, вода – СГ – ДЗ.

Построение математических моделей зависимостей средней прочности на сжатие ($y_1 - R_b$, МПа) и модуля упругости ($y_2 - E$, МПа) от количества строительного гипса ($x_1 - СГ$: 8-12 м.ч.), карбамидоформальдегидной смолы ($x_2 - КФС$: 0-10 м.ч.) и древесного наполнителя ($x_3 - ДЗ$: 1-4 м.ч.) проводилось с помощью композиционного плана эксперимента (КПЭ) второго порядка (компьютерная программа PlanExp B-D13), включающего в себя следующие этапы: выбор факторов, уровней и интервалов их варьирования; составление матрицы КПЭ; проведение опытов и испытаний; расчет коэффициентов регрессии и оценка их статистической значимости по критерию Стьюдента; получение уравнения зависимости свойства материала от варьируемых факторов и оценка его адекватности по критерию Фишера; графическая интерпретация и анализ модели.

Установлено, что зависимости R_b и E гипсодревесного композита от количества СГ, КФС и ДЗ представлены математическими моделями в виде адекватных уравнений регрессии со значимыми коэффициентами:

$$y_1 (R_b) = 23,5 - 1,9x_1 + 8,2x_2 - 2,3x_3 - 3,1x_2^2 - 3,9x_3^2 + 1,7x_1x_3 + 1,9x_2x_3;$$

$$y_2 (E) = 597,6 + 73,2x_1 + 297,6x_2 - 43,5x_3 + 249,8x_1^2 + 107,4x_2^2 + 118,2x_3^2 + 220,7x_1x_3 + 156,8x_2x_3.$$

Из представленных уравнений и поверхностей отклика (рис. 1) следует, что для получения ГДК с повышенной прочностью в рамках варьируемых факторов наиболее оптимальным является компонентный состав, включающий, м.ч.: СГ – 12, КФС – 10, ДЗ – 4.

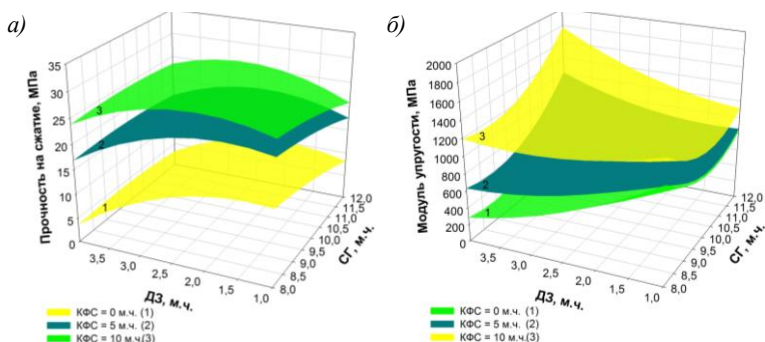


Рис. 1. Поверхности отклика зависимости прочности на сжатие (а) и модуля упругости (б) гипсодревесного композита от варьируемых факторов

При введении карбамидоформальдегидной смолы в количестве от 0 до 10 м.ч. средняя плотность ГДК повышается от 1248 до 1370 кг/м³, прочность на сжатие от 15,6 до 30 МПа (в 1,9 раза), модуль упругости от 1120 до 1780 МПа (в 1,6 раза), а открытая пористость снижается от 46 до 25 % (в 1,8 раза).

Одной из характеристик, дающих информацию о процессах деформирования и разрушения композитов при осевом кратковременном статическом сжатии, является диаграмма «напряжение (σ) – относительная деформация (ϵ)», на которой можно выделить три основные стадии:

- упругое деформирование – уплотнение композита (линейная восходящая ветвь диаграммы);
- упругопластическое деформирование – разуплотнение композита (нелинейная восходящая ветвь диаграммы);
- пластическое деформирование композита до его разрушения (нелинейная нисходящая ветвь диаграммы).

В первой стадии упрочнения возникают упругие деформации и линейная ползучесть, при этом сплошность образца не нарушается, его структура уплотняется.

Далее в материале наступает начало необратимых пластических деформаций.

При возрастании напряжений на второй стадии деформирования происходит микротрещинообразование, начинается процесс разуплотнения и интенсивного развития пластических деформаций, связанных с процессами микроразрушений структуры.

После достижения деформациями значений, соответствующих максимальным напряжениям, процесс деформирования на третьей стадии перерастает в неустойчивый, сопровождающийся объединением микротрещин в макротрещины до полного разрушения образца.

Угол наклона участка линейной восходящей ветви диаграммы, соответствующий упругой работе материала, связан с его модулем упругости выражением $E = \operatorname{tg}\alpha$.

Вершина нисходящей ветви диаграммы представлена предельной относительной сжимаемостью (ϵ_{bR}), соответствующей достижению материалом максимального значения прочности на сжатие (R_b).

Диаграммы деформирования гипсодревесного композита при осевом кратковременном статическом сжатии показывают (рис. 2), что переход из упругой в пластическую стадию деформации ГДК без КФС происходит при напряжении свыше 12 МПа ($\epsilon_{bR} = 2,75\%$), а с содержанием КФС в количестве 10 м.ч. – при напряжении более 15 МПа ($\epsilon_{bR} = 4\%$).

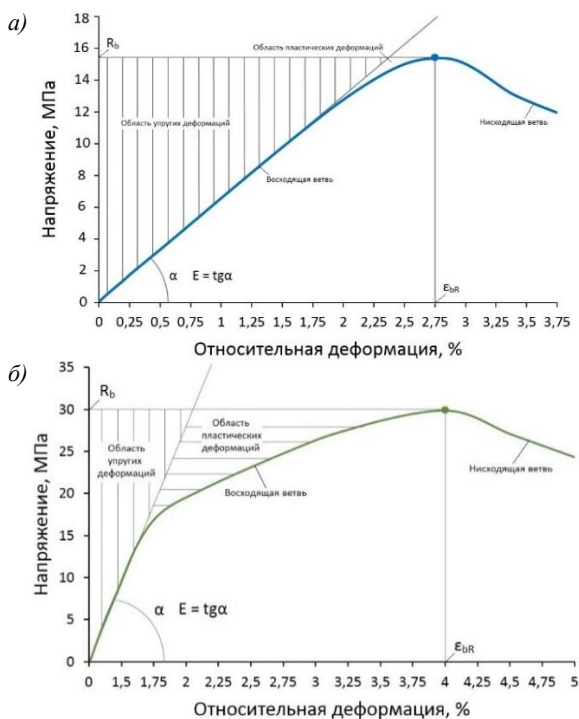


Рис. 2. Диаграммы деформирования гипсодревесного композита при осевом кратковременном статическом сжатии: а – состав без КФС; б – состав с 10 м.ч. КФС

Представленная диаграмма деформирования гипсодревесного композита с добавкой карбамидоформальдегидной смолы при кратковременном сжатии позволяет прогнозировать критерии

работоспособности ГДК (длительную прочность, жесткость, трещиностойкость) в строительных изделиях в процессе эксплуатации и возникновении аварийных ситуаций.

В результате математического моделирования влияния количества строительного гипса, карбамидоформальдегидной смолы и березовых опилок на деформационно-прочностные свойства гипсодревесного композита для устройства перегородок и ограждающих конструкций в зданиях различного назначения установлено, что разработанные модели в виде адекватных уравнений регрессии со значимыми коэффициентами позволяют выполнять рецептурно-технологические задачи по получению ГДК со средней плотностью 1370 кг/м^3 , открытой пористостью 36 %, прочностью на сжатие 30 МПа, модулем упругости 1780 МПа, предельной относительной сжимаемостью при кратковременном нагружении 4 %.

Оптимизация состава композита на основе гипсового вяжущего, модифицированного карбамидоформальдегидной смолой и наполненного березовыми опилками, обусловлена необходимостью поиска новых путей снижения материалоемкости, в том числе расхода строительного гипса, и стоимости гипсосодержащих конструктивных материалов и изделий с сохранением их эксплуатационных свойств и экологичности.

Библиографический список

1. Теоретические основы получения древесногипсовых композитов с заданными эксплуатационными свойствами : монография / А. А. Лукаш, Н. П. Лукутцова, А. А. Пыкин, К. А. Литвинчев, О. Н. Чернышев. – Курск : Университетская книга, 2023. – 109 с.

2. Лукутцова, Н. П. Математические модели зависимости структурных и деформационно-прочностных свойств гипсодревесного композита от компонентного состава / Н. П. Лукутцова, А. А. Пыкин, А. А. Лукаш, С. Н. Швачко, В. С. Красный. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2023. – № 7. – С. 17-26.

3. Патент № 2732164 Российская Федерация, МПК С04В 18/26, С04В 20/10. Способ подготовки древесного заполнителя для арболита : № 2019139557 : заявл. 04.12.2019 : опубл. 14.09.2020 / Лукутцова Н. П., Чивикова Е. В., Головин С. Н. ; заявитель и патентообладатель Брянский государственный инженерно-технологический университет. – 4 с.

4. Бессонов, И. В. Гипсосодержащие модифицированные материалы / И. В. Бессонов, А. Д. Жуков, Э. А. Горбунова. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2021. – № 8. – С. 18-26.

5. Аниканова, Л. А. Стеновые материалы на композиционном полимерминеральном вяжущем / Л. А. Аниканова. // Вестник ТГАСУ. – 2017. – № 6 (65). – С. 127-133.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПОЛИМЕРНЫХ АРМИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Овсянников С.И., канд. техн. наук, доц.

Руденко О.Л., ассистент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Древесина относится к одному из самых древних строительных материалов и даже в настоящее время, когда ее потеснили бетон и камень, ей все равно находится место как одному из самых ответственных строительных материалов. С развитием технологии производства клееных деревянных конструкций (КДК), древесина стала незаменимой в производстве большепролетных несущих конструкций, использующихся во влажной, агрессивной среде, в условиях вибрационных нагрузок [1-4].

Основным сдерживающим фактором использования КДК является влияние анизотропных свойств древесины на ее прочностные качества. Это явление предложено компенсировать методом армирования конструкций, что дает возможность увеличить прочностные свойства в 1,5-3,5 раза, снизить расход древесины на 30-40 %, а также уменьшить монтажный вес на 12-20 % [5]. Первые исследовательские работы по армированию КДК были направлены на усиление растянутой и сжатой зон армирующим стальным прутком, вклеенным в предварительно подготовленные пазы [6]. Вклейку осуществляют с применением эпоксидного клея. Данная технология имеет ряд технологических сложностей: подготовка пазов в уже склеенном брус, подготовка стальной арматуры (обезжиривание, очистка ржавчины, грунтование эпоксидным составом), заполнение паза с арматурой эпоксидным составом и обеспечение его герметичности, компенсация усадки клеевого шва, защита клеевого шва от воздействия ультрафиолетового солнечного излучения и др. Кроме этого, при использовании в конструкции металлических элементов обработка дереворежущим инструментом в дальнейшем крайне затруднена. Поэтому, КДК должны быть полностью подготовленными к монтажу еще до армирования.

Все эти ограничения значительно усложняют технологический процесс изготовления армированных деревянных конструкций (АДК) и сферу их применения. Необходимо также отметить, что при использовании стальной арматуры значительно увеличивается удельный вес, а в целом и масса конструкций.

Работа стальной арматуры при взаимодействии с древесиной значительно отличается от ее работы с бетоном. Так, ряд исследователей [1, 4, 7, 12] отмечают, что предварительное натяжение арматуры не дает

положительного эффекта. В начальный период сжатая арматура деформирует прилегающие слои, сжимая их. Под действием влажностных изменений внутри древесины они нивелируются и эффект натяжения арматуры исчезает.

Следовательно, можно сделать вывод, что применение стальной арматуры в АДК имеет как положительные стороны (увеличение прочностных свойств), так и отрицательные (затруднена обработка, сложный технологический процесс изготовления и т.п.), сдерживающие широкое применение АДК в строительстве. Хотя процесс армирование стальной арматурой исследован достаточно глубоко и представлен в своде правил [10]. Но в производстве КДК сложной формы применение стальной или иной прутковой арматуры очень затруднено, а иногда технологически вообще невозможно. Для конструкций криволинейной формы, а также работающих под разнонаправленными нагрузками, целесообразно применять гибкие и тонкие армирующие материалы, которые можно бы размещать в клеевых швах еще на этапе формирования клееной конструкции.

В последние несколько десятилетий многие исследователи переключились на применение иных армирующих материалов в производстве АДК [1-5]. Основой таких материалов являются полимеры и материалы на основе полимеров. В большинстве случаев применения полимерных армирующих материалов необходимо провести оценку их эффективности в производстве АДК.

Поэтому, в данной работе рассмотрены характеристики полимерных армирующих материалов для производства АДК и обоснована эффективность их применения.

Армирующие композитные материалы (КМ) изготавливают из различных компонентов-наполнителей и матриц [11]. Свойства КМ зависят от свойств волокон. В большинстве случаев применяют КМ на основе стеклянных, углеродных, борных, керамических, органических волокон, нитевидных кристаллов. Волокнистые наполнители используют в виде длинных моноволокон. Они могут быть в виде крученых и некрученых нитей, жгутов, нетканых лент и полотен, тканых полотен различного переплетения и других видов.

В случае применения КМ в АДК в первую очередь оценивают их механические свойства, такие как прочность, жесткость, плотность, а также важной составляющей является их стоимость. Рассмотрим более детально некоторые из них.

Стекловолокно производят из щелочного и нещелочного стекла. Волокна обладают большей прочностью, чем стеклянные блоки. Наиболее часто используют полые волокна (капиллярные). Они обладают высокой прочностью на изгиб и сжатие. Прочность на растяжение составляет 3,5-4,8 ГПа, модуль упругости -80-100 ГПа. На основе

стекловолокна изготавливают крученые и некрученые нити, ровинги, ленты и ткани, а также нетканые материалы (рис. 1).

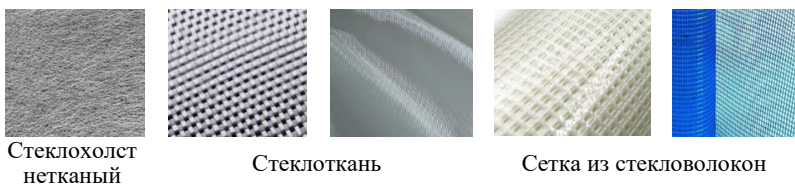


Рис. 1. Армирующие материалы из стекловолокна

Наиболее часто из стекловолокна изготавливают стеклохолст плотности до 50-70 г/м² (используют в строительстве для укрепления основы под штукатурку и покраску), стеклоткани тканые и нетканые плотностью от 80 до 500 г/м² (применяют для изготовления акриловых и эпоксидных каркасных изделий), стеклотканевые полотна и ленты сетчатой формы плотностью от 60 до 200 г/м² (применяют для упрочнения стеновых швов). Усилия на разрыв стеклохолстов и стеклотканей составляет не менее 3,6 ГПа, относительное удлинение – не более 7 %. Материал не горюч, легко режется инструментом, обладает термостойкостью более 1000 °С. По стоимости - самый дешевый, от 70 до 200 р/м².

Органические волокна по происхождению делятся на природные и химические. Химические в свою очередь делятся на искусственные (химическая переработка целлюлозы) и синтетические. Наиболее прочными являются арамидные волокна – Кевлар (рис. 2). Волокна не горючие, выдерживают высокую температуру (до 250 °С), легко поддаются текстильной обработке, обладают низкой плотностью – 1440 г/м³. При этом прочность на растяжении составляет 8-30 ГПа. Ткани из арамидных волокон применяют в самолето-, ракето-, судостроении, в производстве брони и бронежилетов. Стоимость достаточно высокая – около 10 тыс. руб/м².



Рис. 2. Армирующая ткань из арамидных волокон – кевлар

Полиэтиленовые волокна (ПЭ-волокно) обладают высоким прочностными свойствами ($E=200-300$ ГПа, $\sigma=3,6-30$ ГПа, плотность $940-970$ кг/м³). Стоимость составляет около 70 \$/кг. Недостатками ПЭ-волокон является высокая ползучесть и горючесть, низкая температура эксплуатации – до $90-110$ °С, низкие адгезионные свойства.

Полиариленовые волокна (РВЗ-волокна) обладают высокими прочностными свойствами и термостабильностью. Применяются в аэрокосмическом производстве. По свойствам приближаются к углеродным (прочность до $4,5$ ГПа, модуль упругости до 400 ГПа), при меньшей плотности. Основным сдерживающим фактором применения РВЗ-волокон является высокая цена и малые объемы производства.

Углеродные волокна (УВ) обладают некоторыми уникальными свойствами – тепло и жаростойкостью, а также имеют низкий коэффициент трения, высокую стойкость к атмосферным и химическим воздействиям при высоких механических свойствах. Основным сдерживающим факторов УВ является их высокая стоимость. Общий вид УВ материалов представлен на рис. 3.



Карбоновая вуаль

Углеродное волокно

Углеродная лента

Рис. 3. Материалы, изготовленные из углеродных волокон

Борные волокна (БВ) являются альтернативой стеклянным. Технология производства заключается в осаждении газового бора на нить подложки из вольфрама или углеродного волокна. Прочность таких волокон во многом зависит от точности производства напыления и составляет $2,9-3,7$ ГПа, а модуль упругости – до 400 ГПа. Основным недостатком БВ является их высокая стоимость и затруднение механической обработке при использовании вольфрамовых волокон.

Керамические волокна наибольшее распространение получили на карбидо-кремневой основе. Применяют на металлической или карбидной матрице. Недостатком этих волокон является низкая прочность на изгиб и высокая стоимость (до 10000 \$/кг).

Армирующие материалы на металлических волокнах (проволоки) обладает удовлетворительной пластичностью, могут деформироваться

вместе с матрицей. Наиболее доступными являются стальные и вольфрамосодержащие проволоки. Обработка материалов с металлическими армирующими материалами приводит к быстрому затуплению инструмента, а при увеличении диаметра проволоки более 1 мм – и к его поломке.

Как видно из характеристик, рассмотренных КМ, большинство из них достаточно дорогие и ограничены малыми объемами производства. Наиболее доступными в ценовом сегменте при удовлетворительных показателях прочностных свойств являются материалы на основе стекловолокна. При относительно хороших прочностных характеристиках они технологичны, обладают хорошими адгезионными свойствами с различными связующими, легко гнутся и режутся. Учитывая разнообразные формы производства материалов из стекловолокна (нити, сетки, холсты), можно обеспечить оптимальное выбор в конкретном случае производства АДК.

Библиографический список

1. Лукин М.В. Совершенствование конструкций и технологии производства деревоклееных композитных балок: дис. ... канд. техн. наук. М., 2010. 150 с.
2. Леонова А.Н., Акритов Х.Э. Усиление деревянных конструкций композитными материалами // Наука. Техника. Технологии. 2020. №2. С. 329-333.
3. Романенко И.И., Романенко М.И. Эффективное использование природного потенциала деревообрабатывающими предприятиями строительной индустрии // Инженерный вестник Дона, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4647/.
4. Овсянников С.И., Ковш А.Ю. Повышение качества клееного бруса и конструкций из древесины. Saarbuken: LAP LAMBERT, 2019. 85 с.
5. Смирнов Е.А. Прочность и деформативность клееных деревянных балок групповым армированием на части длины: дис. ... канд. техн. наук. М., 1986. 140 с.
6. Репин В.А. Деревянные балки с рациональным армированием: дис. ... канд. техн. наук. Владимир, 2000. 158 с.
7. С.И. Рощина, М.С. Сергеев, А.В. Лукина. Армированные деревянные конструкции // ИВУЗ. «Лесной журнал». 2013. № 4. С. 80-85.
8. Щуко В.Ю. Клееные деревянные балки, армированные стальной арматурой //Тр. Иркутского политехн. ин-та. 1967. Вып. 37. С. 51–59.
9. Щуко В.Ю. Рощина С.И. Армированные деревянные конструкции в строительстве: учеб. пособие. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2002. 68 с.
10. Свод правил СП 382.1325800.2017 Конструкции деревянные клееные на клееных стержнях. Методы расчета. – М., Стандартинформ,

2018. – 40 с.

11. Кулик В.И. Армирующие волокна для композиционных материалов : учебное пособие / В.И. Кулик, А.С. Нилов; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб, 2019. – 60 с.

12. S. I. Ovsyannikov, A. A. Suska, V. M. Kashyna Features of expertise in wooden housing construction // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Т. 95. С. 198-205., DOI:10.1007/978-3-030-54652-6_30.

РАЗРАБОТКА ДЕКОРАТИВНЫХ ШЛАКОВЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ НАРУЖНЕЙ ОТДЕЛКИ ЗДАНИЯ

Панова В.Ф., канд. техн. наук, доц.,

Панов С.А., канд. техн. наук, доц.,

Спиридонова И.В., канд. техн. наук, доц.

*Сибирский государственный индустриальный
университет г. Новокузнецк, Россия*

В промышленных регионах с развитым металлургическим производством сосредотачиваются и отвалы техногенных отходов. Комплексное исследование местного сырья и отходов важно, так как оно связано с решением проблемы создания чистых городов за счет разработки безотходных производств и технологически чистых промышленных технологий. Основой создания эффективных сталей и сплавов является чугун, на который сегодня имеется большой спрос. Производство чугуна сопровождается образованием большого объема доменного шлака, так на 1 т полезного материала расходуется 1,5...2 т сырья, т. е. 0,5...1 т. отхода. Структура шлака зависит от способа охлаждения его расплава: при быстром охлаждении образуется, так называемый – гранулированный, а при медленном, естественном охлаждении – кристаллический шлак. В отличие от сталеплавильных отходов доменный шлак отличается относительно однородным составом, если получен из одного и того же сырья [1-3]. Немаловажное значение имеет получение декоративных шлаковых составов, тем более для отделки зданий. Ранее авторами были разработаны некоторые способы получения, например, декоративного вяжущего (патент №2232139 «декоративный шлаковый цемент»), раствора, бетона [3-5].

В процессе экспериментальных исследований был использован низкоосновный, нейтральный ($M_{осн} = 0,87...1$) доменный шлак заводов Кузбасса (г. Новокузнецк) [6]. Основные расчетные показатели его химического состава разных проб даны в табл. 1, которые подтверждают его относительную однородность. Гранулированный шлак на 90 % состоит из стекловидной активной фазы. Кристаллическая фаза дробленного медленно охлажденного шлака содержит геленит, мелилит, окерманит, примесь кальцита и другие примеси (рис. 1) [6, 7].

**Характеристики, определяющие качество
доменного шлака (Кузбасс)**

Пробы домен. шлака	Наименование характеристик				
	Коэффициент качества, К	Модуль основности, Мо	Модуль активности, Ма	Модуль кислотности, Мк	Силикатный модуль, п
№1	1,6	0,86	0,39	1,169	2,44
№2	1,59	0,87	0,4	1,15	2,4
№3	1,51	1	0,27	0,997	3,55
№4	1,52	1	0,36	1	2,6

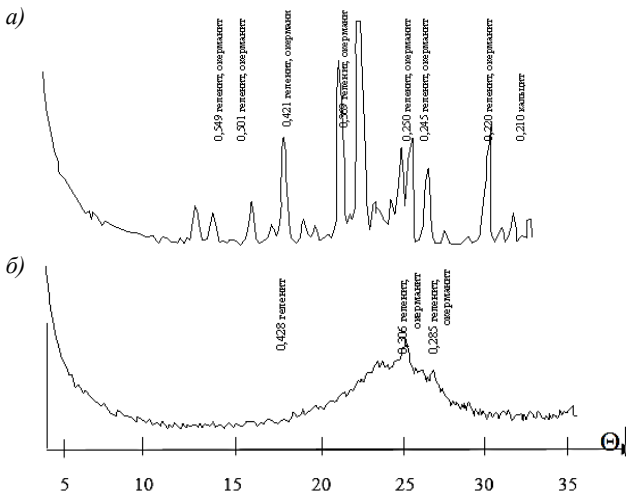


Рис. 1. Дифрактограммы доменного шлака: *а* – медленно охлажденный доменный шлак; преобладает минерал группы мелилита: геленит – $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$; окерманит – $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$; немного: кальцит; *б* – быстро охлажденный доменный шлак; преобладает рентгеноаморфное вещество; немного: минерал группы мелилита (геленит – $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$; мелилит – $\text{Ca}(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Si})\text{Si}_2\text{O}_7$; окерманит – $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$

Вязущее – шлакопортландцемент (ШПЦ). Предел прочности при сжатии через 28 сут. составляет 29,9 МПа, начало схватывания – 47 минут, конец – 10 ч.

Заполнитель – дробленый, медленно охлажденный доменный шлак. Состав шлакового заполнителя принимался фракцией 5...10 мм, при максимальном содержании 10мм. не более 10%.

Клинкер – Минералогический состав, %: C_3S – 64,1; C_2S – 11,8; C_3A – 7,63; C_4AF – 12,39. Активность клинкера – 512 кгс/см².

Составы лабораторного эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные данные для выполнения эксперимента

№	Клинкер		Молотый граншлак		В : 3		Расход заполнителя		Расход вяжущего	
	X ₁	%	X ₂	%	X ₃		всего, г	шлака	всего, г	ШПЦ
1	1	0	1	20	1	1:2	1340	1072	660	660
2	2	5	5	0	1	1:2	1340	1340	660	627
3	3	10	4	5	1	1:2	1340	1273	660	594
4	4	15	3	10	1	1:2	1340	1206	660	561
5	5	20	2	15	1	1:2	1340	1139	660	528
6	1	0	4	5	2	1:3	1500	1425	500	500
7	2	5	3	10	2	1:3	1500	1350	500	475
8	3	10	2	15	2	1:3	1500	1275	500	450
9	4	15	5	0	2	1:3	1500	1500	500	425
10	5	20	1	20	2	1:3	1500	1200	500	400
11	1	0	2	15	3	1:4	1600	1360	400	400
12	2	5	4	5	3	1:4	1600	1520	400	380
13	3	10	5	0	3	1:4	1600	1600	400	360
14	4	15	1	20	3	1:4	1600	1280	400	340
15	5	20	3	10	3	1:4	1600	1440	400	320

Оптимизация состава шлакобетона осуществлялась методом математического планирования эксперимента [8]. Назначены основные факторы варьирования: X₁ – содержание добавки клинкера принималось 0...20 %; X₂ – количество добавки молотого граншлака – 0...20 %; X₃ – соотношение вяжущее-заполнитель изменялось на трех уровнях: 1:2, 1:3, 1:4. Изготавлялось 15 составов шлакобетона с водоцементным отношением – 0,45 и добавкой пластификатора С-3 – 0,7 %. Для выполнения эксперимента формовались образцы (4×4×16) см, которые подвергались тепловлажностной обработке (ТВО) по режиму (3+8+3) час, при $t_{max} = 90...95$ °С. После ТВО образцы были испытаны на растяжение при изгибе и на сжатие; определялась средняя плотность, открытая пористость (определение по водопоглощению образцов), коэффициент размягчения (Кразм) и коэффициент конструктивного качества (ККК).

Результаты исследования показали, что, варьируя соотношением вяжущее: заполнитель (1:2; 1:3 и 1:4) прочность шлакобетона колеблется от 16 до 24 МПа, то есть, регулируя это соотношение можно получить необходимую прочность и плотность бетона, это подтверждают результаты других исследователей [9, 10, 11]. Установлено, что коэффициент размягчения шлаковых образцов колеблется от 0,8 до 1,1, то есть полученный бетон является водостойким. Средняя плотность бетона находится в пределах 1900 кг/м³, как видим, получен облегченный бетон (для тяжелого бетона она составляет 2400...2500 кг/м³).

Для состава 1:3 качество бетона отмечено следующими

оптимальными показателями: марка бетона 200, прочность на растяжение при изгибе 3,5 МПа, открытая пористость 6 %. Показатель пористости шлакобетона получен минимальный, то есть материал обладает достаточно высокой морозостойкостью, которая необходима для отделочных изделий. Обоснованно влияет на этот показатель добавка тонкомолотого быстро охлажденного шлака, она позволяет регулировать как прочность, так и пористость шлакобетона. При расходе порошка шлака до – 10 %, пористость бетона находится в пределах 8...10 % при 15 %, пористость уменьшается до 5,5 %, дальнейшее ее увеличение приводит к снижению прочности шлакобетонных образцов. Исследование структуры шлакобетона подтверждает формирование монолитного сростка составляющих компонентов, что согласуется с данными других авторов [9] (рис. 2).

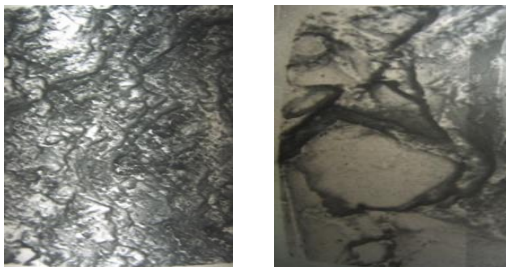


Рис. 2. Структура шлакобетона

Колебание количества клинкера неоднозначно влияет на свойства шлакобетона. Даже при его отсутствии может быть достигнута прочность 20 МПа. При расходе добавочного клинкера до 15 % прочность на растяжение при изгибе меняется от 3 МПа (при отсутствии добавки клинкера) до 4 МПа (при расходе 15...20 %), открытая пористость бетона при этом изменяется от 8,5 до 10 %. Повышенная пористость не может обеспечить достаточную морозостойкость, например, для изделий наружной отделки зданий. Эксперимент показал, что в шлаковой системе для получения достаточной прочности (20 МПа) добавку клинкера можно исключить. Тонкомолотая граншлаковая добавка наиболее эффективна в количестве – 15 %.

Далее изучалось влияние добавки – пигмента в виде отхода метизного производства (ОМП) на свойства шлакобетона. Отход ОМП накапливается в шламбассейнах. После сушки шлама образуется порошок красного цвета, характерный для гематита, это подтвердили результаты рентгеновских исследований. Дисперсность его высокая, около 700 м²/кг, плотность в рыхлом состоянии – 650 кг/м³ [5]. Для определения показателей цвета отхода, порошок запрессовывался в

кольцевую обойму прибора и изучались его основные характеристики (табл. 4) Основными характеристиками, определяющими все многообразие цветов и оттенков пигментов, являются: цветовой тон, чистота, или насыщенность цвета, и относительная его яркость (светлота). Цветовой тон (λ) характеризуется длиной волны эквипотенциального спектрального цвета и выражается в нанометрах. Чистота тона, интенсивность (ρ) характеризует качество хроматических цветов, определяющее степень их отличия от серого цвета той же светлоты. Наивысшую чистоту имеют спектральные цвета. Для них (ρ) принимают за единицу (100 %), а ахроматических – за нуль. Светлота, коэффициент отражения (p) определяется отношением отраженного или пропущенного потока света к падающему потоку. Для идеально белого цвета она равна единице (100 %), абсолютно черного – нулю.

Таблица 4

Характеристики цвета при введении красного пигмента - ОМП

Наименование	Цвет	%	Характеристики цвета		
			λ	ρ	p
Отход метизного производства (ОМП)	Темно-красный (бордо)	100	710	58	53
ШПЦ с добавкой ОМП	Светло-розовый	2	550	38	23
	Темно-розовый	5	580	43	37
	Красный	10	600	50	41

Расход пигмента в цементной системе изменялся от 0 до 15 %. Результаты показали, что пигмент обладает высокой красящей способностью, средняя интенсивность цвета цементного камня может быть получена при относительно небольшом количестве пигмента установлено, что добавка пигмента в пределах до 5 % мало влияет на активность цемента, а в количестве более 10 % приводит к снижению активности и морозостойности образцов до 50 %. Об отрицательном влиянии пигментов на свойства изделий отмечают и другие авторы [12, 13]. Установлено, что для получения цветных шлакобетонных отделочных изделий, подвергающихся попеременному замораживанию и оттаиванию, количество ОМП должно составлять не более 5 %. Практические исследование влияния добавки пигмента ОМП в количестве от 0 до 15 % подтвердило, что его оптимальное количество составляет – 5 % (рис. 3).

Шлакобетон состава: цемент: заполнитель из дробленного медленно охлажденного доменного шлака в соотношении 1:3, с добавкой тонкомолотого граншлака – 15 % и красного пигмента –ОМП – 6 %, был апробирован в производственных условиях для изготовления отделочной плитки 400×400×20 мм и тротуарных изделий. Отделка плиткой цокольного этажа жилого коттеджа подтвердила долговечность

и декоративность изделия из разработанного состава. Применение тротуарной производственной плитки с новым пигментом на практике подтвердили эффективность ее использования (рис. 4).

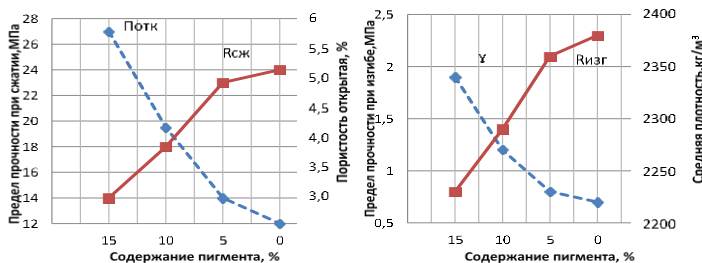


Рис. 3. Влияние добавки пигмента ОМП на свойства изделий



Рис. 4. Декоративная шлакобетонная отделочная и тротуарная плитка

Итак, результаты лабораторных исследований на практике показали возможность получения плотной структуры мелкозернистого шлакобетона и разработки декоративных отделочных изделий на основе отходов металлургии. Варьируя соотношением вяжущее: заполнитель (1:2; 1:3 и 1:4) прочность шлакобетона колеблется от 16 до 24 МПа, то есть, регулируя это соотношение можно получить необходимую прочность бетона.

Определена роль добавки тонкомолотого граншлака, которая позволяет регулировать как прочность, так и пористость шлакобетона. Например, при добавке дисперсного шлака – 10 %, пористость бетона составляет около 10 %, при расходе – 15 %, пористость уменьшается до 5,5 %. Низкая пористость шлакобетона открывает возможность получения достаточной морозостойкости изделий и применения их для наружной отделки.

Установлено, что введение дополнительного количества клинкера в шлаковую систему неоднозначно влияет на свойства шлакобетона, даже при его отсутствии может быть достигнута прочность 20 МПа. Прочность шлакобетона увеличивается до 26 МПа при добавке клинкера в количестве - 10...15 %. Прочность на растяжение при изгибе меняется от 3 МПа (при отсутствии добавки клинкера) до 4 МПа (при расходе 15...20 %). Открытая пористость изменяется от 8,5 до 10 %. Предлагается в целях снижения стоимости изделий не вводить в состав шлакобетона добавочный клинкер.

Установлено, что добавка пигмента в виде красного отхода метизного производства, как и другие красители, отрицательно влияют на основные свойства шлакобетона. Результаты изучения влияния добавки – пигмента показали, что для получения цветных шлакобетонных отделочных изделий, подвергающихся в процессе эксплуатации попеременному замораживанию и оттаиванию, количество ОМП должно составлять не более 5 %. Для производственных составов количество его может увеличиваться до 6 % (в связи с потерями).

В лабораторных условиях был определен оптимальный состав декоративного шлакобетон (цемент : заполнитель = 1 : 3), который апробирован на производстве для изготовления отделочной плитки 400×400×20 мм и тротуарных изделий. Отделка плиткой цокольного этажа жилого коттеджа подтвердила долговечность и декоративность изделия из разработанного состава. Применение тротуарных плиток в дорожном строительстве показало эффективность их использования.

Библиографический список

1. Баталин Б.С. Основные свойства и пути использования отвального доменного шлака ЧМЗ / Б.С. Баталин, В.Г. Крафт, А.И. Пастухов, Н.Б. Курякова // Изв. вузов. Строительство. 2002. №4. С.47-50.
2. Гончаров Ю.И. Особенности фазовой и структурной неравновесности металлургических шлаков/ Ю.И. Гончаров, А.С. Иванов, М.Ю. Гончарова, Е.И. Евтушенко // Изв. вузов. Строительство. – 2002, №4 С.50-53.
3. Гончарова М.Ю. Строительные материалы гидратационного твердения из низкоосновных доменных шлаков: Автореф. дис. канд. техн. наук / М.Ю. Гончарова; Белгород. гос. технолог. акад. строит. материалов. Белгород, 2000. 16 с.
4. Патент №2232139 Декоративный шлаковый цемент. Российская Федерация, МПК⁷ С04В 7/14. Сибирский государственный индустриальный университет, ОАО «ФИННАРТ Сиб». - №2002135577; заявл. 26.12.02; опубл. 10.07.2004, Бюл. №19. – 5 с.
5. Панов С.А., Панова В.Ф. Декоративные строительные материалы из отбеленного и активированного шлака: Монография /

СибГИУ. – Новокузнецк, 2010. – 216 с.

6. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии: Монография / СибГИУ, - Новокузнецк, 2009, - 289 с.

7. Козлова В.К. Продукты гидратации кальциево-силикатных фаз цемента и смешанных вяжущих веществ / В.К. Козлова, Ю.А. Ильевский, Ю.В.Карпова. Барнаул: АлтГТУ, 2005. – 183 с.

8. Протодьяконов М.М. Методы рационального планирования эксперимента/ М.М. Протодьяконов, Р.Р. Тедер – М.: Наука, 1975. 440 с.

9. Рахимбаев Ш.В. Регулирование прочности межфазных контактных связей в искусственных конгломератах. // Проблемы материаловедения и совершенствование технологии производства строительных изделий. – Белгород: БТИСМ, 1980. С. 51-60.

10. Крылова А.В. Исследование порового пространства мелкозернистого бетона плотной и поризованной структуры / А.В. Крылова, Г.Ф. Ткаченко, Н.Г. Яценко // Строительное материаловедение – теория и практика. Сб. трудов. Всероссийской научно-практической конференции. – М.: Издательство СИП РИА, 2006. С. 218-220.

11. Кудяков А. И., Влияние зернового состава и вида наполнителя на свойства строительных растворов / А.И. Кудяков, Л.А.Аниканова // Строительные материалы. 2001, №11. С. 28

12. Кузьмина В. П. применение пигментов и цветных цементов в производстве сухих строительных смесей / В.П.Кузьмина // Строительные материалы, 2000. №5. С. 15.

13. Баженов П.И. Цветные цементы и их применение в строительстве / П.И. Баженов, Л.И. Холопова. – М.: Стройиздат, 1968. – 169 с.

ДРЕВЕСИНА КАК СЫРЬЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Руденко О.Л., ассистент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Лес в эволюции человека играет значительную роль с давних времен. Он является убежищем от невзгод, источником продуктов питания, топлива и сырья для строительства жилья. Древесины служат человечеству ни одно тысячелетие. В отличие от камня и глины, которые относятся к тяжелым технологиям в строительстве, древесина является легким строительным материалом, легко обрабатывается, поддается гнутью и склеиванию. Древесина относится к возобновляемым материалам, для производства которых используются солнечная энергия и питательные вещества почвы. За счет этого древесина относится к

экологически чистым материалам. [1]

Леса покрывают около 26 % суши земного шара. Это составляет примерно 6 млрд. га наиболее распространены леса в Северной Америке (16 %), Латинской Америке (34 %), в России и странах СНГ (23 %), в странах Азии (12 %). Из-за нерационального использования лесных ресурсов ежегодно исчезают около 6 млн. га лесов. Так, за последние 200 лет площадь лесов уменьшилось в 2 раза.

По запасам древесины лидирует страны Латинской Америки, где преобладают запасы лиственных пород, которые превышают 51 %. По запасам хвойных пород лидируют такие страны: Россия (52,8 %), США и Канада – 32 %. Сведения о запасах древесины представлены в табл. 1.

Таблица 1

Запасы древесины по регионам мира

Регионы	Запасы в млрд. м ³ в %		В том числе лиственных пород в млрд. м ³ в %		В том числе хвойных в млрд. м ³ в %	
	млрд. м ³	%	млрд. м ³	%	млрд. м ³	%
Латинская Америка	122,9	34	120,1	51	2,8	2
Страны СНГ	81,9	23	16,1	7	65,8	52
США и Канада	59	16	19,5	8	39,5	32
Зарубежная Азия	42,8	12	35,8	15	7	6
Африка	34,9	10	34,6	15	0,3	1
Европейские страны	13,4	4	5,2	2	8,2	6
Австралия и Океания	5	1	4,7	2	0,3	1
Мир в целом	359,9	100	236	100	123,9	100

Археологи отмечают, что еще на рубеже 10 тыс. лет до н.э. древесину использовали как строительный материал. В период земледелия первобытные люди переходили из кочевого в оседлый образ жизни, при котором возводились легкие строения из тонких стволов и веток деревьев, обмазанных глиной. Ледниковый период заставил первобытных людей искать новые убежища и сооружать строения из дерева и шкур. В эпоху ремесел древесина пользовалась наибольшей популярностью среди других материалов за счет доступности и легкости обработки.

По мере вырубки лесов доля деревянных строений уменьшалась в пользу каменных (Древний Рим и Греция) и с частичным использованием древесины – фахверковые строения (Германия, Голландия, Скандинавские страны).

Как строительный материал древесина обладает рядом положительных свойств: сравнительно высокой прочностью при небольшом объеме весе, достаточной упругостью и малой теплопроводностью. В благоприятных условиях эксплуатации деревянные постройки и строительные детали сохраняются очень долго, несколько сотен лет. Благодаря этим качествам и относительно

невысокой стоимости древесина различных пород широко применяется в строительстве [2-4].

В России древесина до XX в. являлась основным строительным материалом. Из нее строили дома, крепости, замки, мосты, церкви и храмы. В XX в. предпочтения стали отдавать каменным и бетонным строениям, как более долговечным и огнестойким. Но сначала XXI в. возрождается деревянное зодчество как в нашей стране, так и за рубежом. Наибольшее распространение деревянные дома получили в США, Канаде, Скандинавских странах, Японии. В нашей стране темпы строительства деревянных сооружений с каждым годом увеличиваются, но доля их не превышает 6 %.

Наибольшее распространение деревянные дома получили в индивидуальном жилищном строительстве. Деревянные постройки обладают быстротой возведения, меньшими расходами на создание фундамента, дешевле в изготовлении, транспортировке и монтаже строительных деталей. Уникальными являются природные свойства древесины, такие как низкая тепло- и звукопроводность, коррозионная стойкость к агрессивным средам, способность гасить вибрации, простота в обработке и формообразовании. Деревянные постройки легко можно изменить, перестроить, демонтировать или разобрать на отдельные детали [5].

Древесина создает специфический микроклимат в доме, обеспечивает оздоровление человека, поглощает вредные вещества, регулирует влажность в помещении.

Из древесины в строительстве сооружают бревенчатые и каркасные дома, бани, беседки, навесы, а также отдельные конструктивные элементы кровельных систем, перекрытий и полов. Из древесины также изготавливают столярно-строительные изделия, такие как окна, двери, напольные покрытия, элементы отделки стен и потолков.

Совокупность сведений о свойствах и потребительских качествах древесины дает возможность подобрать оптимальный состав пород древесных пород для изготовления строительных конструкций и материалов с заданными свойствами для конкретных условий эксплуатации и рационального использования сырья. Для строительства деревянных зданий, инженерных сооружений и конструкций применяют в большинстве случаев хвойные породы древесины.

Для производства материалов в строительстве в основном используют хвойные породы древесины. Хвойные породы обладают стойкостью к гниению, достаточной прочностью, легко обрабатываются механическим способом. Естественная смолистость обеспечивает антибактериальные свойства. Достаточно большие запасы делают ее актуальной при деревянном домостроении, производстве строительных конструкций и их элементов, мостов и прогонов, а также бассейнов,

животноводческих помещений, хранилищ удобрений и ядохимикатов и др. построек.

Сосновая древесина имеет достаточную степень смолистости, влагостойкая, не сильно подвержена гниению, обладает высокой воздухопроницаемостью и имеет идеальными показателями шумопоглощения, хорошо склеивается, но очень плохо гнется. Применяется как основной строительный материал для стен как в целом виде, так и в качестве клееных конструкций. Из-за разных расцветок заболони и ядровой древесины древесину сосны не используют на лицевых поверхностях изделий.

Древесина ели имеет однотонный белый цвет, легко колеруется и отделяется прозрачными и цветными лаками и красками. Древесина мягкая, легко обрабатывается механически, обладает хорошей адгезией, что делает ее привлекательной для отделки лицевых поверхностей стенового бруса, деревянных конструкций. Основным недостатком еловой древесины является ее низкая стойкость к гниению. Поэтому ее необходимо использовать в сухих и хорошо проветриваемых условиях эксплуатации. Основным спектром использования древесины ели – строительство деревянных домов и производство пиломатериалов.

Древесина кедра очень мягкая, легко обрабатывается. Смолистые ароматические вещества делают ее привлекательной для внутренней отделки помещений, бань, саун. Выделяемые вещества препятствуют образованию гнили и плесени. Благодаря своей пластичности кедровая древесина отлично поддается обработке, что дает возможность воплощать самые смелые дизайнерские задумки в плане деревянного домостроения. Обычно кедр используют как материал для эффективной отделки при создании элитных интерьеров или в качестве декоративных элементов мебели. Несмотря на идеальные тепло- и звукоизоляционные параметры кедровой древесины, применять ее в строительной области не всегда целесообразно, учитывая существенную дороговизну материала и низкие прочностные свойства.

Древесина лиственницы не впитывает влагу, ей не страшны атаки насекомых и плесневых грибов, она не загнивает и обладает очень высокой огнестойкостью. Древесину лиственницы применяют для условий с повышенной влажностью и непосредственной в воде. В строительстве деревянных домов нижние венцы укладывают из лиственницы. Из лиственницы строят мосты, забивают деревянные сваи, облицовывают берега и набережные рек и водоемов, изготавливают террасную доску. Полы, капитальные несущие стены, мебель из древесины лиственницы или отделки каких-либо изделий лиственничным шпоном безукоризненно служат десятилетиями, не теряя изначальной формы и своей первозданной привлекательности. Мелкие сучки придают отделочным материалам красивый орнамент, называемый

«птичий глаз».

Пихтовая древесина очень мягкая и легкая, имеет белый однотонный цвет, без проблем поддается механической обработке, пропитывается морилками, окрашивается красками и лаками. Древесина используется для изготовления отделочных материалов и конструкций, работающих в сухих условиях, хорошо проветриваемых помещениях. Пихтовую древесину используют в производстве стропильных конструкций, внутренней обшивки стен или для создания надежных перегородок в помещении. Пихтовая древесина гармонично раскрывает свою красоту и изящество в декоративных элементах мебели или в ажурных нюансах деревянного зодчества.

Дубовая древесина является отличным материалом для производства паркета, мощения лестниц или изготовления надежных перил. Массив дуба или шпон из этой древесины незаменим для отделки стеновых панелей. Высокая прочность, стойкость к гниению делают древесину дуба незаменимой для изготовления ответственных конструкций, работающих в условиях переменной влажности, например, наружные двери, оконные блоки и т.п. Мореная древесина дуба очень стойкая к гниению и используется для работы в воде или постоянной влажности. Основным сдерживающим фактором древесины дуба является малые запасы и высокая стоимость.

Бук используют в производстве паркета и паркетной доски, лестничных конструкций, изготовления гнутых и гнутоклееных изделий.

Древесина ясеня очень твердая и прочная. Используется в производстве паркета и паркетной доски, отделки стеновых панелей и т.п. Древесина легко окрашивается морилками, что позволяет имитировать ее под иностранные древесные породы [5-7].

Основным сдерживающим фактором применения древесины в строительстве являются ее анизотропные свойства в зависимости от направления волокон и участков с пороками, изменение свойств в зависимости от влажности древесины, поражения грибами и насекомыми, подверженность горению.

Современные технологии и материалы позволяют устранить эти недостатки. В производстве современных конструкций применяют древесину камерной сушки, что не требует длительного ожидания естественного высыхания в срубах. Удаления участков с пороками в виде сучков и трещин, позволяет выровнять прочностные характеристики по длине материалов, а продольное сращивание заготовок на микрошип – изготавливать конструкции не ограниченной длины, а склеивания по ширине и толщине – изготавливать конструкции разного сечения [8].

Таким образом, можно сделать вывод, что основными породами для производства деревянных конструкций является лиственница и сосна. Древесина ели применяется как лицевых слоев клееных конструкций.

Древесина лиственных пород применяется в клееных конструкциях редко, т.к. запасы ее значительно меньше хвойных.

Библиографический список

1. Леса России. Электронный ресурс. Точка доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D1%81%D0%B0_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8 (дата обращения 28.02.2021)
2. Ovsyannikov S.I., Suska A.A., Shevchenko S.A. Formation of thermal-insulating building envelopes of dome constructions for the far north regions // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 022006. doi:10.1088/1757-899X/698/2/022006
3. Ovsyannikov S.I., Rudenko O.L., Suska A.A., Levkin D.A. STRENGTHENING OF THE ADHESIVE JOINT IN THE PRODUCTION OF GLUED BEAMS // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Т. 147. С. 222-228. DOI:10.1007/978-3-030-68984-1_33
4. S. I. Ovsyannikov, A. A. Suska, V. M. Kashyna Features of expertise in wooden housing construction // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Т. 95. С. 198-205., DOI:10.1007/978-3-030-54652-6_30
5. Овсянников С.И. Деревянное домостроение за рубежом и в России // Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): Сборник докладов международной научно-практической конференции. Белгород, 2017. С. 309-315.
6. Кучеров И. Б., Зверев А. А. Лиственничные леса севера Европейской России. II. Средне- и северотаежные леса // Вестник Томского государственного университета. – 2011.
7. Лесной сектор экономики России сегодня и завтра // ЛесПромИнформ. – 2013. – № 2 (92).
8. Вайда О. В., Бойко А. А. Состояние и тенденции развития деревообрабатывающей промышленности // Менеджмент социальных и экономических систем. – 2016.
9. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов / Е. К. Ашкенази. - М.: Лесная промышленность, – 1978. – 224 с.
10. Гринь И.М., Джан-Темиров К.Е., Гринь В.И. Строительные конструкции из дерева и синтетических материалов. Проектирование и расчет: Учеб. пособ. -Киев: Издательское объединение «Вища школа», 1990.- 221 с.

СПОСОБНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ОТСЕВА МАРГАНЦЕВОЙ РУДЫ В КАЧЕСТВЕ КРАСЯЩЕГО КОМПОНЕНТА КЕРАМИЧЕСКИХ ШИХТ

Столбошкин А.Ю., д-р техн. наук, доц.,
Спиридонова И.В., канд. техн. наук, доц.,
Новикова К.Ю., студент

*Сибирский государственный индустриальный
университет, г. Новокузнецк, Россия*

Фомина О.А., канд. техн. наук

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук, г. Москва, Россия*

В настоящее время окрашивание керамических материалов остается актуальной темой в сфере дизайна, искусства, промышленности и др. В технологии строительной керамики одним из наиболее распространенных способов остается объемное окрашивание черепка с использованием кристаллических модификаторов цвета [1]. К сожалению, этот способ часто не обеспечивает выразительную окраску кирпича, при этом в технологии применяются в основном дорогие и дефицитные пигменты [2].

Характерными минеральными красителями среди них являются оксиды, гидроксиды и соли тяжелых металлов, таких как железо, хром, марганец и др. [3]. Перспективным, по мнению авторов, может быть замена рафинированных пигментов на альтернативные нетрадиционные сырьевые материалы – техногенные продукты, содержащие отмеченные выше оксидов металлов-хромофоров [4].

Актуальность использования техногенного сырья в ресурсоемкой отрасли производства строительной керамики обусловлена так же сокращением запасов природных ископаемых и интенсивным накоплением минеральных промышленных отходов [5].

В качестве объекта исследования были использованы отсева марганцевой руды (Деревня Ниязгулово, Ташбулатовский сельсовет, Абзелиловский район, Республика Башкортостан).

Согласно результатам химического состава этих отходов класса 0-5 мм содержание оксида марганца составляет порядка 10 % по массе (табл. 1). На основании ранее проведенных исследований можно утверждать, что такое количество красящего компонента в марганецсодержащих отходах является недостаточным для получения выраженного красящего эффекта при обжиге керамики и должно составлять не менее 30-40 % [6]. Однако массовая доля железа в высевах превышает 15 % и в окисной форме является красящим оксидом. С учетом суммарного содержания $MnO+Fe_2O_3$ (более 25 %) использование данных отходов в качестве одного из компонентов окрашивающей добавки может быть весьма перспективным.

Таблица 1

**Результаты селективного химического
анализа отсева марганцевой руды класса 0-5 мм**

Массовая доля марганца, %	Массовая доля железа, %	Массовая доля оксида кремния (IV), %	Массовая доля серы общей, %	Массовая доля фосфора, %	Массовая доля оксида алюминия, %
10,26	16,61	41,30	<0,10	0,030	8,92

Для наилучшего красящего действия очень важно обеспечить равномерное распределение добавки в общей массе керамической шихты. Положительным решением этой задачи является тонкое диспергирование материала в порошок с развитой удельной поверхностью (механическая активация).

Вероятно, что механическая активация марганецсодержащих отходов позволит улучшить объемное покрытие глиняных зерен отдельными частицами хромофора в общей массе материала и тем самым снизить неоднородность в распределении красящего компонента. А также увеличить поверхностную активность частиц марганцевого хромофора и тем самым повысить эффективность красящего действия добавки.

Поэтому в настоящей работе проводились исследования по измельчению марганецсодержащих отходов с использованием различного дробильно-помольного оборудования.

На первом этапе отходы измельчались в двухкатковых лабораторных бегунах. Для определения оптимальной продолжительности помола измельчение материала навеской 1-1,5 кг осуществлялось ступенчато в течении 30, 60, 120 и 180 мин. На каждой стадии помола проводился рассев порошка с использованием стандартного набора сит (по ГОСТ Р 51568-99 «Сита лабораторные из металлической проволочной сетки. Технические условия»). Гранулометрический состав отсева марганцевой руды представлен в табл. 2.

Таблица 2

**Гранулометрический состав отсева марганцевой руды класса
0-5 мм после измельчения в лабораторных двухкатковых бегунах**

№ сит, мм	Исходный	30 мин	60 мин	120 мин	180 мин
>5	1,9%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
5-2,5	31,3%	12,1%	5,4%	5%	4,9%
2,5-1,25	17,9%	9,6%	7,5%	7,3%	7,1%
1,25-0,63	20,2%	17,6%	16,5%	16,1%	16%
0,63-0,314	17,4%	19,1%	19,1%	18,8%	18,6%
0,314-0,14	8,2%	26,5%	32,2%	33,2%	33,6%
<0,14	3,1%	14,6%	18,9%	19,1%	19,3%
Сумма	100%	100%	100,1%	100%	100%

Исходная гранулометрия отсева марганцевой руды по данным ситового анализа (табл. 2) в основном представлена частицами размером от 0,5 до 5 мм (порядка 70-80 % по массе).

На втором этапе отходы измельчались в стержневой мельнице с продолжительностью помола в течении 30, 60 и 120 минут. Аналогично первому этапу определялся гранулометрический состав отсева марганцевой руды, представленный в табл. 3.

Таблица 3

Гранулометрический состав отсева марганцевой руды класса 0-5 мм после измельчения в стержневой мельнице

№ сит, мм	Исходный	30 мин	60 мин	120 мин
>5	1,5%	0,9%	0,9%	0,8%
5-2,5	24,5%	3,1%	3%	2,8%
2,5-1,25	17,2%	1,4%	1,4%	1,2%
1,25-0,63	24,7%	2,2%	2,1%	2%
0,63-0,314	9,6%	11,8%	11,6%	11,4%
0,314-0,14	18,9%	38,5%	38,3%	38,3%
<0,14	3,5%	42,2%	42,7%	43,5%
Сумма	100%	100,1%	100%	100%

Внешний вид отсева марганцевой руды фракции 0-5 мм до и после помола в лабораторных двухкатковых бегунах и стержневой мельнице представлен на рис. 1.

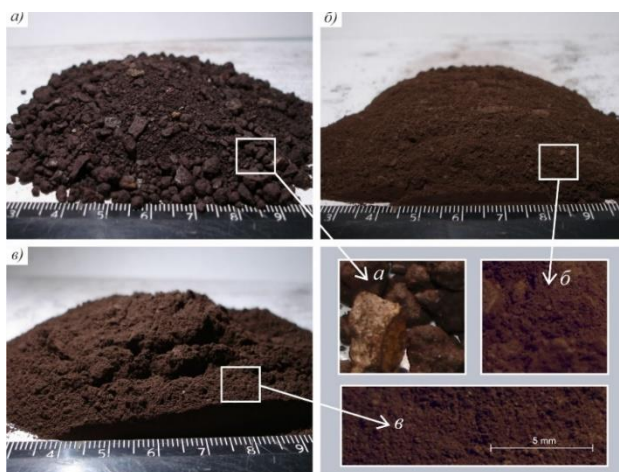


Рис. 1. Внешний вид отсева марганцевой руды фракции 0-5 мм в исходном состоянии (а), после помола в лабораторных двухкатковых бегунах (б) и стержневой мельнице (в)

Зависимость изменения фракционного состава отсева марганцевой руды от продолжительности помола с использованием лабораторного дробильно-помольного оборудования приведена на рис. 2, 3.

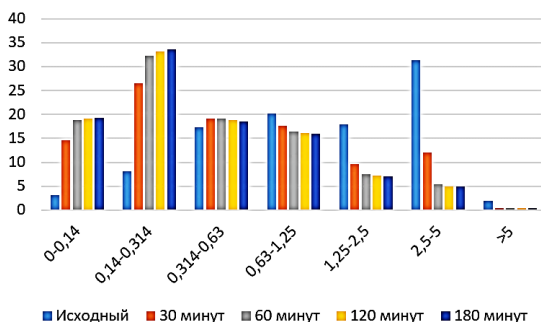


Рис. 2. Зависимость изменения фракционного состава отсева марганцевой руды от продолжительности помола в лабораторных двухкатковых бегунах

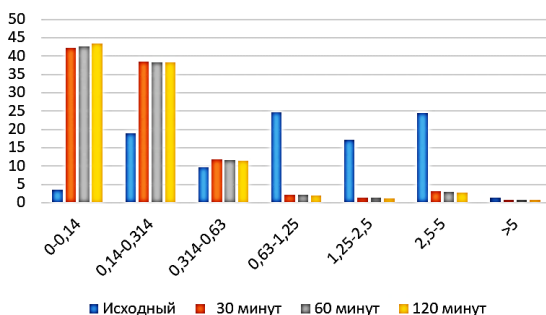


Рис. 3. Зависимость изменения фракционного состава отсева марганцевой руды от продолжительности помола в мельнице стержневого типа

Анализ зависимости изменения фракционного состава отсева марганцевой руды от продолжительности помола показал (рис. 2), что наибольший эффект измельчения материала в бегунах проявляется в первые 30-60 мин и дальнейшее увеличение времени помола не целесообразно. При этом максимальное раздавливающее действия катков оказывается на крупные фракции более 1,25 мм.

При использовании стержневой мельницы (рис. 3) эффективное измельчение материала достигается менее чем за 30 мин.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что наиболее эффективный помол отсева марганцевой руды класса 0-5 мм достигается в стержневой мельнице в течение 15-20 мин, при этом обеспечивается преимущественный фракционный состав порошка (80-90 %) с размером частиц менее 0,2-0,3 мм.

Библиографический список

1. Король С.П., Гончаров В.С. Разработка технологии керамического кирпича объемного окрашивания // Строительные материалы. 1994. № 2. С. 12–14.
2. Galindo R., Gargori C., Fas N., Llusar M., Monrós G. New chromium doped powellite (Cr–CaMoO₄) yellow ceramic pigment // Ceramics International. 2015. Vol. 41. Iss. 5. Part A. pp. 6364–6372. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.01.071>
3. Масленникова Г.Н., Пищ И.В. Керамические пигменты. М.: Стройматериалы. 2009. 224 с.
4. Chen Z., Du Y., Li Z., Sun D., Zhu C. Synthesis of black pigments containing chromium from leather sludge // Ceramics International. 2015. Vol. 41. Iss. 8. pp. 9455–9460. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.04.001>
5. Ведомости. Устойчивое развитие. Охрана природы. Ожидается, что к 2050 году объем отходов в мире вырастет до 3,4 млрд тонн // URL: https://www.vedomosti.ru/esg/protection_nature/columns/2023/03/16/966770-ozhidaetsya-chto-2050-godu-obem-othodov-mire-virastet-do-34-mlrd-tonn (дата обращения 27.03.2024).
6. Столбоушкин А.Ю., Акст Д.В., Фомина О.А. Разработка модели формирования цвета и распределения красящего компонента при обжиге керамики каркасно-окрашенной структуры // Строительные материалы. 2020. № 8. С. 38–46.

ПОСЛЕСВЕЧЕНИЕ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМ ПИГМЕНТОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ОСВЕЩЕНИЯ

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Лукутцова Н.П., канд. техн. наук, доц.,

Кравченко Д.Э., аспирант

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск, Россия

Растущее потребление энергии требует более эффективного ее использования, что позволит экономить ресурсы и снизить выбросы углерода, способствуя тем самым созданию экологически чистой среды, в связи с чем исследования в области люминесцентных материалов является актуальным во всем мире.

Алюминатные люминесцентные пигменты, относящиеся к фотолюминесцентным пигментам (ФЛП), могут накапливать энергию от

солнечного или искусственного света и излучать ее в виде света в течение значительного времени. Кроме того, они отличаются высокой интенсивностью послесвечения, а также они нерадиоактивны, нетоксичны и являются экологичными материалами. [1-7].

На яркость послесвечения фотолюминесцентных пигментов в бетоне влияют мощность источника света и цветовая температура. Анализ зарубежных и отечественных исследований не позволил выявить единую методику измерения послесвечения пигментов в бетоне. Во время исследований обычно применяют УФ-лампы, ксеноновые лампы и лампы D65. Эти источники света позволяют контролировать спектр излучения в ультрафиолетовом диапазоне, который соответствует пику кривой возбуждения фотолюминесцентного пигмента [7-14].

Методом зарядки различными источниками освещения можно изучить время активации фотолюминесцентных пигментов в бетоне, их зависимость от источника света и времени зарядки, а также исследовать фазу интенсивного послесвечения и ее продолжительность.

В работе исследованы яркость и время послесвечения образцов на основе белого портландцемента с фотолюминесцентным пигментом при заряде двумя разными источниками освещения в камере оценки света BGD 276: ультрафиолетовой лампой (УФ-лампой) (рис. 1) и осветителем D65 (рис. 2).

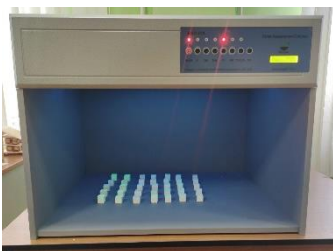


Рис. 1. Заряд образцов с ФЛП
УФ-лампой



Рис. 2. Заряд образцов лампой D65

D65 – это основные осветители, имитирующие европейское среднее дневное освещение. Оно включает в себя как прямой солнечный свет, так и свет, рассеянный чистым небом. Осветитель D65, предназначенный для воспроизведения среднего дневного света, имеет цветовую температуру 6500 К.

Также для исследований применяется источник ультрафиолетового света. Длина волны УФ-лампы – 365 нм.

Все образцы были в темноте за 24 часа до начала заряда, затем образцы подвергались воздействию УФ-лампы и лампы D65 в течение 60 мин. Во

время испытаний в помещении поддерживалась определенная температура ($T = 21 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$). Все измерения на каждом этапе проводились в одном и постоянном температурном режиме.

Результаты начальной яркости и времени послесвечения при воздействии источника D65 показали, что наибольшая начальная яркость достигается в первые 10 мин послесвечения и составляет $0,35 \text{ кд/м}^2$, спустя 120 мин яркость свечения составила $0,02 \text{ кд/м}^2$ с последующим затуханием до 240 мин (рис. 3).

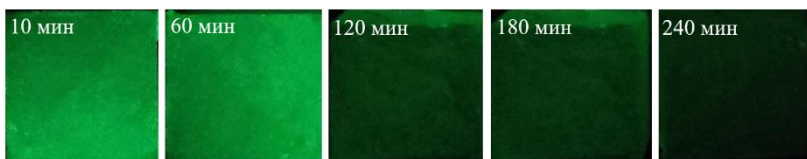


Рис. 3. Затухание яркости послесвечения при заряде образцов источником D65

При заряде УФ-лампой экспериментальные исследования установили эффективные результаты свечения образцов: наибольшая начальная яркость составила $0,47 \text{ кд/м}^2$ в первые 10 мин, спустя 120 мин – $0,1 \text{ кд/м}^2$. Время послесвечения составило также 240 мин (рис. 4).



Рис. 4. Затухание яркости послесвечения при заряде образцов УФ-лампой

Таким образом, фотолюминесцентный пигмент рекомендуется заряжать от света ультрафиолетовых ламп, солнечного света, который также содержит ультрафиолетовые лучи. Естественный свет состоит из широкого спектра волн, и чем он ярче, тем быстрее происходит возбуждение фотолюминесцентных пигментов (ФЛП) в соответствующих средах. ФЛП также способны поглощать энергию от искусственных источников освещения, таких как автомобильные фары, уличные фонари и лампы в туннелях. Диапазон волн этих источников охватывает значения от 360 нм до 780 нм, включая весь видимый спектр, а также часть ультрафиолетового и инфракрасного излучения.

Библиографический список

1. Сулейманова Л.А., Лукутцова Н.П., Кравченко Д.Э., Корякина А.А. Современное состояние производства и применения светящихся бетонов в строительстве // Университетская наука. 2023. № 2 (16). С. 62-64.
2. Патент № 2776797 С1 Российская Федерация, МПК В28В 11/24,

B28B 11/08, B28B 1/087. способ изготовления изделий из декоративного бетона: № 2021116091: заявл. 03.06.2021: опубл. 26.07.2022 / Л.А. Сулейманова, М.В. Малокова, И.С. Рябчевский, А.А. Корякина; заявитель ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»

3. Патент № 2715494 С1 Российская Федерация, МПК B28B 11/24, B28B 11/08, B28B 1/087. Способ изготовления изделий из декоративного бетона с фотолюминесцентным пигментом: № 2019132453: заявл. 14.10.2019: опубл. 28.02.2020 / Л.А. Сулейманова, М.В. Малокова, А.А. Корякина; заявитель ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова».

4. Сулейманова Л.А., Малокова М.В., Погорелова И.А., Корякина А.А. Формирование пространственной среды с учетом колористики // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 62-66.

5. Сулейманова Л.А., Малокова М.В., Корякина А.А. Исследование фотолюминесцентного пигмента для применения в светящемся архитектурно-декоративном бетоне // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 6. С. 8-18.

6. Сулейманова Л.А., Лукутцова Н.П., Кравченко Д.Э. Послесвечение бетона с люминесцентным компонентом // В сб.: Научно-технические технологии и инновации (XXV научные чтения). Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгород, 2023. С. 205-208.

7. Сулейманова Л.А., Корякина А.А. Бетон с фотолюминесцентными свойствами. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. 162 с.

8. Сулейманова Л.А., Корякина А.А., Левшина Д.Э. Послесвечение элементов мощения на основе бетона с фотолюминесцентным пигментом // В сб.: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Белгород, 2023. С. 225-229.

9. Корякина А.А., Сулейманова Л.А., Малокова М.В. Способы введения фотолюминесцентного пигмента в изделия из архитектурно-декоративного бетона // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов V Международной научно-практической конференции. Белгород, 2021. С. 170-175.

10. Корякина А.А. Бетон с фотолюминесцентными свойствами для малых архитектурных форм: специальность 2.1.5. «Строительные материалы и изделия»: дисс. ... канд. техн. наук / Корякина Алина Александровна. Белгород, 2002. 189 с.

11. Сулейманова Л.А., Малокова М.В., Рябчевский И.С., Корякина А.А., Левшина Д.Э. Светящиеся декоративные бетоны с использованием отходов камнедробления горных пород // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 8-16.

12. Сулейманова Л.А., Малокова М.В., Корякина А.А. Светящиеся декоративные бетоны с использованием отходов камнедробления горных пород // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. С. 115.

13. Сулейманова Л.А., Малокова М.В., Корякина А.А. К вопросу о разработке единой методики по оценке декоративности бетона // В сборнике: Инновации в строительстве. Материалы международной научно-практической конференции (к 90-летию БГИТУ). 2019. С. 120-125.

14. Сулейманова Л.А., Малокова М.В., Корякина А.А. Декоративные бетоны в архитектурной геонике // В сборнике: Природоподобные технологии строительных композитов для защиты среды обитания человека. II Международный онлайн-конгресс, посвященный 30-летию кафедры Строительного материаловедения, изделий и конструкций. Белгород, 2019. С. 57-61.

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,
Рябчевский И.С., аспирант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

В современном строительстве одним из востребованных материалов являются ячеистые бетоны, обладающие уникальными свойствами, такими как низкая плотность, высокая теплоизоляция и прочность. Однако для эффективного проектирования и использования ячеистых бетонов необходимо иметь более детальное представление о их пористой структуре. Поры и каналы внутри бетонной матрицы играют ключевую роль в определении физических и механических характеристик материала, таких как прочность, тепло- и звукоизоляция [1-4].

Управление процессом создания пористой структуры ячеистых бетонов не только способствует разработке более эффективных строительных материалов, но также позволяет оптимизировать процессы производства и улучшить экологические характеристики бетонных конструкций.

Традиционные методы исследования пористой структуры, такие как ртутная порометрия и адсорбционные методы, хотя и предоставляют необходимую информацию, но не позволяют визуализировать пространственное распределение пор, их форму и взаимосвязанность, что является критически важным для понимания процессов, происходящих в материале [5].

В этом контексте метод анализа изображений, основанный на

обработке и количественной оценке цифровых изображений, представляет собой более качественный и, в целом, упрощенный инструмент для исследования пористой структуры ячеистых бетонов. Данный метод позволяет получать детальную информацию о размерах, форме, распределении и взаимосвязанности пор, что имеет решающее значение для оптимизации характеристик ячеистого бетона и получения пористых композитов с заданными свойствами.

Для оценки пористой структуры ячеистых бетонов используются различные типы изображений (рис.).

Оптические изображения, такие как фотографии и видео, являются одним из наиболее распространенных и доступных типов изображений для визуального анализа пористой структуры бетона [6, 7].



Рис. Типы изображений и способы их получения

Изображения могут быть получены с помощью различных видов камер, включая:

- камеры с высоким разрешением, такие как цифровые зеркальные фотокамеры или специализированные промышленные камеры, использование которых позволяет получать детализированные изображения с высоким разрешением, что облегчает идентификацию и анализ мелких пор и структурных особенностей;

- оптические микроскопы, такие как стереомикроскопы, металлографические микроскопы и конфокальные микроскопы, используются для получения изображений пористой структуры бетона с высоким увеличением и разрешением. Они позволяют визуализировать мельчайшие детали, недоступные для обычных камер;

- специальные камеры для визуализации бетона, разработанные специально для визуализации и анализа бетонных конструкций, оснащенные различными функциями, такими как ультрафиолетовая или инфракрасная подсветка, для выявления скрытых дефектов и

особенностей структуры.

Также необходимо учитывать формат получаемых изображений. Например, формат .RAW для изображений представляет собой формат файла, который сохраняет данные с датчика изображения цифровой камеры без какой-либо обработки или сжатия, таким образом данные .RAW содержат всю информацию, зафиксированную датчиком, включая необработанные данные о цвете и яркости. За счет этого файлы RAW содержат больше информации о каждом пикселе, что дает больше возможностей для редактирования и коррекции изображения в постобработке. Также формат .RAW часто сохраняет больший динамический диапазон (разница между самым светлым и самым темным участком изображения), что позволяет сохранить больше деталей в тенях и высветить области, которые могли бы быть потеряны в .JPEG.

Рентгеновские изображения, такие как рентгеновские снимки, являются мощным инструментом для визуального анализа пористой структуры бетона. Они позволяют визуализировать внутреннюю структуру материала, включая поры, трещины и другие характеристики, которые могут быть невидимыми на оптических изображениях [8-10]. Рентгеновские изображения могут быть получены с помощью следующих методов:

- рентгеновская радиография основана на регистрации рентгеновского излучения, прошедшего через образец. Различия в плотности материала приводят к различиям в поглощении рентгеновских лучей, что позволяет визуализировать внутреннюю структуру;

- рентгеновская компьютерная томография представляет собой неразрушающий метод, который использует серию рентгеновских снимков, полученных под различными углами, для создания трехмерного изображения внутренней структуры образца. Этот метод позволяет получать детальную информацию о распределении пор и их взаимосвязанности [11];

- микрофокусная рентгеновская томография использует рентгеновский источник с очень маленьким фокусным пятном, что позволяет получать изображения с высоким разрешением и детализацией. Он особенно полезен для анализа мелких пор и структурных особенностей [12].

Контрастные изображения представляют собой специальные типы изображений, которые помогают выделить и визуализировать конкретные области интереса, такие как поры, пустоты и другие характеристики структуры бетона [13, 14]. Они могут быть получены с помощью различных методов, включая:

- Контрастирование с использованием красителей или проникающих жидкостей, при котором образец бетона обрабатывается специальными красителями или проникающими жидкостями, которые избирательно окрашивают или заполняют поры и пустоты. Это позволяет резко выделить пористую структуру на изображениях;

– контрастирование с использованием флуоресцентных красителей может быть использовано для окрашивания пор и пустот, что позволяет получать контрастные изображения при возбуждении специальным излучением (например, ультрафиолетовым);

– контрастирование с использованием рентгеноконтрастных агентов основано на применении рентгеноконтрастных агентов, которые избирательно заполняют поры и пустоты, создавая контраст на изображениях;

– обработка изображений с использованием специальных алгоритмов основана на применении различных алгоритмов обработки изображений, которые могут быть использованы для повышения контраста и выделения областей интереса, таких как поры и пустоты.

Преимущества контрастных изображений заключаются в их способности четко визуализировать пористую структуру, что облегчает ее анализ и количественную оценку. Однако некоторые методы контрастирования могут быть инвазивными и потенциально повлиять на структуру образца.

Спектральные изображения представляют собой изображения, полученные с использованием различных диапазонов электромагнитного спектра, таких как ультрафиолетовый, видимый и инфракрасный. Они могут быть использованы для визуального анализа пористой структуры бетона, поскольку различные компоненты материала могут иметь различные спектральные характеристики [15]. Спектральные изображения могут быть получены с помощью следующих методов:

– гиперспектральная визуализация использует специальные камеры или сканеры, которые регистрируют изображения в большом количестве узких спектральных диапазонов. Полученные данные могут быть проанализированы для выявления спектральных особенностей, связанных с пористой структурой;

– мультиспектральная визуализация использует камеры или сенсоры, чувствительные к нескольким широким спектральным диапазонам (например, видимому, ближнему инфракрасному и коротковолновому инфракрасному). Анализ изображений в различных диапазонах может помочь выявить особенности пористой структуры;

– флуоресцентная визуализация основана на регистрации флуоресцентного излучения, возбуждаемого в образце при облучении ультрафиолетовым или видимым светом. Флуоресцентные свойства могут быть связаны с пористой структурой и использоваться для ее визуализации.

Важно отметить, что для получения наиболее полной информации о пористой структуре ячеистых бетонов часто используется комбинация различных типов изображений, поскольку каждый тип имеет свои преимущества и ограничения. Выбор конкретного типа изображений зависит от целей исследования, доступного оборудования и ресурсов.

Основные методы анализа изображений представлены в табл.

Основные методы анализа изображений

Метод	Особенности	Разновидности
Распознавание объектов	Распознавание объектов требует обработки больших объемов данных и использования мощных алгоритмов машинного обучения, таких как сверточные нейронные сети (CNN), для выявления уникальных характеристик объектов на изображениях.	Одноэтапные методы (YOLO, SSD): Эти методы выполняют распознавание и локализацию объектов в одну стадию, что обеспечивает высокую скорость обработки.
		Двухэтапные методы (R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN): Эти методы разделяют задачу на две стадии: сначала выделяются регионы, потенциально содержащие объекты, а затем выполняется их классификация.
Сегментация изображений	Сегментация может быть полуавтоматической или полностью автоматической. Она широко используется в медицинской визуализации, обработке сигналов и других областях для выделения и анализа конкретных областей изображения.	Сегментация на основе порогового значения: Пиксели изображения разделяются на сегменты на основе их интенсивности или цвета относительно заданного порогового значения.
		Сегментация на основе регионов: Изображение разделяется на регионы на основе сходства пикселей по определенным критериям, таким как цвет, текстура или интенсивность.
		Сегментация на основе границ: Выделение границ объектов на изображении с последующим объединением пикселей внутри этих границ в сегменты.
		Семантическая сегментация: Каждому пикселю изображения присваивается метка, соответствующая определенному классу объектов, что позволяет выделить и проанализировать различные семантические объекты на изображении.
Классификация изображений	Классификация часто использует методы машинного обучения и глубокого обучения для обучения моделей на больших наборах данных с целью распознавания различных классов объектов или сцен на изображениях.	CNN: Эти глубокие нейронные сети, состоящие из сверточных, пулинговых и полносвязных слоев, широко используются для классификации изображений благодаря их способности извлекать сложные признаки и обобщать данные.
		Метод опорных векторов (SVM): Этот метод строит гиперплоскость, максимально разделяющую классы в пространстве признаков, и может быть использован для классификации изображений.
		Метод k-ближайших соседей (k-NN): Этот метод классифицирует изображения на основе сходства их признаков с признаками изображений из обучающего набора данных.
Детекция объектов	Детекция объектов сочетает в себе задачи распознавания объектов и определения их местоположения на изображении. Это более сложная задача по сравнению с простой классификацией, поскольку требует точного определения границ объектов.	Методы на основе глубокого обучения (R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, YOLO, SSD): Эти методы используют сверточные нейронные сети для выделения регионов, потенциально содержащих объекты, и их последующей классификации.
		Методы на основе традиционных признаков (HOG, SIFT, SURF): Эти методы извлекают признаки из изображений, такие как гистограммы ориентированных градиентов (HOG) или локальные дескрипторы (SIFT, SURF), и используют их для обнаружения и классификации объектов.

Таким образом, использование методов анализа изображений в исследованиях пористой структуры ячеистых бетонов позволяет не только качественно оценить их характеристики, но и проводить более глубокие исследования влияния различных факторов на пористую структуру и свойства бетонов. Такие исследования имеют важное практическое значение для разработки более эффективных методов производства и использования бетонов с оптимальными физико-механическими характеристиками.

Важно отметить, что для получения наиболее полной информации о пористой структуре ячеистых бетонов часто используется комбинация различных типов изображений, поскольку каждый тип имеет свои преимущества и ограничения. Выбор конкретного типа изображений зависит от целей исследования, доступного оборудования и ресурсов.

Библиографический список

1. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Кондрашев К.Р., Сулейманов К.А., Пириев Ю.С. Энергосберегающие газобетоны на композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 4. С. 73-83.

2. Сулейманова Л.А. Управление процессом формирования пористой структуры ячеистых бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 69-76.

3. Сулейманова Л.А., Коломацкий А.С., Погорелова И.А., Марушко М.В. Повышение эффективности производства и применения ячеистых бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 11. С. 34-42.

4. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кара К.А. Энергоэффективный газобетон // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительной-технологической утилизации техногенных отходов. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 218-220.

5. Вылегжанин В.П., Пинскер В.А., Петрова Т.М. Микропористость ячеистого бетона и ее влияние на теплопроводность // Строительные материалы. 2021. № 8. С. 67–71.

6. Осипов С.П., Прищепа И.А., Кудяков А.И. Компьютерная томография пенобетона // Системы. Методы. Технологии. 2018. № 2(38). С. 146-152.

7. Kravcov A., Svoboda P., Konvalinka A., Cherepetskaya E., Karabutov A., Morozov D., Shibaev I. Laser-Ultrasonic Testing of the Structure and Properties of Concrete and Carbon Fiber-Reinforced Plastics // Key Engineering Materials. 2016. No 722. P. 267-272.

8. Kim B., Kim J. Characterization of ultrasonic properties of concrete // Mechanics Research Communications. 2009. No 36. P. 207-214.

9. Бойчук А.С., Чертищев В.Ю., Диков И.А., Генералов А.С. Оценка возможности определения пористости в углепластике ультразвуковым

теневым методом // Труды ВИАМ. 2017. №7 (55). С. 102-109.

10. Cherepetskaya E.B., Zalevskii Ia.O. Study of porosity of sedimentary rock samples by nuclear magnetic resonance and laser- ultrasound diagnostics // MIAB. Mining Inf. Anal. Bull. 2023. No (8). P. 63-71.

11. Sokhansfat G., Moradian M., Finnell M., Behravan A., Ley M., Lucero C., Weiss W. Using X-ray Computed Tomography to Investigate Mortar Subjected to Freeze-Thaw Cycles. Cement and Concrete Composites. 2020. No 108. P. 103520.

12. Lange D.A., Jennings H.M., Shah S.P. Image analysis techniques for characterization of pore structure of cement-based materials // Cement and Concrete Research. 1994. No 24(5). P. 841–853.

13. Speranzini E., Marsili R., Moretti M., Rossi G. Image Analysis Technique for Material Behavior Evaluation in Civil Structures // Materials. 2017. Vol. 10. P. 1.

14. Бедарев А.А. Возможности компьютерного анализа макроструктуры ячеистого бетона и его практическая реализация // Научно-технический вестник Поволжья. 2010. № 2. С. 39-44.

15. Wang Z., Guo Y., Zhang P. A rapid quantitation of cell attachment and spreading based on digital image analysis: Application for cell affinity and compatibility assessment of synthetic polymers // Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 128. P. 112267.

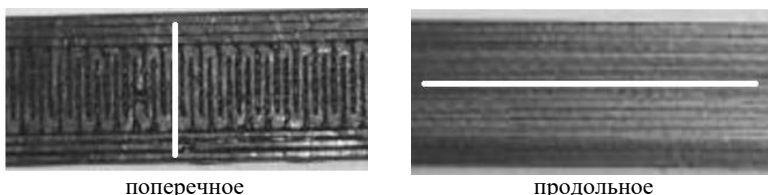
АРМИРОВАНИЕ ПОЛИЛАМИДА. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

**Тюмкина Е.А., студент,
Кропотова Н.А., канд. хим. наук, ст. преп.**
*Ивановская пожарно-спасательная
академия ГПС МЧС России, г. Иваново, Россия*

Полимерные детали, изготовленные за счет аддитивных технологий, получили достаточно широкое распространение во многих отраслях машиностроения, приборостроения и аэрокосмической отрасли, в том числе в строительстве. В отличие от традиционных технологий, такие как термообработка, литье, энергоемкость, и экономическая себестоимость при изготовлении деталей сложной формы делают 3D-печать альтернативной и рентабельной [1].

Данная работа посвящена оценке механических свойств: ударной вязкости, растяжения и сжатия 3D-печатных образцов из ПЛА-пластика (полилактид) в соответствии с ГОСТ [2]. Для определения ударной вязкости были напечатаны образцы с геометрическими параметрами: $a = b = 5$ мм, $l = 50$ мм. Необходимо отметить, что для воспроизводимости полученных результатов и их достоверности, эксперимент повторялся

несколько раз. Основная особенность распечатанных образцов на 3D-принтере – это ромбическое наслоение ПЛА-пластика «вдоль» образца «поперек», причем заполнение образцов от 30 до 90 % (рис. 1).



поперечное
Рис. 1. Внешний вид образцов и направление наплавления
продольное
(линия, указывает направление наплавления)

Результаты испытаний, полученных образцов на ударную вязкость, показали, что наибольшей ударной вязкостью, как и следовало ожидать, обладает образец со 100 %-м заполнением. Что касается меньшего заполнения от 30 до 70 % пластиком образца, то значения получились практически равными с небольшой положительной динамикой в большую сторону процентного заполнения. Снижение количества пустоты приводит к увеличению сил взаимодействия мономеров молочной кислоты в пластике, разорвать которые гораздо сложнее, чем при наличии пустот – до 30 %. Методом Шарпи оценили оптимальное значение ударной вязкости и 80 % заполняемостью исследуемого материала.

Особенность хрупкого разрушения инициирована на случайных дефектах внутреннего строения образца, образованных при 3D-печати. Хрупкое разрушение может быть еще охарактеризовано предельным напряжением. Анализ описания хрупкого разрушения, выявленного на практике, означает, что протяженность зона текучести ПЛА-пластика слишком мала и ограничена, т.е. радиус пластичной зоны при вершине трещины мал по сравнению с длиной трещины.

Для упрочнения исследуемых образцов выбрана методика их модификации клеевыми составами: поливинилацетатом и эпоксидной смолой. Основной процесс состоял в пропитке распечатанных пластиковых образцов приготовленными растворами (рис. 2).

Все применяемые наполнители показали некоторое упрочнение материала при ударных нагрузках. Стоит отметить, что характер связи между структурой полимерного материала и его разрушением при ударных нагрузках одинаковый.

Проанализированы образцы с различной долей модификаторов в пластике, полученном за счет аддитивных технологий. Проведенные исследования показали, что при анализе возможных модифицирующих веществ для ПЛА-материала является эпоксидная смола с отвердителем

при изготовлении ударопрочного композита. Также определен оптимальный полиматричный состав, где массовая доля в соотношении «ПЛА: эпоксидная смола» составляет приблизительно 70÷80 : 30÷20.

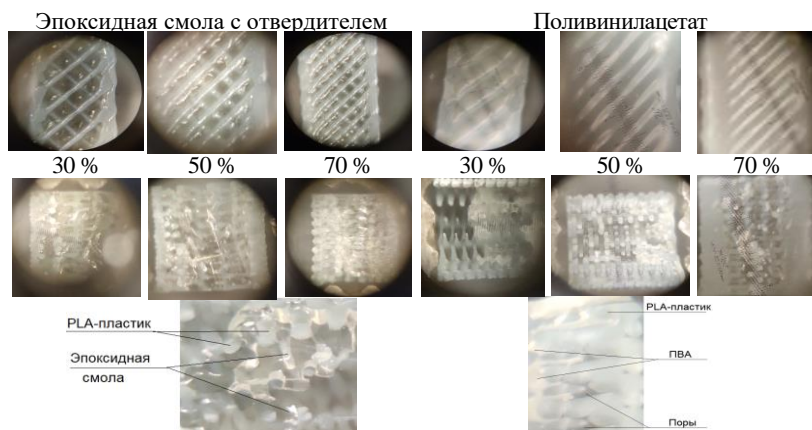


Рис. 2. Макроструктуры ($\times 24$) образцов до испытания и после

Определена зависимость показателя ударной вязкости при разных составах полученных композитов, откуда наглядно демонстрируется целесообразность применения данного метода при исследовании. Оказалось, что использование стеклоткани (обволакивание образца в стеклоткань осуществлялось снаружи) совместно с эпоксидным составом способно изменить направление корреляционной зависимости ударной вязкости от процентного заполнения пластикового образца (рис. 3).

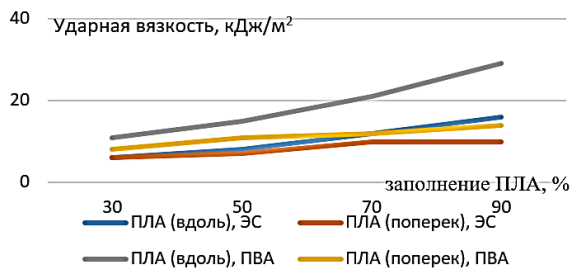


Рис. 3. Результаты исследования ударной вязкости образцов

Добавление в состав полимерного образца связующих полимерной основы способствует упрочнению образованного композита. При

добавлении поливинилацетата в полиамид происходит обволакивание полимерной матрицы с образованием родственных полимерных структур. Поскольку взвешивание образцов происходило как до введения модификатора, так и после, получили зависимость ударной вязкости от массовой доли ПВА (рис. 4).

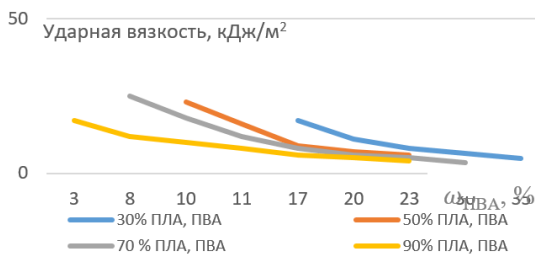


Рис. 4. Анализ ударной вязкости от массовой доли поливинилацетата в составе композита

Наиболее прочным является полиамид с 70 % заполнением внутренней структуры, ожидаемый результат показал пластик с 30 % заполнением и пропитанный ПВА, поскольку работу по распределению механической энергии поливинилацетат практически не корректирует в отличие от образца с подобным полиамидным заполнением, но без модификатора. При анализе данных введенного модификатора видно, что увеличение его массовой доли приводит к изменению направления графической зависимости на противоположное (рис. 5). Чрезмерное введение эпоксидной смолы охрупчает материал, т. е. другими словами материал не является прочным, при условии, что он твердый.

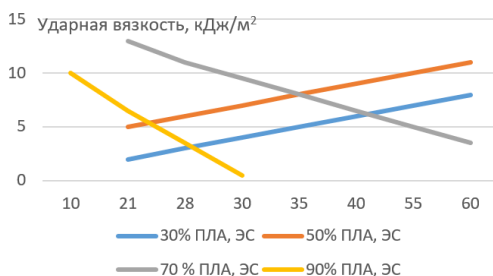
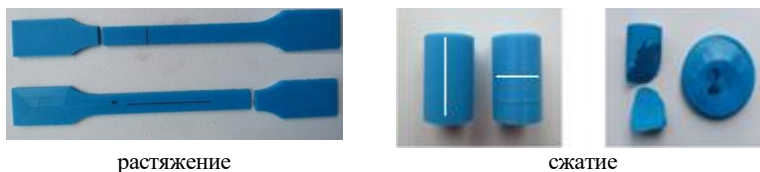


Рис. 5. Анализ ударной вязкости от массовой доли эпоксидной смолы в составе композита

Исследование армированных материалов на растяжение проводилось с помощью разрывной машины Р-5. Для этого изготовили

образцы согласно ГОСТ 11262-2017 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение» (рис. 6). Предел прочности для образца с продольным наплавлением филамента составил 55,4 МПа, для образца с поперечным наплавлением слоев – 59,1 МПа.

Несмотря на различное направление наплавления в образцах по отношению к направлению действия нагрузки предел прочности для всех образцов носит один и тот же характер: разрушение во всех случаях хрупкое, а разброс для $\sigma_{пр}$ во всех образцах составляет менее 10 %.



растяжение
сжатие
Рис. 6. Исследование материалов на растяжение и сжатие

Для испытания на сжатие были изготовлены образцы цилиндрической формы диаметром 10 мм и длиной 20 мм, согласно методике определения полимерных материалов на прочность при сжатии по ГОСТ 4651-2014 «Пластмассы. Метод испытания на сжатие». Аналогично с испытанием на ударную вязкость и растяжение, образцы имели разное наплавление слоев относительно их продольной оси. При этом и предельное напряжение при их сжатии совершенно различен для разной ориентации слоев (нитей), а также характер разрушения образцов, что видно на рис. 6. Предел прочности для «продольного» образца составил в среднем 103 МПа (характер разрушения – «хрупкий»), а для «поперечного» – 78 МПа (характер разрушения – «пластичный»).

В результате проведенных авторами исследований можно сделать следующие выводы:

- при изготовлении ударопрочных композитов важным параметром является объемная доля связующего материала и плотность заполнения пластика при 3D-печати;
- рациональный процент заполнения полилактида составил 70÷80 %;
- целесообразно применять композит, полученный армированием ПЛА-пластика эпоксидной смолой и ПВА в соотношении 80:20;
- ударная вязкость композитов увеличилась на 50 %, а наплавление поперек волокон снижает показатели ударной вязкости;
- характер разрушения полиамидных образцов хрупкое во всех случаях;

– рост доли модификатора в полиамидном пластике может повысить ударную вязкость материала, в свою очередь, рост ударной вязкости способствует поглощению механической энергии в процессе деформации и дальнейшего разрушения материала [3, 4];

– необходимо произвести испытания на старение материала под воздействием различных факторов;

– для безопасного использования необходимо производить исследования как прочностных, так и деформационных свойств полиамида.

Несмотря на использование полиамидного пластика при изготовлении всех образцов, готовые изделия получились с совершенно разными физико-механическими свойствами в зависимости от ориентации образующих их волокон. Использование полученной в результате исследования зависимости позволит сократить время на проведение испытаний на ударную вязкость, а также доказать возможные механизмы образования композита, но это предположение требует более глубоких экспериментальных данных.

Библиографический список

1. Тюмкина Е.А., Кропотова Н.А. Перспективы использования 3D печати для ремонта кузова малогабаритной техники легкого класса и БПЛА // Карбышевские чтения. Наше дело правое-победа будет за нами! [Текст]: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции / под общ. Ред. Грошевой Л.И. в 6 т., Т.1. Тюмень: ТВВИКУ, 2023. С. 323 – 329.

2. ГОСТ Р 57948-2017 Композиты полимерные. Метод определения ударной вязкости образцов без надреза.

3. Филиппова А.В., Гончарова Ю.А. Исследование ударной вязкости 3d-печатных образцов, пропитанных полимерным компаундом // Всероссийская научно-техническая конференция студентов Студенческая научная весна: Машиностроительные технологии [Электронный ресурс] URL: https://studvesna.ru/db_files/articles/3364/thesis.pdf (доступ свободный, дата обращения 25.12.2023).

4. Тюмкина Е.А., Кропотова Н.А. Основы материаловедения для эксперта: исследование ударной вязкости материалов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Иваново, 19 октября 2023 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 474 – 478.

ПЕРВИЧНАЯ ЗАЩИТА БЕТОНА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР И ВЛАЖНОСТИ

**Чашин Д.Ю., аспирант,
Хахалева Е.Н., канд. техн. наук, доц.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Для обеспечения отопления и энергоснабжения промышленных предприятий, гражданского и жилищного комплекса широко используются тепловые и атомные электростанции, которые являются наиболее надежными источниками производства энергоресурсов. На ТЭЦ и АЭС для оборотной системы водоснабжения применяют градирни, которые служат для теплообмена, позволяя воде охлаждаться путем ее распыления при контакте с воздухом. Башенные градирни наиболее распространены в России, которые возводят из прочного железобетона минимальной толщины для снижения веса конструкции

[1-3]. Анализ результатов исследований, проведенных ООО НПО «ИРВИК», показал, что разрушение оболочек градирен начинается уже в первый год эксплуатации. Несмотря на проведение ремонтных работ, разрушения продолжают увеличиваться (рис. 1), что в итоге может привести к потере несущей способности сооружения [3-4].



Рис. 1. Железобетонная башенная градирня с признаками термической коррозии [3]

Существуют различные методы для устранения разрушений в градирнях, возникающих в процессе их эксплуатации. Однако

вопросы первичной защиты по предупреждению данных разрушений на этапе проектирования объекта плохо изучены. В этой связи проведение исследований, связанных с использованием бетонов повышенной термической стойкости в условиях многофакторного тепло-влажностного воздействия на бетонные конструкции является актуальным.

Особенность эксплуатации строительных конструкций градирен заключается в том, что эти конструкции подвергаются не только механическим нагрузкам, а также тепловым и гидравлическим воздействиям. Внутри градирни влажность воздуха достигает 100%, при этом некоторые участки сооружения находятся в постоянном контакте с охлаждаемой водой, температура которой может превышать 60 °С [5]. Считают, что температурный диапазон при эксплуатации строительных конструкций от 50 до 200 °С является областью повышенных технологических температур, однако влияние влажности при этом не всегда учитывается [6]. Для обеспечения первичной защиты всех зон, специалистами рекомендуется улучшать водонепроницаемость бетона и принимать ряд мер для защиты от агрессивных компонентов конденсата, а также от циклов замерзания и оттаивания.

Некоторые специалисты считают, что в монолитных конструкциях градирен наиболее распространенным видом коррозии является коррозия первого вида, за счет вымывания гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из цементного камня бетона, вызванная односторонним воздействием воды и пара на эти конструкции. Последствия этого процесса можно увидеть невооруженным глазом на поверхности бетона в виде белых подтеков [4]. Помимо этого, учитывается химическое воздействие, вызванное обработкой циркуляционной воды, которое придает ей слабокислотную или слабощелочную реакцию. Проведенные исследования различных составов бетона в условиях, подобных эксплуатации в оболочке башенной градирни, показали, что использование бетонов с водоцементным отношением 0,40 на сульфатостойком цементе и высококачественных заполнителях обеспечивает коррозионную устойчивость [3].

Фактически процессы разрушения бетона под длительным воздействием горячей воды и конденсата намного более сложны и разнообразны, однако этому аспекту недостаточно уделяется внимания в сфере строительного материаловедения. Опубликованные

в научно-технической литературе данные [7] свидетельствуют о значительном воздействии влажности на разрушительные процессы в бетоне при повышенных температурах. Например, зафиксировано снижение прочности бетона при сжатии на 35 %, а прочности при изгибе на 30 % при воздействии горячей воды с температурой 95 °С. При этом влажность играет определяющую роль по сравнению с повышенной температурой. Водонасыщенный бетон в диапазоне температур 20-60 °С теряет прочность при изгибе до 20-30 %, а прочность при сжатии – 15-20 %, с резким падением при 40-60 °С, что связано с совместным воздействием температуры и влажности на процессы формирования и развития трещин в соответствии с эффектом Ребиндера [8-9]. Высокие температуры, за счет снижения вязкости жидкости и улучшения условий смачивания, создают благоприятные условия для быстрого проникновения жидкой фазы внутрь трещин и их последующего расширения к поверхности разрушения. При этом бетон в нагретом до 200 °С сухого состояния в течение 1-1,5 года практически не снижает прочность при сжатии.

Исследования по воздействию горячей воды на бетон на протяжении длительного времени являются довольно малочисленными, что указывает на недостаточное изучение данной проблемы. Тем не менее, физическая коррозия цементных систем при повышенных температурах в водной среде, известная как «термическая коррозия», хорошо изучена специалистами по тампонажным цементам. Это связано с необходимостью обеспечения безопасности цементного кольца в глубоких газовых и нефтяных скважинах для предотвращения потенциальных потерь при добыче нефти и газа [10-12].

Основные принципы термической коррозии, а также способы повышения термической коррозионной стойкости приведены в [10]. В условиях термической коррозии интенсифицируются реакции рекристаллизации гидратных фаз, сопровождающиеся процессами растворения малоразмерных частиц гидратных новообразований с образованием более крупных. Для существенного замедления процессов рекристаллизации рекомендуется вводить кремнеземсодержащие добавки, чтобы вместо высокоосновных гидросиликатов кальция осуществлялся синтез менее растворимых гидросиликатов тоберморитовой группы. Такой подход дает возможность снизить в разы интенсивность термической коррозии. На практике в нефтяной и газовой промышленности широко

используются для этих целей минеральные добавки на основе тонкодисперсного кварца, доменных гранулированных шлаков и других минеральных наполнителей кислого состава.

В настоящее время масштабы использования высокофункциональных бетонов, с повышенным расходом вяжущих веществ, минеральных наполнителей и суперпластификаторов возрастают. Из-за своих высокотехнологичных свойств такие бетоны все чаще находят применение в строительстве инфраструктурных объектов, подверженных длительному воздействию повышенных температур и влажности. Однако бетоны с активными микронаполнителями и суперпластификаторами, такими как микрокремнезем, могут значительно снизить прочность в условиях влаги и повышенной температуры по сравнению с обычным бетоном, что также необходимо учитывать [8, 13-14].

Исходя из вышеизложенного, становится ясно, что существует необходимость проведения дальнейших исследований для изучения процессов деструкции бетона при повышенных температурах и влажности. Такие исследования позволят разработать меры по увеличению срока службы бетонных конструкций, что в свою очередь способствует эффективному использованию материальных ресурсов за счет предотвращения деструкции. Особенно важной является надежность и сохранность вытяжных башен градирен во время эксплуатации, поскольку это критически важное условие для обеспечения устойчивой выработки энергоресурсов.

Библиографический список

1. Баженов М.И., Богородский А.С., Сазанов Б.В., Юренев В.Н.; Под ред. Е. Я. Соколова. Промышленные тепловые электростанции. - М: Энергия, 1979. 296 с.

2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций, предназначенных для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур (к СНиП 2.03.04-84 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур») /НИИЖБ Госстроя СССР М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. 184 с.

3. Калатузов В.А. Проблемы эксплуатации железобетонных вытяжных башен градирен // Энерго-INFO. №10(33), октябрь 2009.

4. Калатузов В.А. Проблемы обеспечения надежности железобетонных вытяжных башен градирен // Энерго-INFO. №10(33),

октябрь 2009.

5. СП 340.1325800.2017 «Конструкции железобетонные и бетонные градирен. Правила проектирования» [Электронный ресурс] // Официальный сайт Минстроя России. Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/16709/> (дата обращения 26.03.2024).

6. СП 27.13330.2017 «СНиП 2.03.03-84 Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур» [Электронный ресурс] // Официальный сайт Минстроя России. Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/14848/> (дата обращения 26.03.2024).

7. Милованов А.Ф. Железобетонные температуростойкие конструкции. М.: НИИЖБ, 2005. 234 с.

8. Славчева Г.С., Ким Л.В. Механизмы и закономерности изменения прочностных характеристик бетонов в связи с их температурно-влажностным состоянием // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2015. №1 (22). С.63-68.

9. Славчева Г.С. Влияние температурно-влажностного состояния на закономерности изменения показателей сопротивления разрушению бетонов // Вестник гражданских инженеров. 2010. № 1(22). С. 15–19.

10. Булатов А.И., Рахимбаев Ш.М., Новохатский Д.Ф., и др. Коррозия тампонажных цементов. Ташкент: «Узбекистан», 1970. 96 с.

11. Рахимбаев Ш. М. Регулирование технических свойств тампонажных растворов. Ташкент: «Фан» УзССР, 1976. 159 с.

12. Ge Zhuang, Yao Xiao, Wang Xiaojing, Zhang Wei et al. Thermal performance and microstructure of oil well cement paste containing subsphaeroidal koniline flour in НТНР conditions // Constr.and Build. Mater. 2018. 172. P. 787-794.

13. Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М. Повышение коррозионной стойкости бетонов путем рационального выбора вяжущего и заполнителей: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 321 с.

14. Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М., Хახалева Е.Н. Оптимизация процесса выбора типа цемента для изделий, эксплуатирующихся в агрессивных средах // БГТУ им. В.Г.Шухова. 2018. №3. С.18-23.

Научное издание

VIII Международная
научно-практическая конференция
«Наука и инновации в строительстве»,
посвященная 70-летию со дня
образования БГТУ им. В.Г. Шухова

Сборник докладов

Ответственный за выпуск **Сулейманова** Людмила Александровна

Компьютерная верстка **Богачева** Марина Александровна

Подписано в печать 27.04.24. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 22,7. Уч.- изд. л. 24,4.

Тираж 60 экз. Заказ № Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

