

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

IX Международный студенческий строительный форум - 2024

(Белгород, 29 ноября 2024 г.)

Сборник докладов

Белгород
2024

УДК 69
ББК 38
Д25

Д25 **IX** Международный студенческий строительный форум –
2024: сб. докл.: - Белгород: Изд-во БГТУ, 2024.– 438 с.

ISBN 978-5-361-01447-7

В сборник вошли доклады, представленные участниками IX Международного студенческого строительного форума-2024, состоявшегося в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова 29 ноября 2024 г. В сборнике представлены доклады по направлениям «Современные конструкции и расчетные методики зданий и сооружений», «Информационное моделирование строительства», «Прогрессивные организационно-технологические решения в строительстве», «Техническая эксплуатация и мониторинг технического состояния зданий и сооружений», «Ресурсосбережение, обеспечение надежности и долговечности зданий и сооружений», «Материаловедение и нанотехнологии в строительстве», «Управление жизненным циклом объектов строительства».

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

Сборник докладов публикуется в авторской редакции.

УДК 69
ББК 38

ISBN 978-5-361-01447-7

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

ОРГКОМИТЕТ ФОРУМА

- 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.
- Поляков В.М. – проректор по цифровой трансформации и образовательной деятельности БГТУ им. В.Г. Шухова канд. техн. наук, доц.
- 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.
- Лесовик В.С. – заведующий кафедрой строительного материаловедения, изделий и конструкций БГТУ им. В.Г. Шухова д-р техн. наук, проф., чл-кор. РААСН
- Есипов С.М. – 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
- Дрокин С.В. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Калмагамбетова А.Ш. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов и технологии Карагандинского технического университета, г. Караганда, Республика Казахстан

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	11
Современные конструкции и расчетные методики зданий и сооружений	
Алтухов М.А., Еремин В.О. Определение несущей способности сваи в вечномёрзлых грунтах.....	12
Бабак В.А., Сиделин В.Э. Влияние добавок при определении прочности бетона неразрушающими методами.....	16
Бессонов С.Н. Опытные образцы и программа экспериментальных исследований усиленных стальных балок двутаврового сечения с дефектами и повреждениями.....	18
Богачев Д.А. Особенности применения внешней рамной конструкции для обеспечения жесткости каркасных зданий в момент их возведения методом выжимания.....	24
Борисенко С. А. Дефекты стальных колонн двутаврового профиля и проблемы оценки их несущей способности при повреждениях.....	27
Грязнова Д.О. Защита городской застройки от шума.....	31
Егорова С.Р. Современные акустические материалы в архитектуре.....	33
Егорова С.Р. Световоды в архитектуре зданий.....	36
Еремин В.О., Алтухов М.А. Оценка влияния количества испытаний на класс бетона по прочности на сжатие....	38
Ермакова Е.Г. Железобетонные конструкции под ударным воздействием.....	41
Жилин Д.А. Оценка коэффициента надежности по нагрузке от собственного веса металлических ферм покрытия.....	45
Зенина Ю.С., Тестова Н.А. Покрытие с профилированным настилом, рассчитанным стандартным способом, и обзор публикаций по учету редукции сечения.....	48
Лимощенко В.А., Пухов И.Е. Способы усиления железобетонных конструкций. Преимущества и недостатки.....	52
Лимощенко В.А., Пухов И.Е. Трансформируемые конструкции в строительстве.....	55
Марченко А.В. Анализ напряженно-деформированного состояния колонны, усиленной стальной обоймой.....	58
Мишенин О. В. Влияние динамических нагрузок на железобетонные конструкции.....	61
Попова А.С. Методы усиления каменных конструкций и зданий.....	65
Пухов И.Е., Ерохина Е.Ю. Особенности проектирования большепролетных зданий и сооружений.....	70
Пухов И.Е. Сущность фиброжелезобетонных элементов и особенности косоугольного изгиба.....	73

Рыбаков Д.А.	
Расчет узла сопряжения через закладную деталь стальной балки с железобетонной колонной.....	77
Сиделин В.Э, Бабак В.А.	
Влияние добавок, ускоряющих твердение бетона на прочностные характеристики.....	82
Трошкина В.Б., Артемова К.А., Шаповалов М.М.	
Современные каменные строительные конструкции.....	85
Трошкина В.Б., Артемова К.А., Шаповалов М.М.	
Современные пластиковые строительные конструкции.....	87
Трошкина В.Б., Артемова К.А., Шаповалов М.М.	
Современные деревянные строительные конструкции.....	89
Трошкина В.Б., Артемова К.А., Шаповалов М.М.	
Современные железобетонные строительные конструкции.....	92
Усик И.Л.	
Преимущества и перспективы применения полимеркомпозитных материалов в строительстве.....	94
Устинова А. В.	
Аттрактивность пешеходных мостов в рекреационном пространстве (анализ мирового опыта).....	97
Черских Д. Ю.	
Подходы к обеспечению защиты строительных конструкций от прогрессирующего обрушения.....	101
Юрченко Э.В.	
Клеедеревянные элементы.....	105
Янь Хунюе	
Методики расчета и прогнозирования прочности бетона.....	108
Информационное моделирование строительства	
Акиншин И.С., Бессонова А.В., Красильникова К.А.	
Обоснование параметров программного приложения для лазерной обработки в производстве стеновых панелей.....	111
Барельский А.А.	
Влияние параметров триангуляции на результаты расчета железобетонных конструкций.....	115
Булгаков И. А.	
Сложности в работе с программным обеспечением ARCHICAD.....	118
Гиря М.М.	
Использование плагинов в программах для информационного моделирования.....	122
Данилова А.Н.	
Компьютерное проектирование художественного паркета.....	126
Дудченко К.А.	
Цифровая зрелость строительной отрасли и импортозамещение программного обеспечения.....	130
Ланина А.В.	
Обоснование выбора программного комплекса, предназначенного для разработки организационно-технологических решений применительно к многоэтажным каркасным зданиям.....	133

Мирошников Д.А. Создание 3D-моделей и перенос в виртуальную реальность в приложениях BLENDER и UNREAL ENGINE при разработке VR-деловой игры по направлению «Строительство».....	135
Рафаелян А.В., Аноприенко Д.С. Искусственный интеллект в управлении энергопотреблением зданий: модели оптимизации и повышение энергоэффективности.....	141
Рафаелян А.В., Аноприенко Д.С. Особенности прогнозирования затрат и оценки рисков в строительстве с применением искусственных нейронных сетей	144
Саламе К.Э. Повышение качества бетона введением модифицирующих добавок при усилении железобетонных строительных конструкций.....	147
Юшин Д.Н., Пириева Л.Ю. Разработка проекта искусственного освещения с применением информационных технологий.....	150
Прогрессивные организационно-технологические решения в строительстве	
Андрейчук М.В. Нанотехнологии при создании вентилируемых фасадов зданий.....	154
Бахтина К.Р. Роль элементов умного дома в повышении комфорта и безопасности жильцов.....	157
Булгаков И. А. Способы устройства стяжки жилых помещений.....	161
Ван Сяонин Применение аддитивного производства в строительной отрасли.....	165
Владыкин А.Ю. Восстановление защитного слоя поврежденных железобетонных конструкций методом торкретирования с применением аддитивных технологий.....	170
Губин Д.В. Гидроизоляция как метод защиты железобетонных конструкций подземных сооружений от воздействия агрессивной среды.....	174
Гусаров К.О. Обзор современных опалубочных систем, применяемых при возведении ядер жесткости многоэтажных каркасно-монолитных зданий и принципы их работы.....	177
Зубкова М.Н. Развитие современных технологий устройства грунтовых анкеров.....	182
Калинин И.В. Особенности приемов формирования энергоэффективности строительных объектов жилого фонда.....	186
Козлов Е.Е., Моторыкина А.А. Реконструкция гражданских зданий с устройством мансарды из газобетонных блоков.....	190
Коломиец М.Р. Развитие лесопромышленного комплекса на основе принципов циркулярной экономики.....	193
Кочерженко А.А. Совершенствование организационно-технологических решений возведения сборных железобетонных оболочек двоякой положительной кривизны.....	196

Лавриненко Л.И., Смылова Д.А.	
Инновационные подходы к проектированию автостоянок в густонаселенных районах.....	199
Ньямитамбу М.	
Аналитический обзор существующих конструктивно-технологических решений монолитных, сборных и сборно-монолитных каркасных гражданских зданий.....	203
Пасынок М.А., Павлова А.С.	
Бетонная ландшафтная стена.....	208
Романенко Е.Д.	
Совершенствование конструкции валковой дробилки для переработки отходов стекла.....	211
Романенко Е.Д.	
Модернизация смесителя для приготовления асфальтобетона.....	213
Савельева И. Д., Покушалова П. Ю., Сиденко И. В.	
Исследование потенциала и ограничений использования технологий искусственного интеллекта в строительной индустрии: анализ примеров и выявление преимуществ.....	216
Стативко К.А.	
Современные подходы к автоматизированному монтажу большепролетных покрытий.....	221
Су Хунсюань	
Роботизация технологических процессов при строительстве зданий и сооружений.....	223
Чжан Шухао	
Образование наледи на скатных крышах зданий с холодным чердаком.....	228
Шаповалов М.М., Артемова К.А., Трошкина В.Б.	
Прогрессивные организационно-технологические решения в строительстве.....	233
Ширина Д.С.	
Оптимизация технологии укрупнительной сборки монтажа металлических колонн.....	237
Техническая эксплуатация и мониторинг технического состояния зданий и сооружений	
Аль-Згуль С.Х.	
Развитие и применение алгоритмов глубокого обучения для диагностики дефектов железобетонных колонн.....	240
Артемова К.А., Шаповалов М.М., Трошкина В.Б.	
Правила обследования зданий и сооружений.....	245
Артемова К.А., Шаповалов М.М., Трошкина В.Б.	
Мониторинг технического состояния зданий и сооружений.....	248
Бандюков Д.Н., магистрант	
Аналитический обзор использования экологических видов транспорта в структуре городского пространства.....	252
Болотских Ю.Ю., Бондаренко Р.А.	
Учет показателей безопасности зданий при моделировании процессов эксплуатации зданий.....	256
Бондаренко Р.А., Болотских Ю.Ю.	
Обследование зданий и сооружений, поврежденных в результате чрезвычайной ситуации.....	259

Ерохина Е. Ю.	
Исследование влияния длительного перерыва строительства на техническое состояние железобетонных многопустотных плит перекрытий.....	263
Зайцев К.А.	
К вопросу о создании, использовании и сопровождении информационной модели объектов недвижимости на всех этапах их жизненного цикла.....	265
Зюбанов А.В.	
Современные решения цифровизации городского строительства и хозяйства.....	271
Кецко Е.С.	
Алгоритмы комплексной оценки технического состояния зданий социального назначения.....	276
Овчаров Р.А.	
Характеристика систем автоматизированного мониторинга несущих конструкций объектов строительства.....	280
Погорелова А.И.	
Оптимизация организационно-технологической подготовки капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах.....	284
Семенюк И.А.	
Современные технологические решения при ремонте и защите многослойной кровли.....	289
Шенцев А.М.	
Разработка современных принципов управления и эффективных методов контроля качества предоставляемых жилищно-коммунальных услуг.....	293
Ресурсосбережение, обеспечение надежности и долговечности зданий и сооружений	
Булгаков И. А.	
Ресурсосбережение зданий и сооружений: современные подходы и технологии.....	296
Горягин П.Ю.	
Научно-технические разработки и исследования специального оборудования для переработки техногенных полимерных материалов.....	300
Иванова А.И.	
Энергоэффективность строительных материалов при создании микроклимата зданий.....	304
Крышка Д.В.	
Влияние пониженных отрицательных температур на бетон и бетонные смеси.....	307
Сидоренко А.Н., Лопарев А.С.	
Технологии производства дорожных покрытий с применением полимерсодержащих техногенных материалов.....	310
Пахомов И. С.	
Изменение снеговых нагрузок в нормативных документах.....	313
Пахомов И. С.	
Об оценке допустимого риска при проектировании зданий и сооружений.....	316
Писанная В.В.	
Механизм крепления композитной арматуры при изготовлении клееных деревянных балок.....	318
Пухов И.Е., Лимошенко В.А.	
Биоповреждения бетонных конструкций и методы защиты от биокоррозии.....	322
Сидоренко А.Н., Лопарев А.С.	
Ресурсосберегающая технология и оборудование для производства полимерных профилей из техногенного сырья.....	325

Турлубеков Ч.Р., Джарасов Д. Е.	
Роль фибровых волокон в повышении прочности сцепления арматуры с бетоном.....	328
Чернозуб К.В.	
Характеристика свойства технологичности фасадных систем для основных этапов жизненного цикла.....	331
Материаловедение и нанотехнологии в строительстве	
Амелин П.А., Аноприенко Д.С.	
Влияние агрессивной среды на работу бетона, усиленного полимеркомпозитными материалами.....	336
Аноприенко Д.С., Левшин Д.Э.	
Перспективы применения самоочищающихся бетонов.....	336
Булгаков И.А.	
Нанотехнологии в строительстве.....	342
Кикалишвили Е. Н., Газиев Х. Х., Бударный Н. П.	
Иновационный подход к системам вентиляции на производстве.....	346
Кикалишвили Е. Н., Газиев Х. Х., Бударный Н. П.	
Использование минеральных добавок в производстве композиционных вяжущих.....	350
Кикалишвили Е. Н., Газиев Х. Х., Бударный Н. П.	
Защита зданий от землетрясений с сильным дельтаобразным импульсом волны.....	354
Кикалишвили Е. Н., Газиев Х. Х., Бударный Н. П.	
Бетонное полотно: прочность, гибкость, простота.....	358
Кудрявых А.Д.	
Изучение свойств органического наполнителя ДПК – пиролизный углерод.....	361
Марушко М.В.	
Исследование зависимости средней плотности и прочности на сжатие термоваккумированного неавтоклавногo ячеистого бетона от рецептурно-технологических факторов.....	364
Назаренко Е.И.	
Определение физико-механических свойств модифицированного полистиролбетона.....	368
Пушкарская Д.В., Маркин А.М.	
Использование кремнийорганических микросфер в системах освещения.....	373
Сериккызы Г.	
Влияние климатических условий на долговечность и устойчивость бетона.....	375
Тищенко А.Е., Пардаев М.Р., Сысолятин В.Е.	
Армирование пенобетонных перекрытий в малоэтажных зданиях.....	379
Хаялиев О.В., Скалозуб З.Ю., Стрючкова М.В.	
Применение искусственного интеллекта и машинного обучения для оптимизации процессов переработки древесины.....	381
Чашин Д.Ю., Данилов Д.Ю., Толпыгин Д.А.	
Твердение шлако-цементного камня в нормальных и термовлажностных условиях.....	384
Чашин Д.Ю., Данилов Д.Ю., Толпыгин Д.А.	
Процессы деструкции в цементном камне при термовлажностном воздействии среды.....	388
Шаповалова А.А.	
Разработка активной добавки в цементы на основе тонкомолотого базальта и обожженного свекольного дефеката.....	391

Управление жизненным циклом объектов строительства

Аль-Згүль И.Х. Метод ABC для определения приоритетов операционных рисков.....	396
Артемова К.А., Шаповалов М.М., Трошкина В.Б. Обеспечение надежности и долговечности железобетонных строительных конструкций.....	400
Артемова К.А., Шаповалов М.М., Трошкина В.Б. Использование информационных моделей на стадии сноса зданий.....	403
Баженова О.О. Методы оценки остаточного ресурса зданий.....	405
Гнездилов Д.В., Олейников А.А. Эффективная организация общественных пространств гражданских зданий.....	407
Демин В.О. О применении индикаторов коррозии в железобетонных конструкциях.....	411
Дудченко К.А. Практико-ориентированная модель государственного регулирования строительной отрасли в кризисных условиях.....	414
Левшин А.М. Механизмы анализа и управления большими данными в строительной отрасли.....	418
Скирдин Д.С. Переработка отходов древесной промышленности.....	424
Смыслова Д.А., Лавриненко Л.И. Влияние цифровых технологий на управление жизненным циклом объектов строительства.....	426
Сорокин Д.В. Влияние дефектов и повреждений на жизненный цикл здания.....	430
Шаповалов М.М., Артемова К.А., Трошкина В.Б. Управление жизненным циклом объектов строительства.....	433

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный сборник докладов опубликован по результатам IX Международного студенческого строительного форума – 2024, который состоялся 29 ноября 2024 года в БГТУ им. В.Г. Шухова.

Организатором строительного форума среди молодых ученых является кафедра строительства и городского хозяйства.

Работа IX Международного студенческого строительного форума – 2024 включала основные направления:

- современные конструкции и расчетные методики зданий и сооружений
- информационное моделирование строительства
- прогрессивные организационно-технологические решения в строительстве
- техническая эксплуатация и мониторинг технического состояния зданий и сооружений
- ресурсосбережение, обеспечение надежности и долговечности зданий и сооружений
- материаловедение и нанотехнологии в строительстве
- управление жизненным циклом объектов строительства

Форум объединил свыше 150 молодых ученых из вузов России и других стран, в их числе:

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

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск, Россия

Белгородский государственный институт искусств и культуры, г. Белгород, Россия

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Россия

Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, г. Москва, Россия

Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

Хулунбуирский университет, г. Хулунбуир, Китай

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

Оргкомитет

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДИКИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Алтухов М.А., магистрант,
Еремин В.О., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Кочерженко В.В.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАИ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Значительная часть территории нашей страны находится в северных широтах с резко-континентальным холодным климатом. Зона Севера занимает около 70 % территории России. При этом более 60 % территории – это зона вечномерзлых грунтов.

Мерзлыми называются грунты, в которых температура не поднимается выше нуля. Часть поровой воды находится в замерзшем состоянии (в виде кристаллов льда). Такие грунты относятся к структурно-неустойчивым.

При строительстве на многолетнемерзлых грунтах в зависимости от конструктивных и технологических особенностей зданий и сооружений, инженерно-геокриологических условий и возможности целенаправленного изменения свойств грунтов основания применяется один из следующих принципов использования многолетнемерзлых грунтов в качестве основания сооружений:

– принцип I – многолетнемерзлые грунты основания используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации сооружения;

– принцип II – многолетнемерзлые грунты основания используются в оттаянном или оттаивающем состоянии (с их предварительным оттаиванием на расчетную глубину до начала возведения сооружения или с допущением их оттаивания в период эксплуатации сооружения).

На участках, где слой сезонного промерзания-оттаивания сливается с вечномерзлыми грунтами, применяется способ фундаментостроения с сохранением грунтов основания в мерзлом состоянии (принцип I); конструктивно он выражается в заложении фундаментов в вечномерзлом грунте и устройстве под зданием вентилируемого подполья или другой охлаждающей системы.

Этот способ обеспечивает долговечность здания, если одновременно обеспечивается нормальная работа охлаждающей системы и предусматриваются мероприятия по ликвидации теплового воздействия на грунты основания близрасположенных зданий. Принцип I также может

применяться на участках, где слой сезонного промерзания-оттаивания не сливается с вечномерзлыми грунтами. При неглубоком залегании верхней границы вечномерзлых грунтов, в пределах достигаемости их обычными свайными фундаментами. Если на участках, где слой сезонного промерзания-оттаивания не сливается с вечномерзлыми грунтами, то расчет производится по принципу II.

Если подстилающий слой является малосжимаемым, то его оттаивание не вызывает существенных деформаций и может быть допущено в процессе эксплуатации здания. В этом случае применяется конструкции воспринимающие неравномерные осадки. Фундаменты такого здания работают, как в талом грунте, отличие заключается лишь в большей жесткости или, наоборот, гибкости надфундаментной конструкции. Однако это редко встречающийся случай. Обычно вечномерзлые грунты при оттаивании дают большие деформации, которые являются основной причиной разрушения строительных конструкций. Поэтому для обеспечения устойчивости здания применяют способы фундаментостроения с предварительным оттаиванием вечномерзлых грунтов основания или со стабилизацией начального положения верхней границы вечномерзлых грунтов.

Принцип II может применяться и на участках, где слой сезонного промерзания-оттаивания сливается с вечномерзлыми грунтами, если это диктуется технологическими соображениями и экономической целесообразностью.

Расчет оснований фундаментов по первой группе предельных состояний (по несущей способности) производится исходя из условия:

$$F \leq F_u / \gamma_n, \quad (1)$$

где F – расчетная нагрузка; F_u – несущая способность, определяемая расчетом (2); γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружения, принимаемый в зависимости от вида и уровня ответственности сооружения.

Несущую способность висячей забивной сваи F_u , погружаемой без выемки грунта буроопускным способом, работающей на сжимающую нагрузку, следует определить по формуле:

$$F_U = \gamma_c \times \gamma_t \times (R \times A + \sum_{i=1}^n R_{af,i} \times A_{af,i}), \quad (2)$$

где γ_c – коэффициент условий работы основания, принимаемый в зависимости от вида и способов устройства фундаментов; R – расчетное сопротивление мерзлого грунта под нижним концом сваи кПа, допускается принимать при определении значений T_m , T_z и T_e теплотехническим расчетом; A – площадь опирания сваи на грунт, принимаемая для сплошных свай равной площади их поперечного сечения (или площади уширения), для полых свай, погруженных с открытым нижним концом, – площади поперечного сечения сваи брутто при заполнении ее полости бетоном или цементно-песчаным раствором на высоту, обеспечивающую несущую способность по смерзанию с внутренней поверхностью сваи не

менее несущей способности у нижнего конца сваи; $R_{af.i}$ – расчетное сопротивление мерзлого грунта или грунтового раствора сдвигу по боковой поверхности смерзания сваи допускается принимать при определении значений T_m , T_z и T_e теплотехническим расчетом; $A_{af.i}$ – площадь поверхности смерзания i -го слоя грунта с боковой поверхностью сваи, м²; n – число выделенных при расчете слоев многолетнемерзлого грунта; y_t – температурный коэффициент, учитывающий изменения температуры грунтов основания из-за случайных изменений температуры наружного воздуха.

Расчет по II принципу. Свая погруженная в пластичномерзлый грунт, а также в случаях использования многолетнемерзлых грунтов в качестве основания по принципу II; окружающие сваю грунты рассматриваются как линейнодеформируемая среда.

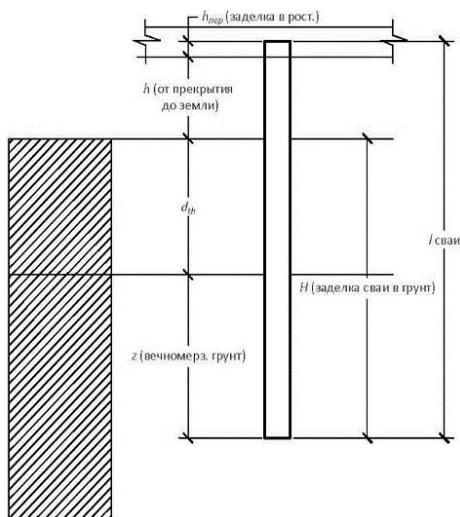


Рис. 1. Расчетная схема к определению несущей способности сваи

Несущую способность F_d , висячей забивной и вдавливаемой сваи и железобетонной сваи-оболочки, работающей на сжимающую нагрузку, при использовании многолетнемерзлых грунтов при расчете по принципу II, следует определять по формуле:

$$F_d = y_c \times (y_{cR} \times R \times A + u \sum y_{cf} \times f_i \times h_i), \quad (3)$$

где y_c – коэффициент условий работы сваи в грунте равен 1,0; y_{cR} , y_{cf} – коэффициенты условий работы грунта под нижним концом сваи и на боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на расчетные сопротивления грунта, принимается по табл. 7.4 СП 24.13330.2021; R – расчетное сопротивление грунта под

нижним концом свай, кПа, принимается по табл. 7.2 СП 24.13330.2021; A – площадь опирания свай, м²; u – наружный периметр поперечного сечения ствола свай, м; f_i – расчетное сопротивление i -то слоя грунта по боковой поверхности ствола свай, кПа, принимается по табл. 7.3 СП 24.13330.2021; h_i – толщина i -то слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью свай, м.

Определение несущей способности свай в вечномерзлых грунтах требует тщательного подхода и учета множества факторов. Современные методы зондирования и испытания позволяют получить достоверные данные, необходимые для надежного проектирования свайных фундаментов. Учет особенностей вечномерзлых грунтов и их влияния на механические свойства грунта является ключевым фактором для успешного строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочерженко, В. В. Повышение несущей способности забивных свай в слабых грунтах / В. В. Кочерженко, Е. В. Салтанова, А. В. Кочерженко // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах : сб. докл. 4-й международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию строительного факультета и 85-летию БГИТУ. Том 1. – Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2015. С. 46-49.
2. Шишов, И. И. Определение несущей способности сжатой-изогнутой свай в вечномерзлом грунте / И. И. Шишов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2010. – № 4. – С. 15-17.
3. Лукьянов, Н. И. Повышение несущей способности буронабивной свай в просадочном грунте / Н. И. Лукьянов, В. В. Кочерженко // Наукоемкие технологии и инновации: сб. докл. Международной научно-практической конференции. Часть 2. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. – С. 127-132.
4. Кочерженко, В. В. Исследование влияния технологических факторов на надежность процесса погружения опускных колодцев / В. В. Кочерженко, И. А. Погорелова, А. Г. Сулейманов // Наука и инновации в строительстве: (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов Международной научно-практической конференции, Белгород, 21 апреля 2017 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Том 2. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2017. – С. 102-114.
5. Повышение несущей способности забивных свай в слабых грунтах / В. В. Кочерженко, А. А. Пикалова, Д. А. Мигрин, Т. Н. Пенькова // Образование, наука, производство, Белгород, 20–22 октября 2015 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. – С. 3790-3794.

**Бабак В.А., магистрант,
Сиделин В.Э., магистрант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Обернихин Д.В.**

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

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НЕРАЗРУШАЮЩИМИ МЕТОДАМИ

Бетон – это универсальный строительный материал, который широко используется в гражданском и промышленном строительстве благодаря своей прочности, долговечности и доступности [1]. Определение прочности бетона является критически важным этапом контроля качества, так как он напрямую влияет на безопасность и эксплуатационные характеристики зданий и сооружений. Неразрушающие методы представляют собой эффективный инструмент для оценки прочности бетона без его повреждения, что делает их особенно ценными для мониторинга существующих объектов. В этой статье рассматривается влияние добавок на прочностные характеристики бетона и их учет при применении неразрушающих методов.

Добавки в бетон применяются для улучшения его свойств, таких как прочность, устойчивость к влаге, морозостойкость и другие.

Они могут быть классифицированы на две основные группы:

1. Минеральные добавки – такие как зола, шлаки, кварцевый песок и другие, которые улучшают прочностные характеристики, повышают морозостойкость и уменьшают водопроницаемость. Эти добавки часто используются для достижения устойчивости бетона к агрессивным средам, а также для снижения тепловых деформаций [2].

2. Химические добавки – включают пластификаторы, суперпластификаторы, замедлители и ускорители схватывания. Они позволяют улучшить обрабатываемость бетонной смеси, ускорить или замедлить процесс твердения, а также снизить водоцементное соотношение. Химические добавки значительно влияют на прочностные характеристики бетона и его физические свойства [3]. Использование добавок позволяет:

1. Увеличить прочность бетона на сжатие и растяжение.
2. Снизить водопроницаемость.
3. Улучшить обработку и укладку смеси.
4. Ускорить процессы схватывания и твердения.

Однако добавки также могут влиять на методы оценки прочности бетона.

Неразрушающие методы оценки прочности бетона имеют множество преимуществ, включая возможность проведения испытаний в условиях эксплуатации и минимальное вмешательство в структуру. Существует несколько неразрушающих методов, используемых для определения прочности бетона:

1. Ультразвуковая диагностика – основана на измерении времени прохождения ультразвуковых волн через бетон. Прочность бетона влияет на плотность и скорость распространения волн, что позволяет оценить его механические свойства.

2. Метод отскока – основан на измерении высоты отскока специального прибора от поверхности бетона. Этот метод прост в использовании, однако его точность может быть снижена при наличии добавок, влияющих на поверхность бетона.

3. Метод коррозии – использует электрические свойства бетона для оценки его прочности. Этот метод также подвержен влиянию добавок, изменяющих электрическую проводимость бетона.

4. Метод динамического зондирования – основан на регистрации сейсмических волн, возникающих при ударе по поверхности бетона. Этот метод позволяет получать информацию о прочности и однородности бетона на больших глубинах [4].

Добавки могут оказывать значительное влияние на результаты. Основные факторы, влияющие на результаты, включают:

- изменение структуры пор. Минеральные добавки могут изменить пористую структуру бетона, что влияет на его механические свойства и, соответственно, на скорость ультразвуковых волн. Это может привести к занижению или завышению оценки прочности;

- плотность и однородность. Химические добавки могут улучшить однородность бетона, но также могут создать неоднородные участки, которые влияют на результаты метода отскока. Неправильная интерпретация может привести к ошибочным выводам о прочности;

- влияние времени. Разные добавки могут по-разному влиять на скорость достижения проектной прочности. Например, добавление ускорителей может привести к более быстрой оценке прочности в короткие сроки, но не учитывать долгосрочные характеристики;

- температурные условия. Добавки могут значительно изменять тепловые характеристики бетона, что также влияет на результаты. Например, использование добавок при низких температурах может привести к замедлению процесса твердения, что отразится на оценках прочности [5].

Влияние добавок на прочность бетона и результаты, получаемые неразрушающими методами, является важной темой для исследований в области строительных материалов. Понимание этого влияния позволяет более точно оценивать качество бетона и обеспечивать надежность строительных объектов. Для повышения точности оценок рекомендуются дополнительные исследования, направленные на коррекцию неразрушающих методов с учетом использования различных добавок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рамачандан В., Фельдман Р., Бюодуэн Дж. Наука о бетоне. М., 1986.
2. Кахаров, З.В. Минеральные добавки для бетонов. – 2018. – № 31.
3. Ружицкая А.В., Потапова Е.Н., Влияние добавок-пластификаторов на свойства белого портландцемента, Техника и технология силикатов, том 16, стр 14-23, 2009.
4. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определения прочности механическими методами неразрушающего контроля. М., 1989 г.
5. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Дондуков В.Г. Цементы и добавки для производства высококачественных бетонов. Строительные материалы. 2017. № 11. С. 4-10.
6. Высокотехнологичные бетоны с использованием суперпластифицирующих добавок на основе поликарбоксилата / Л. А. Сулейманова, И. А. Погорелова, А. С. Слепухин, С. И. Плехова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 9. – С. 63-66.

Бессонов С.Н., аспирант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Солодов Н.В.**

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

ОПЫТНЫЕ ОБРАЗЦЫ И ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСИЛЕННЫХ СТАЛЬНЫХ БАЛОК ДВУТАВРОВОГО СЕЧЕНИЯ С ДЕФЕКТАМИ И ПОВРЕЖДЕНИЯМИ

В данной работе представлено обоснование и выбор конструктивных решений опытных образцов стальных балок сварного двутаврового сечения, предназначенных для проведения эксперимента в рамках диссертационного исследования по разработке усиления. Основой послужили требования к несущей способности и устойчивости стенки

балок, а также характер напряженно-деформированного состояния (НДС) балок при средовых и силовых повреждениях [1-3]. Для достижения поставленных целей были разработаны несколько вариантов конструкции стальных балок из сварного двутавра (в том числе с дефектами), обладающих конструктивными отличиями, которые оказывают влияние на их поведение под нагрузкой. Важной частью разработки экспериментальной программы стало численное моделирование, результаты которого описывают напряженно-деформированное состояние выбранных образцов. Моделирование позволило проанализировать возможные предельные состояния образцов. Оценка предельных состояний была осуществлена для различных условий, включая влияние изгибающего момента, поперечной силы, местной устойчивости стенки, прочности при локальной нагрузке, а также наличии наиболее характерных дефектов [4-8], таких как трещины поясного сварного шва и локальное искривление стенки балки.

В соответствии с программой предусмотрено испытание десяти опытных образцов. Эти образцы будут включать исходные конструкции и усиленные, что даст возможность более полно оценить влияние усиления различных повреждений на их НДС и прочность.

Опытные образцы можно рассматривать как модели реальных балок пролетом от 4 до 12 м с масштабом моделирования в диапазоне от 1:2 до 1:5. Пролет опытных образцов принят равным 2,2 м. Конструктивные отличия в образцах направлены на выявление критических факторов истощения несущей способности образцов и исследование эффективности усиления выбранных типов повреждений. Целью экспериментального исследования является оценка влияния средовых и силовых повреждений на несущую способность образцов и эффективность их усиления.

Стенка всех образцов принята из стального листа с размерами 2300×320 мм, толщиной 3 мм. Верхний и нижний пояса балок приняты размерами 2300×160 мм, толщиной 8 мм. Опорные ребра приняты размерами 320×80 мм, толщиной 9 мм. Промежуточные ребра приняты размерами 320×60 мм, толщиной 4 мм. Образец 1-го типа выполнен с опорными ребрами; образец 2-го типа с опорными и промежуточными ребрами; образец 3-го типа без ребер, как это показано на рис. 1.

В качестве средового повреждения рассматривается коррозия элементов сечения до 50 % от исходной толщины, локальное искривление элемента сечения и наличие трещины в сварном шве. Эти повреждения могут существенно ухудшить несущую способность балки, внести изменения в напряженно-деформированное состояние конструкции и привести к преждевременному разрушению.

Программа испытаний предусматривает оценку несущей способности (предельной нагрузки) по нескольким предельным состояниям до и после выполнения усиления опытных образцов. Исследуемые предельные состояния будут включать как нормально работоспособные состояния, так и предельные состояния, в которых конструкция достигает своей

предельной несущей способности, а далее получает то или иное разрушение. Это позволит детально изучить механизмы разрушения образцов в процессе испытаний при различных исходных повреждениях.

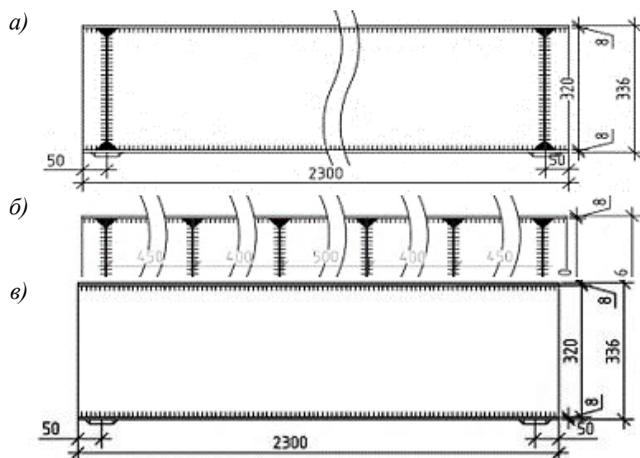


Рис. 1. Сечение и общий вид опытного образца:
а – первого типа; б – второго типа; в – третьего типа

В ходе натурного эксперимента будут рассмотрены несущая способность и предельные состояния по следующим пунктам: прочность при действии изгибающего момента, поперечной силы, местной устойчивости стенки, действию локальной нагрузки и наличии трещины в сварном шве, а также при оценке деформативности балки. Оценка этих параметров позволит получить полное представление об изменениях НДС в критических точках конструкции. Также это позволит разработать рекомендации по усилению балок в уязвимых местах.

С целью определения требуемых конструктивных параметров опытных образцов для каждого из указанных исследуемых предельных состояний было выполнено численное моделирование. Моделирование проведено с использованием программного пакета SCAD Soft, которое позволяет более точно определить и оценить предельные состояния и форму разрушения, а также более точно оценить предельные (разрушающие) нагрузки для исследуемых предельных состояний.

Расчет конструкций производился в два этапа:

- для стержневой системы;
- для пластинчатой системы.

Предварительный расчет стержневых систем позволяет подобрать требуемые геометрические характеристики опытных образцов, включая информацию о величине коэффициента использования сечения по исследуемым предельным состояниям. В расчетах рассматривалось два

типа загрузки: сосредоточенное в середине пролета и сосредоточенное в четырех точках по длине балки (при пяти равных частях пролета).

В результате моделирования было показано, что в образцах каждого типа, как до усиления, так и после него, реализуется соответствующая исследуемому предельному состоянию форма разрушения (исчерпания несущей способности). Кроме того, была получена расчетная разрушающая нагрузка или величина внутренних силовых факторов для каждого исследуемого предельного состояния.

В табл. 1 приведены данные, полученные в результате численного моделирования, включая информацию о величине коэффициента использования сечения по исследуемым предельным состояниям.

Таблица 1

Сводная таблица результатов численного моделирования

Расчет по СП 16.13330.2017						
Номер образца						
Конструкция образца	балка с опорными ребрами	балка с опорными ребрами	балка с опорными и промежуточными ребрами	балка с опорными и промежуточными ребрами	балка без ребер	балка без ребер
Схема нагружения	нагружение в середине пролета	нагружение в 4х точках	нагружение в середине пролета	нагружение в четырех точках	нагружение в середине пролета	нагружение в четырех точках
Расчетная нагрузка, тс		5 тс (на каждую)		5 тс (на каждую)		5 тс (на каждую)
Расход стали на 1 образец, кг						
Прогиб, м						
Критический фактор (K_{max})						
Устойчивость опорного ребра						
Смятие опорного ребра						
Прочность поясного шва						
Прочность шва опорного ребра						
Прочность при действии поперечной силы						
Прочность при действии изгибающего момента						
Устойчивость плоской формы изгиба при действии момента						

Окончание табл. 1

Прочность по приведенным напряжениям при одновременном действии изгибающего момента и поперечной силы						
Прочность по местным напряжениям от действия сосредоточенной силы						
Предельная гибкость стенки из условия местной устойчивости						
Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости						

Анализ данных, представленных в табл. 1, свидетельствует о том, что опытные образцы с параметрами сечения, изложенными на рис. 1-3, соответствуют критериям, необходимым для осуществления экспериментальных исследований. В частности, они позволяют проверить такие исследуемые факторы, как местная устойчивость и прочность при локальной нагрузке стенки, а также прочность под воздействием максимального изгибающего момента и максимальной поперечной силы до и после усиления.

На основании расчетов, проведенных по стержневой схеме, были определены конструктивные и геометрические характеристики балок, предназначенные для моделирования пластинчатых расчетных схем. Данные схемы позволяют получить представление о напряженно-деформированном состоянии и формах деформирования и разрушения конструкций при предельных нагрузках как с учетом дефектов, так и без них. Рис. 2 и 3 иллюстрируют изополя соответствующих компонентов напряжений в опытных образцах.

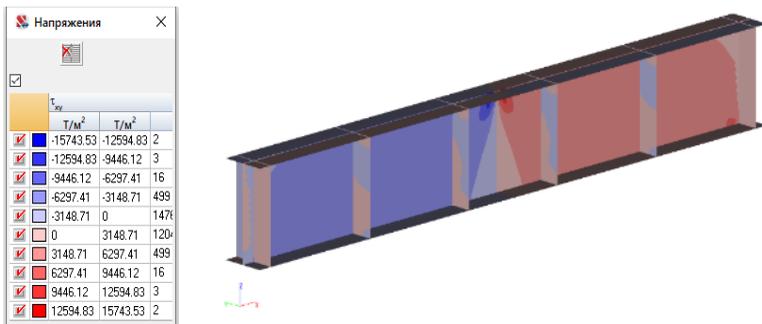


Рис. 2. Изополя напряжений τ_{xy} (T/M^2) опытного образца с опорными и поперечными ребрами при сосредоточенной нагрузке в середине пролета без трещины поясного шва

В соответствии с программой испытаний, общее количество образцов разбито на две серии: серия ОИ, представляющая исходные образцы (5 балок), и серия ОУ, состоящая из усиленных образцов (5 балок). Данное

разделение обеспечивает возможность сравнения полученных результатов испытаний и оценки эффективности различных методов усиления. Полученные данные могут служить основой для разработки рекомендаций по выбору конструктивных решений и технологий повышения несущей способности реальных конструкций.

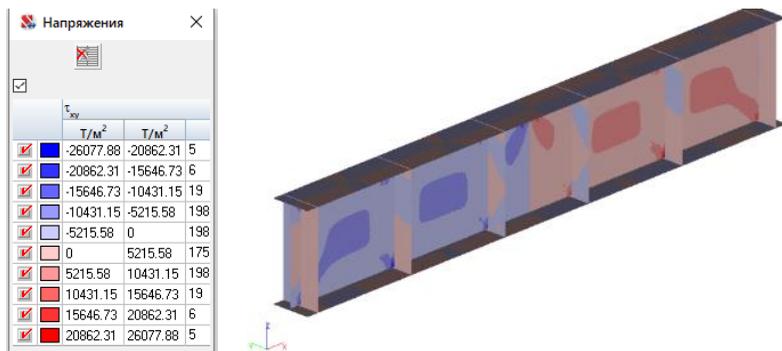


Рис. 3. Изополя напряжений τ_{xy} (T/M^2) опытного образца с опорными и поперечными ребрами при сосредоточенной нагрузке в середине пролета с имитацией трещины поясного сварного шва

С учетом целей и задач диссертационного исследования, а также особенностей конструктивного исполнения опытных образцов была разработана программа проведения экспериментального исследования. Она включает в себя этапы и процедуры, позволяющие получить надежные и воспроизводимые результаты. Все процедуры будут документированы с целью обеспечения прозрачности и объективности испытаний.

Методика экспериментального исследования включает проведение испытаний образцов на специализированном стенде, где в качестве источников силового возбуждения будут использованы гидравлические домкраты. Измерение параметров напряженно-деформированного состояния опытных образцов, как в целом, так и в характерных точках сечения, будет осуществляться с помощью прогибомеров, индикаторов часового типа и электротензорезисторов, как в одиночном исполнении, так и в виде розеток. Такой комплекс оборудования обеспечит необходимую точность измерений и позволит получить детальные данные о состоянии образцов под воздействием нагрузки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 16.13330.2017 "Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*" (с Поправками, с Изменениями N 1-5).
2. Шабанов, П. Г. Устойчивость сжатых поясов и стенок стальных двутавровых балок при изгибе: специальность 01.02.04 "Механика деформируемого твердого тела", 05.23.01 "Строительные конструкции,

здания и сооружения": дис. ... канд. техн. наук / Шабанов Павел Геннадьевич. – Тверь, 2000. – 126 с. – EDN QDEZYR.

3. Свентиков А.А. Адаптация результатов численного метода расчета к нормативной методике проверки местной устойчивости стенки стальной балки двутаврового сечения / А.А. Свентиков, Д.Н. Кузнецов // Строительная механика и конструкции. 2019. № 1 (20) С. 60-70.

4. Степанов, М. А. Оценка распределения изгибных напряжений и дефектов внутри симметричных поперечных сечений стальной балки / М. А. Степанов, А. П. Степанов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 3(63). – С. 22-31.

5. Колесов, А. И. Стальные конструкции зданий и сооружений / А. И. Колесов, В. В. Пронин, Е. А. Кочетова; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. Том Часть1. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – 178 с.

6. Железнов А.А. Местная устойчивость стенок сварных подкрановых балок с трещинами: дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 1996. 144 с.

7. Белый Г.И., Кубасевич А.Е. Влияние геометрических несовершенств сжатого пояса на несущую способность подкрановых балок с усталостными трещинами в стенке // Вестник гражданских инженеров. 2022. № 3 (92). С. 14-20.

8. Михаськин В.В. Влияние местного повреждения на работу стального изгибаемого элемента // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования-2022 / Сб. докл. Третьей национальной научной конференции // М.: МГСУ, 2023. - С. 44-49.

Богачев Д.А., аспирант

Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.

Кочерженко В.В.

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

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВНЕШНЕЙ РАМНОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ В МОМЕНТ ИХ ВОЗВЕДЕНИЯ МЕТОДОМ ВЫЖИМАНИЯ

В статье рассматривается применение внешней рамной конструкции для обеспечения временной пространственной жесткости зданий при строительстве методом выжимания. Описываются технические особенности создания такой конструкции, способы ее крепления к закладным деталям по контуру здания и преимущества использования

данного подхода. Приводятся рекомендации по проектированию и монтажу внешних рамных систем для повышения устойчивости и безопасности строящихся объектов.

Современные методы строительства направлены на повышение эффективности и сокращение сроков возведения зданий. Одним из таких методов является технология выжимания плит перекрытия, позволяющая ускорить процесс строительства и снизить затраты. Однако применение этой технологии вызывает необходимость обеспечения временной пространственной жесткости здания в процессе строительства [1]. Одним из эффективных решений данной проблемы является создание внешней рамной конструкции, закрепляемой на закладные детали по контуру здания.

В процессе подъема плит перекрытия здание обладает недостаточной пространственной жесткостью из-за отсутствия полноценных связей между элементами каркаса. Это может привести к: деформациям и прогибам плит и колонн; снижению устойчивости конструкции к ветровым и сейсмическим нагрузкам; рискам аварийных ситуаций и нарушению безопасности на строительной площадке.

Создание внешней рамной конструкции позволяет решить эти проблемы, обеспечивая временную жесткость и устойчивость здания до завершения монтажа постоянных несущих элементов.

Внешняя рамная конструкция (рис. 1) представляет собой систему из вертикальных и горизонтальных элементов, образующих замкнутый контур вокруг здания. Основные компоненты:

- вертикальные стойки: устанавливаются по периметру здания и воспринимают вертикальные нагрузки;
- горизонтальные связи: соединяют стойки между собой на разных уровнях, обеспечивая пространственную жесткость;
- диагональные раскосы: устанавливаются для повышения устойчивости к горизонтальным нагрузкам.

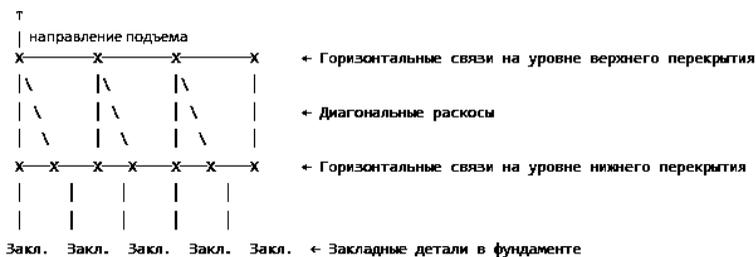


Рис. 1. Схематическое изображение внешней рамной конструкции

В качестве материалов для каркаса можно использовать: стальные профили различных сечений: наиболее распространенный материал для рамных конструкций благодаря высокой прочности и удобству монтажа; закладные детали: заранее устанавливаются в конструкцию здания для

крепления рамной системы; соединительные элементы: болты, сварные швы или специальные крепежные системы для обеспечения надежного соединения компонентов.

Особое внимание следует уделить расчету и моделированию. Для этого требуется предвзвешенно выполнить: статический расчет, выполняется для определения внутренних усилий и напряжений в элементах конструкции; динамический анализ, учитывает воздействия ветра, сейсмические нагрузки и вибрации от строительного оборудования; моделирование, использование программных комплексов для 3D-моделирования поведения конструкции под нагрузкой.

Монтаж внешней рамной конструкции делится на три этапа.

1. Подготовительные работы: установка закладных деталей, закладываются в фундамент и перекрытия на этапе их изготовления; проверка геометрии, контроль точности расположения закладных деталей для обеспечения правильной стыковки элементов рамной конструкции [2].

2. Непосредственный монтаж внешней рамной конструкции: монтаж вертикальных стоек, крепление стоек к закладным деталям по периметру здания; установка горизонтальных связей, соединение стоек между собой на уровне каждого поднятого перекрытия; монтаж диагональных раскосов, установка раскосов для усиления жесткости и устойчивости рамной системы; контроль и регулировка, проверка вертикальности и горизонтальности элементов, регулировка натяжения раскосов.

3. Демонтаж после завершения работ: аккуратное удаление внешней рамной конструкции после того, как здание обретет достаточную жесткость за счет постоянных несущих элементов.

Преимущества использования внешней рамной конструкции: повышение жесткости и устойчивости; обеспечение пространственной жесткости здания на всех этапах строительства [3]; сопротивление горизонтальным нагрузкам, включая ветер и сейсмические воздействия; устранение рисков на строительной площадке, снижение рисков аварийных ситуаций благодаря стабильности конструкции; защита рабочих за счет более предсказуемого поведения здания под нагрузкой; экономическая эффективность, снижение затрат на ремонт и исправление деформаций подъемного оборудования, возникающих при недостаточной жесткости и отклонений от проектного положения.

Создание внешней рамной конструкции, закрепляемой на закладные детали по контуру здания, является эффективным решением для обеспечения временной пространственной жесткости при строительстве методом выжимания плит перекрытия. Данный подход повышает устойчивость и безопасность здания в процессе строительства, способствует сокращению сроков работ и улучшению их качества [4]. Правильное проектирование, качественный монтаж и соблюдение мер безопасности являются ключевыми факторами успешного применения данной технологии [5].

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. - Москва: Стройиздат, 1977. 59 с.

3. 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

4. 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.

5. 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.

Борисенко С.А., аспирант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Есипов С.М.

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

ДЕФЕКТЫ СТАЛЬНЫХ КОЛОНН ДВУТАВРОВОГО ПРОФИЛЯ И ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ИХ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИЯХ

Стальные колонны двутаврового профиля широко применяются в металлических каркасах. Данное сечение можно считать экономичным и оптимальным с учетом его геометрических характеристик [1]. Однако в процессе эксплуатации стальные колонны могут подвергаться различным повреждениям, что делает необходимым регулярный контроль их состояния.

Оценка несущей способности поврежденных стальных колонн является сложной задачей, включающей как теоретические, так и практические аспекты. Современные методики расчета не всегда дают

точную оценку воздействия повреждений на прочностные характеристики колонн, а в действующих нормативных документах отсутствуют четкие рекомендации по учету дефектов [2].

Цель данной статьи – рассмотреть типы дефектов и повреждений стальных колонн, а также проанализировать существующие подходы к оценке их несущей способности.

Стальные колонны двутаврового профиля могут подвергаться различным дефектам и повреждениям как в процессе изготовления, так и в ходе эксплуатации. Эти повреждения могут существенно влиять на несущую способность колонн и требуют внимательной оценки для принятия правильных инженерных решений. В зависимости от характера повреждения, их можно классифицировать на два основных типа: монтажные дефекты и повреждения, возникающие в процессе эксплуатации.

Монтажные дефекты появляются на стадии установки колонн в конструкцию. Они могут быть связаны с ошибками в монтаже, неправильной транспортировкой или воздействием внешних факторов в процессе установки. Наиболее распространенными монтажными дефектами являются:

Прокатные двутавры могут подвергаться деформациям в процессе транспортировки и монтажа, включая изгибы, вмятины или повреждения краев. Эти деформации могут возникать вследствие механических воздействий на сечение во время перемещения колонн на строительной площадке или при их установке в каркас [3].

В ходе монтажных работ в наиболее уязвимых частях колонны, например, стенке, могут быть некорректно нанесены монтажные отверстия. В некоторых случаях для монтажа сетевого оборудования делают непроектные отверстия в колоннах, что тоже оказывает значительное влияние на несущую способность.

Повреждения в процессе эксплуатации (рис. 1):

Слоистая коррозия. Данный вид повреждений встречается регулярно на предприятиях, связанных с мокрыми процессами. Причинами появления слоистой коррозии является разрушение окрасочного покрытия и постоянное увлажнение элементов колонны. Развитие слоистой коррозии приводит к уменьшению площади поперечного сечения колонны и к сквозной коррозии элементов.

Механические повреждения. Удары, сдвиги или перегрузки, возникающие в процессе эксплуатации, могут привести к образованию трещин, деформации сечения (погибам) или разрушению материала. Такие повреждения часто происходят при авариях или неправильной эксплуатации.

Термические повреждения. Термические повреждения могут возникнуть как при локальном (точечная сварка), так и при полном воздействии на конструкцию (пожар или другое воздействие повышенной температуры). При температуре $T_0 = 600$ °C происходит рекристаллизация стали, т.е. переход в пластическое состояние. Предел текучести стали

практически достигает нуля. Температуру нагрева стали до 500 °С считают критической. При нагреве выше 500 °С сталь теряет работоспособность и разрушается от любых нагрузок. Температура, при которой стальная конструкция сохраняет несущую способность на определенное время, составляет 350 °С. [4].

Повреждения, возникающие в процессе эксплуатации, требуют более тщательной диагностики и оценки, поскольку их влияние может быть долговременным и прогрессировать со временем, что усложняет определение точных параметров повреждения.

Оценка несущей способности поврежденных колонн является сложной задачей, требующей комплексного подхода, включающего как численные методы, так и экспериментальные исследования.

Одним из наиболее точных и широко применяемых методов является численное моделирование поврежденной колонны с помощью специализированных программных комплексов, таких как ANSYS. Этот метод позволяет создать детальную модель поврежденной колонны, учесть тип и степень повреждений (например, деформации сечения или потери прочности материала) и оценить остаточную несущую способность конструкции при различных нагрузках.

Моделирование в ANSYS позволяет учесть сложные нелинейные эффекты, такие как пластическую деформацию материала, локальные повреждения и изменения в геометрии конструкции.



Рис. 1. Повреждения, возникшие в ходе эксплуатации: *а* – слоистая коррозия; *б* – погиб полки колонны двутаврового сечения; *в* – повреждение колонны от термического воздействия (вследствие пожара)

В случае невозможности проведения испытаний непосредственно на поврежденной колонне в здании, можно использовать уменьшенные модели, изготовленные с учетом аналогичных повреждений. Однако важно учитывать, что испытания уменьшенных моделей не всегда полностью отражают реальные условия эксплуатации. Несмотря на это, испытания уменьшенных моделей остаются эффективным инструментом для получения первичных данных о поведении поврежденных колонн.

Несмотря на существование различных подходов к оценке несущей способности поврежденных колонн, остается ряд нерешенных проблем, требующих дальнейшего изучения.

Отсутствие унифицированной методики. На данный момент в нормативной базе РФ отсутствуют четкие рекомендации по учету повреждений при расчете несущей способности стальных колонн. Это приводит к необходимости использования либо упрощенных допущений, либо сложных индивидуальных методик, что ограничивает возможность широкого применения результатов расчетов на практике.

Сложности моделирования реальных условий эксплуатации. При численном моделировании или лабораторных испытаниях возникает трудность в учете всех факторов, влияющих на поведение конструкции. Например, взаимодействие колонны с другими элементами каркаса, неравномерность распределения нагрузок и воздействие динамических факторов. Эти аспекты требуют разработки более точных моделей и алгоритмов расчета [5].

Недостаток экспериментальных данных. Экспериментальные исследования поврежденных колонн в реальных условиях или на моделях, соответствующих российским стандартам, практически не проводятся. Это приводит к недостаточной валидности численных расчетов и их ограниченной применимости на практике. Для устранения этой проблемы необходимо создавать базы данных результатов испытаний, которые могли бы служить основой для совершенствования существующих методик.

В статье представлен обзор актуальных вопросов, связанных с оценкой несущей способности стальных колонн двутаврового профиля при наличии технологических повреждений. Рассмотрены основные виды дефектов, возникающие при эксплуатации, а также возможные подходы к их учету в расчетах.

Полученные выводы подтверждают необходимость комплексного подхода к изучению данной проблемы, что может внести существенный вклад в повышение безопасности и надежности строительных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик Р.В., Клоев С.В., Клоев А.В. Оптимальное проектирование стержневых металлических конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. №3. С.6-9.

2. Солодов Н. В., Пешкова Е. В. Исследование устойчивости стержней //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2015. – №. 4. – С. 25-27.

3. Солодов Н. В., Хуссейн Т. С. Оценка запаса прочности болтового соединения //APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. – 2015. – №. 3. – С. 27.

4. Горохов Е. В. и др. Долговечность стальных конструкций в условиях реконструкции //М.: Стройиздат. – 1994. – Т. 7.

5. Валиуллин Д. А. и др. Оценка остаточного ресурса стальной конструкции, эксплуатируемой в агрессивной среде //Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – №. 4 (38). – С. 208-216.

6. Шмелев Г. Д., Федотова М. И., Головина Н. В. Случайные функции и интервальный метод прогнозирования остаточного ресурса строительных конструкций //Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12. – №. 11 (110). – С. 1261-1268.

Грязнова Д.О., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Дорожкина Е.А.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

ЗАЩИТА ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ОТ ШУМА

В современном мире проблема шумового загрязнения становится все более актуальной [1]. Одним из основных источников шума в городах является транспорт. Если говорить о соотношении источников шума в окружающей среде жизнедеятельности человека, то оно приведено на рис. 1.

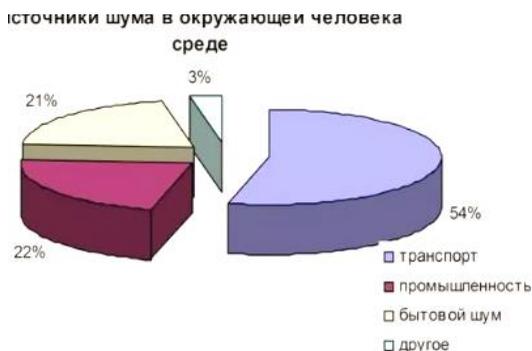


Рис. 1. Соотношение источников шума в окружающей человека среде

Транспортный шум представляет собой совокупность звуков, создаваемых различными видами транспорта: автомобилями, автобусами, трамваями, поездами и т. д. Шум от транспорта может негативно влиять на здоровье человека, вызывая стресс, бессонницу и другие проблемы. Это было неоднократно доказано исследованиями [2, 3].

В настоящее время вопросы обеспечения допустимого уровня шума рассматриваются в архитектуре и строительстве наравне с вопросами обеспечения таких физико-технических параметров, как тепловая защита, естественное и совмещенное освещение, инсоляция [4].

Согласно СП 51.13330.2011 «Защита от шума» звукоизоляцией ограждающих конструкций называется комплекс мер, направленных на снижение уровня шума, проникающего в помещение извне. Допустимые уровни звукоизоляции также определяются СП 51.13330.2011 «Защита от шума» и зависят от функционального назначения и категории рассматриваемого объекта.

Для оценки звукоизоляции помещений, в зависимости от вида источника шума, выделяют такие параметры, как индекс изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями и индекс приведенного уровня ударного шума.

Звукоизоляция ограждающих конструкций является важным аспектом обеспечения комфорта и безопасности в жилых зданиях. Она помогает снизить уровень транспортного шума и создать благоприятные условия для проживания.

Проектирование звукоизоляции – это комплексная задача, которая требует выполнения ряда условия [5-7]:

1. Выбор оптимальных градостроительных решений, а также благоустройства с учетом особенностей застройки в рамках действующих нормативных значений.

2. Выбор оптимальных объемно-планировочных решений здания, обеспечивавших снижение уровня шума в помещениях согласно требованиям действующих нормативных документов.

3. Выбор изделий, материалов и технологий производства работ, обеспечивающих повышение уровня звукоизоляции внутри помещений не ниже допустимых значений.

Однако необходимо помнить, что звукоизоляция должна быть комплексной и включать в себя использование различных материалов и технологий. Правильный выбор материалов, качественное выполнение строительных работ и соблюдение технологических процессов позволят обеспечить надежную звукоизоляцию и защитить жильцов от нежелательного шума.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шум, как экологический фактор среды обитания / О. О. Некипелова, А. Н. Коновалова, М. И. Некипелов, Т. И. Шишелова // Современные наукоемкие технологии. 2004. № 2. С. 109.

2. Погоньшева, И. А. Влияние шума на психофизиологические параметры и работоспособность организма человека / И. А. Погоньшева, Д. А. Погоньшев, А. А. Крылова // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2015. № 1. С. 87-93.

3. Влияние шума на оппонентные психофизиологические системы памяти человека / М. Н. Некипелов, О. О. Некипелова, Т. Н. Шишелова, Е. С. Маслоа // Успехи современного естествознания. 2005. № 9. С. 97-100.

4. Stetsky, S. Position of residential buildings in the urban tissue in relation to environmental affect: A review / S. Stetsky, E. Dorozhkina // E3S Web of Conferences : 22, Voronezh, 08–10 декабря 2020 года. – Voronezh, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202124406006.

5. Иванов, Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник для студентов высших учебных заведений / Н. И. Иванов. М.: Логос, 2008. 424 с.

6. Гражданкин, С. Р. Анализ методов защиты застройки от транспортного шума / С. Р. Гражданкин, Е. А. Дорожкина // Наука и инновации в строительстве : Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства, Белгород, 14 апреля 2022 года. Том 1. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2022. С. 200-205.

7. Анализ методов защиты примагистральных территорий от шумового загрязнения / Н. И. Синяков, А. И. Воронков, Е. А. Дорожкина, Н. Л. Галаева // Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития: Материалы Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Тюмень, 22–23 апреля 2022 года / Отв. редактор А.Б. Храмцов. Том II. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. С. 255-258.

Егорова С.Р., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Дорожкина Е.А.

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, г. Москва, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В АРХИТЕКТУРЕ

В общем виде акустикой называется раздел физики, который изучает возбуждение, распространение, прием звуковых волн, а также их взаимодействие со средой [1]. С позиции архитектурно-строительного

проектирования акустика приобретает прикладное значение. Таким образом выделяют две группы прикладных акустических задач [2]:

- обеспечение требований звукоизоляции в помещениях в зависимости от их назначения;
- обеспечение требований слышимости и разборчивости речи.

При этом актуальность указанных задач определяется действующими нормативными документами. В части обеспечения требований звукоизоляции используется СП 275.1325800.2016 «Конструкции, ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции» для зданий жилого, общественного, а в ряде случаев, и производственного назначений. В части обеспечения требований слышимости и разборчивости речи целесообразно руководствоваться СП 415.1325800.2018 «Здания общественные. Правила акустического проектирования».

При этом решение поставленных задач может быть достигнуто различными способами помимо предупредительных мероприятий. Наиболее действенными из них являются подбор объемно-пространственных решений помещений, объемно-планировочные решения здания, а также подбор конструкций, их формы и материалов [3].

В контексте данной работы наиболее подробно остановимся на акустических материалах, применяемых в современной архитектуре. Они позволяют снизить уровень громкости от различных источников внутреннего или внешнего шума, либо обеспечить его поглощение.

Согласно СП 51.13330.2011 «Защита от шума» выделяются различные виды шума в зависимости от их этимологии, в том числе воздушный шум, ударный шум, а также шум структурный. Данный критерий является определяющим в выборе методов оптимизации параметров акустической среды.

При этом выбор акустических материалов базируется на их различной способности к задержанию (поглощению) звуковой волны в различных средах.

В зависимости от решаемых задач акустические материалы могут быть разделены на две основные группы: звукоизоляционные и звукопоглощающие материалы. Рассмотрим каждую из них более подробно.

Звукоизоляционные материалы предназначены для снижения уровня звукового давления при переходе звуковой волны сквозь конструкцию. В виду этого, данный эффект может быть получен либо за счет самого материала конструкции, или за счет совокупности материала и технического решения конструкции. При этом звукоизоляционная способность материала пропорциональна логарифму массы конструкции.

Немаловажное значение с позиции обеспечения звукоизоляционных характеристик имеет структура звукоизоляционного материала. При этом предпочтительная структура материала определяется в зависимости от вида рассматриваемого шума.

Дополнительными требованиями, которые при проектировании предъявляются к звукоизоляционным материалам являются их влаго- и биостойкость, а также способность длительное время сохранять свои эксплуатационные характеристики.

Основным назначением звукопоглощающих материалов является повышение акустических характеристик помещений общественных зданий, а также создание оптимальных условий слышимости внутри помещения. В основном такие материалы применяются в таких помещениях, как зрительные залы, лекционные аудитории, конференц-залы, радиостудии и тому подобное. В отдельных случаях звукопоглощающие материалы применяют для создания частных пространств, например в офисных пространствах открытого типа.

Примеры использования звукопоглощающих материалов приведены на рис. 1.



Рис. 1. Звукопоглощающие решения в интерьере: а – потолочная плита; б – акустическая кабина

Звукопоглощающие материалы имеют волокнистое, зернистое или ячеистое строение и могут обладать различной степенью жесткости (мягкие, полужесткие, твердые). В случае звукопоглощающих материалов немаловажное значение имеют их визуальные характеристики: в основном данный вид материала используется в качестве отделки помещений, мебельных элементах, либо является самостоятельным элементом интерьера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боголепов И. И. Строительная акустика. Второе издание. // СПбГПУ. 2010. 364 с.

2. Лившиц, А. Я. Акустический комфорт. Решение задач методами строительной и архитектурной акустики / А. Я. Лившиц // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2023. № 6. С. 4-9.

3. Стецкий, С. В. Повышение качества световой, акустической и инсоляционной среды в помещениях гражданских зданий с применением стационарных солнцезащитных устройств / С. В. Стецкий, Е. А. Дорожжина // Инновации и инвестиции. 2021. № 2. С. 193-198.

4. Stetsky, S. Position of residential buildings in the urban tissue in relation to environmental affect: A review / S. Stetsky, E. Dorozhkina // E3S Web of Conferences : 22, Voronezh, 08–10 декабря 2020 года. Voronezh, 2021. DOI 10.1051/e3sconf/202124406006.

Егорова С.Р., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Дорожжина Е.А.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

СВЕТОВОДЫ В АРХИТЕКТУРЕ ЗДАНИЙ

Обеспечение естественным освещением помещений различного функционального назначения является одной из приоритетных задач современной архитектуры [1]. Требования к естественному освещению варьируются в зависимости от типа зданий и изложены в СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение», СП 367.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования естественного и совмещенного освещения» и СП 419.1325800.2018 «Здания производственные. Правила проектирования естественного и совмещенного освещения».

Стандартными средствами обеспечения естественного освещения является использование систем бокового и верхнего освещения. Однако, ввиду особенностей современной архитектуры все чаще таких решений недостаточно. Это определяется сложной конфигурацией зданий, увеличением пролетов, а также стремлением к освоению подземного пространства [2].

Чаще всего такое решение применяется для помещений, расположенных на отметке ниже уровня земли на цокольных или подвальных этажах. Примером такого решения может стать освещение подземной части Дома культуры «ГЭС-2» (Москва, 2021 г.), рис. 1.

Свою популярность световоды приобрели и в зарубежной архитектуре. Современные решения по освещению помещений на основе световодов существуют и применяются в США, Великобритании, Австралии, Германии, Италии [4, 5].

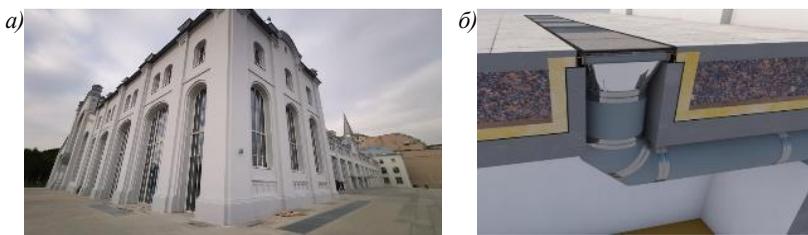


Рис. 1. Дом культуры «ГЭС-2» (Москва, 2021 г.): *а* – общий вид; *б* – визуализация технического решения [3]

Принцип работы световодов основан на полном внутреннем отражении световых лучей от внутренней поверхности световода. Обязательными элементами световода являются купол и рассеиватель, соединенные друг с другом световодом. В зависимости от конфигурации крыши и подкровельного пространства возможно применение дополнительных поворотных элементов – угловых адаптеров. Конструкция стандартного комплекта световода для скатной крыши приведена на рис. 2.

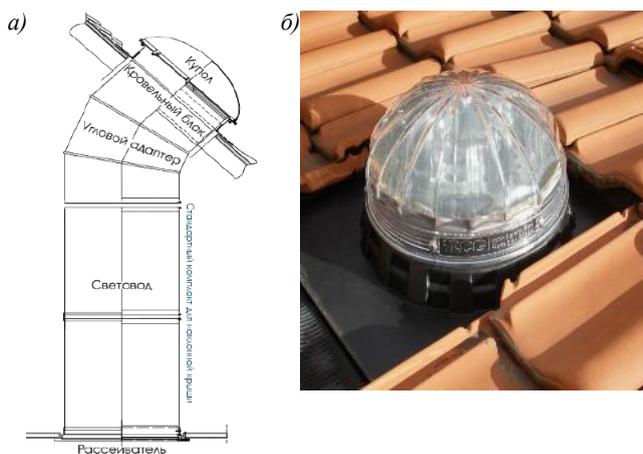


Рис. 2. Конструкция полого трубчатого световода: *а* – стандартный комплект для скатной крыши (схема); *б* – установка купола (фото)

Использование световодов для освещения внутренней среды здания также может рассматриваться как средство повышения его энергоэффективности, что позволяет значительно снизить теплотери здания через светопрозрачные конструкции с одной стороны, и обеспечить освещение пространства естественным светом без использования электрических осветительных приборов с другой [6]. Такой подход полностью соответствует принципам «зеленого» строительства [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловьев, А. К. Современное понимание роли естественного освещения при проектировании зданий / А. К. Соловьев, Е. А. Дорожкина // Жилищное строительство. 2021. № 11. С. 46-52.
2. Дорожкина, Е. А. Многофункциональные жилые здания как объект современной архитектуры / Е. А. Дорожкина // Образование. Наука. Производство: Сборник докладов XV Международного молодежного форума, Белгород, 23–24 октября 2023 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. С. 83-87.
3. ГЭС-2: сайт. – <https://solargy.ru/projects/ges-2/> (дата обращения: 01.10.2024). – Текст: электронный.
4. Пейн Т. Развитие полых световодов в Великобритании // Светотехника. 2004. № 3. С. 39-45.
5. Мигалина, И. В. Расчет и проектирование естественного освещения помещений: учебное пособие / И. В. Мигалина, Н. И. Щепетков. М.: МАРХИ, 2013. 72 с.
6. Соловьев, А. К. Полые трубчатые световоды: их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии / А. К. Соловьев // Светотехника. 2011. № 5. С. 41-47.
7. Дорожкина, Е. А. «Зеленое» здание и «зеленая» архитектура: к вопросу уточнения терминологии / Е. А. Дорожкина // Перспективы развития строительного комплекса: Материалы XVI Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. – Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. С. 116-119.

Еремин В.О., студент
Алтухов М.А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Дрокин С.В.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА ИСПЫТАНИЙ НА КЛАСС БЕТОНА ПО ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ

Прочность материалов, в том числе и бетона – величина изменчивая. Так, даже образцы, выполненные из одного замеса, могут показать разные значения данной характеристики, вследствие неравномерного распределения компонентов бетонной смеси, физической и химической неоднородности продуктов гидратации цемента, результатом влияния

изменчивости свойств компонентов и других факторов. Изменчивость прочностных характеристик бетона в целом имеет случайный характер, подчиняется вероятностно- статистическим законам, поэтому для расчета используются вероятностные методы [1].

Долгое время для характеристики прочности бетона использовалось понятие «марка бетона». Цифровое обозначение марки бетона соответствовало среднему сопротивлению сжатию эталонного образца – куба с ребром 150 мм. Для всей страны на основе испытаний на различных заводах-изготовителях бетона был определен коэффициент изменчивости (вариации), равный 0,135 (13,5 %) [2].

При производстве железобетонных изделий коэффициент вариации прочности бетона меняется в зависимости от технологической дисциплины при его приготовлении, параметров инертных материалов, технологии смешивания и ряда других факторов. Это приводит к значимым различиям коэффициента вариации для разных производителей.

Для монолитных конструкций количество факторов, влияющих на прочность бетона, значительно больше по сравнению со сборными конструкциями и, соответственно, изменчивость (коэффициент вариации) прочности бетона также больше.

Указанные причины привели к необходимости учитывать реальный уровень качества изготовления бетона, т.е. учитывать величину коэффициента изменчивости бетона конструкции. Данный подход позволяет определять величину нормативной прочности бетона с заданной обеспеченностью, что и было положено в основу понятия «класс бетона», используемого в настоящее время в нормативных документах [2].

Согласно нормативной литературе, класс бетона определяется по формуле (1):

$$B = R_m(1 - t_\alpha V), \quad (1)$$

где R_m – средняя прочность бетона по результатам испытаний, МПа; t_α – коэффициент Стьюдента для односторонней обеспеченности 0,95; V – коэффициент вариации прочности; [3].

Коэффициент вариации прочности бетона на сжатие определяется для каждой конструкции отдельно [4].

Коэффициент Стьюдента изменяется в зависимости от количества производимых испытаний прочности бетона. При бесконечном количестве испытаний коэффициент Стьюдента равен 1,64 и получается известная формула для определения класса бетона в зависимости от средней прочности бетона на сжатие и коэффициента вариации:

$$B = R_m(1 - 1,64V).$$

В процессе обследования возможно только ограниченное количество испытаний прочности бетона. В этом случае для определения прочности бетона на сжатие возможно два подхода – статистический, изложенный в приложении Б СП 13-102-2003, и упрощенный по схемам В и Г ГОСТ 18105-2018.

Расчет по схеме Г производится по формуле (2):

$$B = 0,8R_m, \quad (2)$$

где R_m – средняя прочность бетона по результатам испытаний, МПа.

При этом коэффициент вариации прочности бетона должен быть не более значений, указанных в таблице 3 [4]. В противном случае нельзя говорить об однородности прочности бетона конструкции.

Расчет по схеме В производится по формулам (3) и (4):

$$B = R_m - K_s S_m, \quad (3)$$

$$B = K_T R_m \quad (4)$$

где R_m – средняя прочность бетона по результатам испытаний, МПа; K_T – коэффициент требуемой прочности [5], S_m – коэффициент, принимаемый по таблице 4 [4] в зависимости от числа единичных значений прочности бетона в контролируемой конструкции.

При этом расчет по (3) производится при количестве участков испытаний от 6 до 15, по (4) – при количестве испытаний более 20.

Для наглядности были произведены расчеты, которые показывают, как взаимосвязаны между собой класс бетона по прочности на сжатие, определенный по вышеуказанным нормативным документам, количество проведенных испытаний прочности бетона и различные коэффициенты вариации. Результаты проведенных расчетов показаны в табл. 1.

Таблица 1

**Зависимость класса бетона от количества испытаний
и коэффициента вариации**

Количество испытаний	Класс бетона на сжатие при							
	V = 0,03		V = 0,06		V = 0,09		V = 0,135	
	СП	ГОСТ	СП	ГОСТ	СП	ГОСТ	СП	ГОСТ
3	27,9	24	25,8	-	23,6	-	20,5	-
4	28,1	24	26,2	-	24,2	-	21,4	-
5	28,2	24	26,4	24	24,6	-	21,8	-
10	28,4	28,3	26,7	26,5	25,1	24,9	22,7	22,5
15	28,4	28,4	26,8	26,7	25,3	25,1	22,9	22,7
20	28,4	28,0	26,9	28,0	25,3	27,0	23	23,0
25	28,5	28,0	26,9	28,0	25,4	27,0	23,1	23,0
30	28,5	28,0	26,9	28,0	25,4	27,0	23,1	23,0
40	28,5	28,0	27,0	28,0	25,5	27,0	23,2	23,0

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что для получения более высокого класса бетона по прочности на сжатие необходимо выполнить большее количество испытаний (при одинаковом коэффициенте вариации прочности бетона). В этом случае уменьшается ошибка, связанная с малым количеством измерений и учитываемая коэффициентом Стьюдента. Все это косвенно заложено в действующем ГОСТ по оценке прочности бетона железобетонных конструкций [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евстифеев В.Г. Железобетонные и каменные конструкции. В 2ч. Ч. 1. Железобетонные конструкции: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В. Г. Евстифеев. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 432 с.
2. Перельмутер А.В. Основы метода расчетных предельных состояний / А.В. Перельмутер, О.В. Кабанцев, С.Ф. Пичугин / М.: Издательство СКАД СОФТ, Издательство Дом АСВ, 2019. - 240 стр.
3. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений: принят постановлением Госстроя России от 21 августа 2003 г. № 153: дата введения 21-08-2003. - М: Госстрой России, 2014. - 31 с.
4. ГОСТ 28570-2019. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное. – М.: Стандартиформ, 2019. - 22 с.
5. ГОСТ 18105-2018. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное. – М.: Стандартиформ, 2019. - 22 с.
6. Сулейманова Л.А. Высокотехнологичные бетоны с использованием суперпластифицирующих добавок на основе поликарбоксилата / Л.А. Сулейманова, И.А. Погорелова, А.С. Слепухин, С.И. Плехова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. - №9. – С. 63-66.

Ермакова Е.Г., студент

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Крючков А.А.**

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

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОД УДАРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

В современном строительстве железобетонные конструкции занимают одну из ключевых позиций благодаря своей прочности, долговечности и устойчивости к различным воздействиям. Однако при определенных условиях они могут подвергаться ударным воздействиям, которые могут привести к повреждению или разрушению конструкций. В этой статье мы подробно рассмотрим особенности железобетонных конструкций под ударным воздействием, а также методы их защиты и усиления.

Железобетон представляет собой композитный материал, состоящий из стальной арматуры и бетон (рис. 1). Бетон обеспечивает прочность на сжатие, а арматура – прочность на растяжение и изгиб. Это делает

железобетонные конструкции устойчивыми к статическим нагрузкам, таким как вес зданий и сооружений [1].

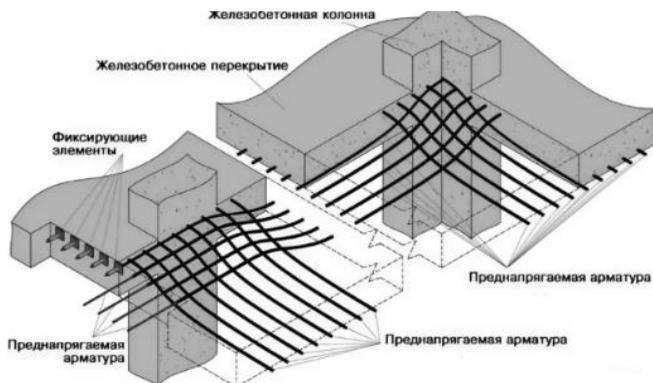


Рис. 1. Схема, иллюстрирующая основные компоненты железобетонной конструкции и их взаимодействие

Однако при ударных воздействиях, таких как взрывы, удары тяжелых предметов или падение грузов, железобетонные конструкции могут испытывать значительные нагрузки, которые могут превышать их расчетные значения. В результате этого могут возникать трещины, сколы и даже обрушения конструкций [2].

Рассмотрим основные свойства железобетона:

- прочность на сжатие: бетон обладает высокой прочностью на сжатие, что позволяет ему выдерживать большие нагрузки без разрушения;
- упругость: железобетонные конструкции обладают упругостью, что позволяет им возвращаться к исходной форме после снятия нагрузки;
- пластичность: железобетонные конструкции также обладают пластичностью, что позволяет им деформироваться без разрушения при превышении предела упругости;
- трещиностойкость: железобетонные конструкции способны выдерживать образование трещин без потери несущей способности [3].

Эти свойства делают железобетонные конструкции надежными и прочными, но также требуют учета при проектировании и строительстве с учетом возможных ударных воздействий.

Ударные воздействия могут быть различной интенсивности и характера. Они могут вызывать следующие повреждения железобетонных конструкций:

- трещины и сколы: ударные нагрузки могут приводить к образованию трещин и сколов в бетоне, что снижает прочность и устойчивость конструкций;

– повреждение арматуры: арматура может деформироваться или ломаться под действием ударных нагрузок, что также снижает прочность конструкций;

– обрушение конструкций: в случае значительных ударных воздействий конструкции могут обрушаться, что может привести к серьезным последствиям [4].

Анализ последствий ударных воздействий на железобетонные конструкции позволяет выделить следующие основные факторы, влияющие на степень повреждений:

– интенсивность ударного воздействия: чем больше интенсивность ударного воздействия, тем больше вероятность повреждения или разрушения железобетонной конструкции.

– направление ударного воздействия: направление ударного воздействия также влияет на степень повреждения железобетонной конструкции. Например, ударное воздействие, направленное перпендикулярно поверхности железобетонной конструкции, вызывает больше повреждений, чем ударное воздействие, направленное под углом.

– состояние железобетонной конструкции: состояние железобетонной конструкции также влияет на ее способность противостоять ударным воздействиям. Например, железобетонная конструкция, имеющая трещины или другие дефекты, более уязвима к ударным воздействиям, чем железобетонная конструкция, не имеющая дефектов.

Таким образом, учет всех этих факторов позволяет более точно оценить степень повреждения железобетонной конструкции после ударного воздействия и разработать эффективные меры по ее защите и усилению.

Существует несколько методов защиты железобетонных конструкций от ударного воздействия:

1. Использование защитных экранов. Защитные экраны могут устанавливаться на пути распространения ударной волны, чтобы снизить ее интенсивность и предотвратить повреждение конструкций.

2. Применение демпфирующих материалов. Демпфирующие материалы могут поглощать часть энергии ударной волны и снижать нагрузку на конструкции.

3. Усиление конструкций. Усиление железобетонных конструкций может повысить их прочность и устойчивость к ударным воздействиям.

4. Проектирование с учетом ударных воздействий. При проектировании железобетонных конструкций необходимо учитывать возможность ударных воздействий и принимать соответствующие меры для обеспечения безопасности.

5. Мониторинг состояния конструкций. Регулярный мониторинг состояния железобетонных конструкций позволяет своевременно выявлять и устранять дефекты, снижающие их способность противостоять ударным воздействиям.

6. Регулярное техническое обслуживание. Техническое обслуживание позволяет поддерживать железобетонные конструкции в исправном состоянии и своевременно устранять выявленные дефекты.

В случае повреждения железобетонных конструкций после ударного воздействия необходимо провести их усиление. Это может включать в себя следующие мероприятия: восстановление поврежденного бетона (поврежденный бетон может быть удален и заменен новым бетоном, который имеет более высокую прочность и долговечность); замена поврежденной арматуры (поврежденная арматура может быть заменена новой арматурой, которая имеет больший диаметр и более высокое качество); установка дополнительных элементов усиления (дополнительные элементы усиления, такие как стальные пластины или стержни, могут быть установлены для повышения прочности конструкций).

Выбор метода усиления зависит от характера и степени повреждения железобетонной конструкции. Поэтому перед проведением работ по усилению необходимо провести детальное обследование конструкций и разработать проект усиления [5].

Железобетонные конструкции являются надежными и прочными, но при определенных условиях могут подвергаться ударным воздействиям, которые могут вызвать их повреждение или разрушение. Для предотвращения этих последствий необходимо учитывать особенности железобетонных конструкций при проектировании и строительстве, а также применять методы защиты и усиления при необходимости.

Регулярный мониторинг состояния железобетонных конструкций, своевременное выявление и устранение дефектов, а также соблюдение правил безопасного обращения с ними позволяют значительно снизить риск повреждения или разрушения конструкций под ударным воздействием.

Таким образом, железобетонные конструкции могут успешно противостоять ударным воздействиям при условии правильного проектирования, строительства и эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Москва: Минстрой России.

2. Аль-Хадж М.А.Х., Коржаева Е.Э., Яновская А.В., Кукаев А.Х., Падиев И.Д., Османов А. Особенности механики разрушения компонентов бетона железобетонных конструкций при динамических ударных воздействиях // Вестник Евразийской науки, 2020 №2.

3. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Есипов С.М., Амелин П.А. Цифровое обследование зданий и сооружений, поврежденных в результате чрезвычайных ситуаций // В книге: 65 лет ДонГТИ. Наука и практика. Актуальные вопросы и инновации. сб. тезисов докладов юбилейной международной научно-технической конференции. Алчевск, 2022. С. 201-203.

4. Huang, X., Liu, C., Gu, Y. Analysis of concrete structures under impact loading // International Journal of Impact Engineering, 2016.91, 122–134.

5. Есипов С.М., Алескеров В.В., Борисенко С.А. Информационное моделирование строительства. // VII Международный студенческий строительный форум – 2022: сб. докл.: в 2 т. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. – Т.1. – 250. С. 115-119.

Жилин Д.А., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Фролов Н.В.**

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

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА НАДЕЖНОСТИ ПО НАГРУЗКЕ ОТ СОБСТВЕННОГО ВЕСА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ ПОКРЫТИЯ

При проектировании строительных конструкций одним из главных требований является обеспечение надежности. Под надежностью понимается способность конструкции выполнять свои функции на протяжении всего расчетного срока эксплуатации. Основное условие надежности будет выполняться, когда несущая способность элемента выше неблагоприятного сочетания усилий от расчетных нагрузок.

В каждом из расчетных сочетаний усилий учитывается расчетная постоянная нагрузка от собственного веса. Для перехода от нормативного значения нагрузки к расчетному используется коэффициент надежности по нагрузке γ_f . Согласно СП 20.13330 «Нагрузки и воздействия», коэффициент надежности по нагрузке от собственного веса металлических конструкций составляет 1,05. Практика выполнения статических и конструктивных расчетов показывает, что если для металлических балок и колонн разница между нормативной и действительной массой может составлять 5%, то для таких элементов как металлические фермы покрытия - это отклонение может быть больше.

Металлические фермы покрытия нашли широкое применение как в промышленных, так и в гражданских зданиях. Фермы могут быть изготовлены из различных профилей и различным сопряжением узлов в зависимости от их назначения, действующих нагрузок и конфигурации здания.

До настоящего времени легкие стальные фермы проектировались из стержней, состоящих из спаренных уголков. Такие сечения имеют широкую вариацию площадей и удобны для конструирования узлов на фасонках. Для ферм, изготовленных из труб, наиболее рациональны узлы

без использования фасонных элементов, то есть с непосредственным примыканием стержней.

В настоящее время для расчета ферм покрытия достаточно большое количество проектировщиков использует различные программные комплексы, например, ЛИРА-САПР, автоматизирующую расчеты по СП. В данной программе как моделирование самой конструкции, так и узлов производится в упрощенном виде. Соответственно при таком расчете действительная масса фермы может отличаться от нормативной, которая задается автоматически в зависимости от применяемых сечений, более чем 5 %. Пример пространственной модели фермы, выполненной в ЛИРА САПР представлена на рис. 1.

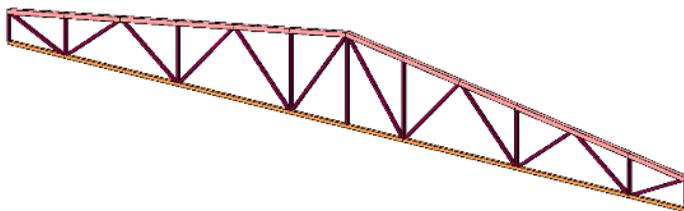


Рис. 1. Пространственная модель фермы в ПК ЛИРА-САПР

С целью нахождения наиболее точного значения коэффициента надежности по нагрузке от собственного для металлической фермы необходимо провести численное исследование с определением действительной массы фермы. Для выполнения данной задачи подходят различные программные комплексы, например, Tekla Structures. Данная компьютерная программа позволяет создавать более детализированные и проработанные элементы. Результатом будет являться модель фермы с точными длинами всех элементов и детализированные узлы, с учетом всех соединяющих элементов. Главным достоинством Tekla Structures является высокая степень детализации узлов, которую можно увидеть на рис. 2.

Для исследования необходимо сравнить наиболее распространенные в применении виды ферм. На коэффициент надежности может влиять очертание фермы, пролет и соединение элементов в узлах ферм.

Анализ результатов, полученных из программных комплексов, позволит определить действительную разницу между массой элемента, используемой для расчета при использовании ЛИРА-САПР, и действительной массой фермы, полученной после создания детализированной модели в Tekla Structures.

Целью исследования является получение действительного значения коэффициента надежности для собственного веса стальной фермы и определение величины отличия от коэффициента, который приводится в СП. На основе материалов численного исследования планируется провести анализ и определить зависимость коэффициента от конфигурации и пролета ферм.

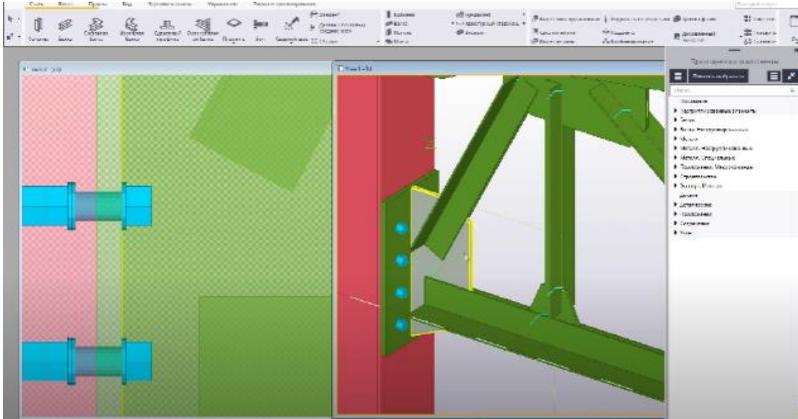


Рис. 2. Узел фермы в Tekla Structures

Влияние собственного веса имеет прямую зависимость с величиной пролета фермы. Соответственно, чем больше пролет фермы, тем больше масса фермы, тогда при расчете на сочетании усилий.

В ходе анализа научных трудов Я.М. Лихтарникова было обнаружено, что для учета вспомогательных деталей используется строительный коэффициент ψ . Его значение возможно определить из следующих формул:

– для ферм из уголков:

$$\psi = 1,13 + \frac{64,5}{q * L}; \quad (1)$$

– для ферм из круглых и прямоугольных труб:

$$\psi = 1,03 + \frac{53,6}{q * L}. \quad (2)$$

Данные коэффициенты могут быть определены по усредненным значениям в зависимости от пролета и конструктивного решения. Численные значения коэффициента ψ представлены в табл. 1.

Таблица 1

Строительные коэффициенты массы

Конструкция	Конструктивное решение	Строительный коэффициент массы
Стропильные фермы	Из двойных уголков пролетом 18-24 м	
	То же, 30-36 м	
	Из одиночных уголков пролетом 24 м	
	То же, 30-36 м	
	Из гнутых замкнутых профилей и труб	

Таким образом, исследование коэффициента надежности по нагрузке для собственного веса позволит при последующих расчетах использовать

более точные полученные расчетные коэффициенты. Благодаря этому исследованию повысится точность расчетов и надежность проектируемых металлических ферм покрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зинькова В.А., Солодов Н.В. Исследование напряженно-деформированного состояния бесфасоночных узлов трубчатых ферм // Современные проблемы науки и образования. 2013. - №6. – С.32-46.
2. Соболев Ю.В. Некоторые вопросы расчета узлов трубчатых ферм из замкнутых гнутосварных профилей /Ю.В. Соболев, А.В. Мухин // Расчет строительных конструкций и сооружений. – М., 1983. – С.140-147.
3. Мухин А.В. Напряженно деформируемое состояние узлов ферм из замкнутых гнутосварных профилей: дисс. ...канд. Тех. Наук: 05.23.01. -М., 1984.-2014 с.
4. Левитанский И.В. О проектировании ферм покрытий промышленных зданий из круглых и прямоугольных труб / И.В. Левтанский // Легкие металлические конструкции промышленных зданий. – М., 1975. – С. 88-104.
5. Перков В. Е., Наумкина Ю. В. Оптимизация конструктивного решения металлической стропильной фермы по критерию массы // ИВД. 2022. №5 (89).
6. Лихтарников Я.М. Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций. – М.: Стройиздат, 1979. 319 с.
7. Лесовик Р.В., Клюев С.В., Клюев А.В. Оптимальное проектирование стержневых металлических конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. №3. С.6-9..

**Зенина Ю.С., магистрант,
Тестова Н.А., магистрант**

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Тумаков С.А.

*Ярославский государственный технический
университет, г. Ярославль, Россия*

ПОКРЫТИЕ С ПРОФИЛИРОВАННЫМ НАСТИЛОМ, РАССЧИТАННЫМ СТАНДАРТНЫМ СПОСОБОМ, И ОБЗОР ПУБЛИКАЦИЙ ПО УЧЕТУ РЕДУКЦИИ СЕЧЕНИЯ

Современные нормы проектирования предусматривают возможность расчета стального профилированного настила по своду правил СП 294.1325800 [1] и с учетом редуцирования сечения по ГОСТ Р 58901-2020 [2] и своду правил СП 260.1325800.2016 [3].

Редуцированным сечением называется сечение, уменьшенное за счет потери устойчивости сжатого пояса.

В настоящей работе приводится пример расчета профилированного настила на реальном объекте и обзор литературы по расчету легких холодногогнутого стальных тонкостенных конструкций с учетом редуцирования сечения.

В рамках студенческой научной работы были выполнены проектные решения элементов покрытия административно-складского здания, расположенного в городе Ярославль, ул. Гоголя, д. 20.

Были рассчитаны и законструированы стальные фермы из сварных гнутозамкнутых, прямоугольных труб пролетом 15,02 м с шагом 3,825 м и 4,2 м под облегченную малоуклонную кровлю. Фермы запроектированы односкатными с уклоном 0,02, с равномерной треугольной решеткой с нисходящими опорными раскосами. Схема расположения ферм со связями и разрезы приведены на рис. 1.

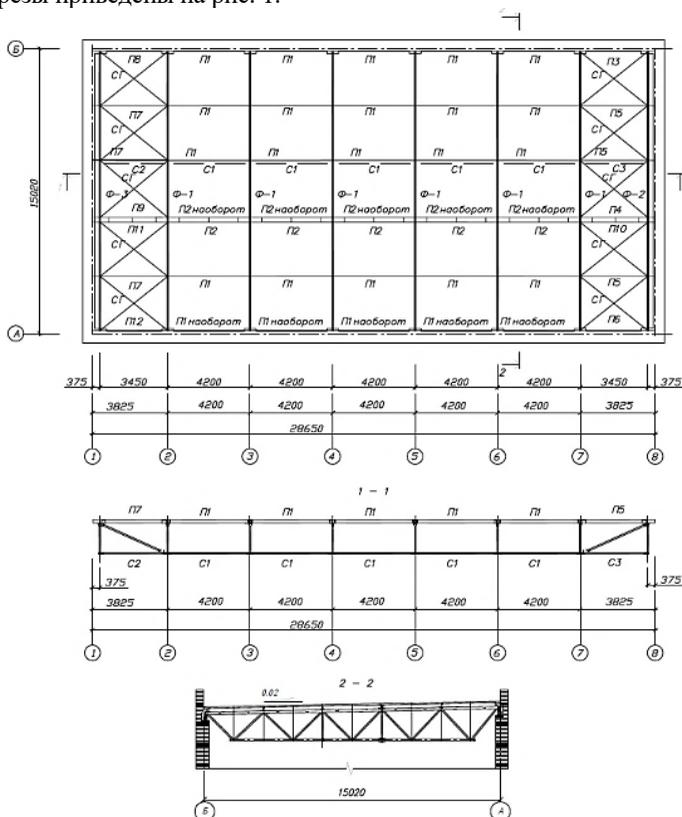


Рис. 1. Схема расположения конструкций покрытия

Покрытие здания выполняется из профилированного настила по ГОСТ 24045-2016. Настил Н75-750-0,8 в здании принят длиной 15 м из двух полотен длиной 9 м и 6 м и рассчитывался по неразрезанной трех- и двухпролетной схемам. Толщина настила принята 0,8 мм, как минимальная возможная для расчета по СП 294.1325800 [1] на устойчивость стенки сжато-изогнутого элемента, укрепленной продольным ребром жесткости. Опираение настила осуществляется на прогоны 18П по ГОСТ 8240-97, уложенные на верхние пояса ферм. Крепление к прогонам вдоль стен и в узле сопряжения полотен в каждой волне, в остальных местах – через волну. Жесткий диск покрытия создается горизонтальными связями по покрытию в осях 1-2 и 8-9. Из плоскости фермы раскрепляются вертикальными связями и прогонами.

При расчете профилированного настила применялись стандартные формулы и условия расчета по прочности, устойчивости и деформациям из СП 294.1325800 [1]. Расчет проводился на постоянные нагрузки определенные составом покрытия и временные нагрузки: мембрана ПВХ, утеплитель минеральная вата с прочностью на сжатие при 10 %-ной линейной деформации не менее 60 кПа толщиной $t = 40$ мм, минеральная вата с прочностью на сжатие при 10 %-ной линейной деформации не менее 45 кПа толщиной $t = 200$ мм, пароизоляция, собственные вес профилированного листа Н75-750-0,8, снеговая нагрузка для города Ярославля. Выполненным расчетом подтверждена возможность использования в покрытии настила из профилированного листа Н75-750-0,8.

Следующим этапом нашей исследовательской работы будет проверка сечений легких холодногнутых стальных тонкостенных конструкций с учетом редуцирования сечения по ГОСТ Р 58901-2020 [2] и своду правил СП 260.1325800.2016 [3]. Для этого нами выполнен обзор научных публикаций по теме расчета сечений элементов с учетом редуцирования.

Стальные профилированные настилы широко применяются в покрытиях зданий. На протяжении последних лет учеными проведена большая работа по совершенствованию методов расчета такого вида конструкций с учетом потери устойчивости сжатого пояса листа, что нашло отражение в ГОСТ Р 58901-2020 [2] и СП 260.1325800.2016 [3].

В работе [3] В.Т. Бондарь и Т.В. Наземеевой представлены особенности расчета плит покрытия из профнастила по различным существующим методикам. В указанной статье показаны особенности, достоинства и недостатки каждого метода определения несущей способности профилированного настила на конкретных примерах. Кроме теоретических выкладок проведено экспериментальное исследование и дано сравнение полученных результатов.

Бондарь В.Т. в [5] приводит сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния профилированных листов разных марок. По результатам анализа автором определены характерные формы потери устойчивости, а также определены критические напряжения, которые участвуют в вычислениях геометрических характеристик редуцированных сечений.

Весомые результаты по результатам исследований в своих работах показала И. А. Румянцева. Так, например, в статье [6] приведены разрешающие выражения расчета коэффициентов редукции сжатых полок профилированных стальных листов.

Численные методы широко используются в расчете и анализе тонкостенных конструкций. В статье [7] Д.Д. Евсеева, Е.К. Липина, В.В. Чедрика описан алгоритм преобразования дискретных моделей метода конечных элементов для тонкостенных конструкций в дискретно-континуальные расчетные модели задач прочности. Этот метод базируется на редуцировании матрицы жесткости дискретной модели конструкции с использованием матрицы перехода.

В работе коллектива авторов из ЦНИИПСК им. Мельникова [8] наиболее подробно отражена методика расчета различных конструкций из стальных тонкостенных холодногнутых профилей с учетом редуцирования сечений. Также даны примеры расчета вычисления геометрических характеристик редуцированного сечения профилированного листа покрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 294.1325800.2017 Конструкции стальные. Правила проектирования (с Изменениями № 1, № 2 и №3). - М.: ФГБУ "РСТ", 2023. – 182 с.
2. ГОСТ Р 58901-2020 Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Методика расчета несущей способности. М.: Стандартинформ, 2015. – 19 с.
3. СП 260.1325800.2016 Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования. - М: Минстрой России, 2016. – 124 с.
4. Бондарь, В.Т. Сравнительный анализ методов определения несущей способности профилированного настила / В.Т. Бондарь, Т.В. Назмеева // Инженерные исследования. - 2023. - №5 (15). - С. 12-20.
5. Бондарь, В.Т. Сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния профилированных листов С-44-1.5 мм, С-21-1.5 мм, СИМС-D02-01А 1.6 / В.Т. Бондарь // Инженерные исследования. – 2022. - №3(8). – с.11-19.
6. Румянцева, И. А. Расчет коэффициентов редукции сжатых полок профилированных стальных листов / И. А. Румянцева // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2007. – № 4. – С. 35-39. – EDN ITDGBE.
7. Евсеев, Д.Д. Редуцирование расчетных моделей в задачах прочности / Д.Д. Евсеев, Е.К. Липин, В.В. Чедрик // Ученые записки ЦАГИ. – 1991. – том XXII №1. – с.61-70.
8. Беляев, В.Ф. Пособие по проектированию конструкций из стальных тонкостенных холодногнутых профилей / В.Ф. Беляев, С.И. Бочкова, Д.Е. Голубев, В.В. Косенков, А.В. Шуринов // М.: Минстрой РФ, 2019. – 215 с.

Лимощенко В.А., студент,
Пухов И.Е., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Крючков А.А.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Усиление конструкций зданий является одной из наиболее актуальных задач в строительстве. Причем, усиления могут требовать, как эксплуатируемые сооружения (по причине естественного износа), так и совершенно новые.

Наиболее распространенными причинами необходимости в усилении являются:

- увеличение нагрузок, связанное с реконструкцией и/или перепланировкой здания;
- конструктивные дефекты, возникшие в результате неправильной эксплуатации конструкции;
- эксплуатационный износ (потеря несущей способности здания);
- случайные повреждения (при демонтаже и монтаже);
- нарушение технологий строительства.

Для усиления железобетонных конструкций существует несколько методов, требующих проведения расчетов для определения необходимого объема усиления и выбора оптимальных способов усиления, использование которых позволяет продлить срок службы и повысить безопасность зданий и сооружений. Рассмотрим некоторые из способов.

Одним из известных методов усиления является увеличение площади поперечного сечения железобетонных элементов. Суть заключается в присоединении дополнительного железобетона к уже эксплуатируемой конструкции, требующей усиления [1]. Преимуществами этого способа является экономичность и простота технологии производства работ. Основным недостатком этого метода можно считать потерю полезного объема, так как присоединяемая железобетонная конструкция может быть достаточно массивна. Также возможно образование трещин в месте контакта усиливаемой конструкции с новым железобетоном.

Другим, не менее популярным способом является метод усиления железобетонных конструкций поверхностным армированием, в котором в качестве усиливающих элементов используют алюминиевые полосы, стальные листы. Недостатком этого способа является то, что в таких конструкциях в клеевом слое и в соединяемых элементах напряжения распределяются крайне неравномерно – максимальные значения концентрируются по краям соединений и с увеличением ее длины отношение краевого напряжения к средней его величине резко возрастает [2].

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является способ усиления железобетонных конструкций, включающий приклейку армирующих элементов к растянутой зоне клеевой прослойкой из отдельных участков, расположенных по швам. При использовании этого способа ухудшается совместная работа соединяемых элементов, что не позволяет полностью использовать их прочностные свойства.

Преимуществами описанных выше двух способов является простота технологии производства работ, доступность армирующих материалов и существенное повышение несущей способности и жесткости усиливаемой железобетонной конструкции. Но общим недостатком можно считать слабую коррозионную стойкость используемых усиливающих элементов, они требуют дополнительной защиты от внешней агрессивной среды.

Одним из наиболее эффективных методов усиления железобетона является метод частичной разгрузки. При усилении путем частичной или полной разгрузки используют разгружающие элементы, которые воспринимают на себя увеличивающуюся нагрузку и частично или в полном объеме передают ее на опорные элементы. Разгружающие системы, воспринимающие часть нагрузки, работают совместно с существующей конструкцией, а при полной разгрузке они выключают из работы существующие элементы и сами воспринимают все нагрузки. Также имеет место комбинация обоих вариантов. Металлические разгружающие элементы используются только при полной разгрузке в виду характеристик материала, а у железобетонных конструкций нет ограничений [3]. Недостатком считается потеря полезного объема, сложность производства работ и особенность использования разгружающих элементов.

Широкое распространение получил метод усиления железобетонных конструкций внешним армированием с использованием предварительно напряженной арматуры. Этот метод позволяет уменьшить усилия, действующие в железобетонной конструкции. Натяжение арматуры происходит электромеханическим или механическим способом. Данный способ имеет большое количество преимуществ – возможность постоянного контроля над усилием натяжения упрочняющей арматурой на протяжении всего срока эксплуатации, возможность замены напрягаемых элементов, простота организации производства работ, а также экономичность усиливающего материала. Недостатки этого метода схожи со способом усиления железобетонных конструкций поверхностным армированием стальными листами, то есть, усиливающие элементы требуют дополнительной защиты от воздействия внешней среды в виду слабой коррозионной стойкости. Также арматура имеет низкую огнестойкость и требует дополнительной защиты от высоких температур. Чтобы защитить внешние пряди от опасного воздействия внешней среды используется защитная оболочка или торкретбетон, что является более поздней разработкой [4].

Относительно новым решением является способ усиления конструкций композитными материалами. Данные материалы имеют сравнительно

лучшие физико-механические характеристики, чем сталь и бетон, а именно более высокие значения модуля упругости, сопротивления растяжению, лучшие показатели химической коррозионной стойкости, малый вес [5]. Наибольшее распространение получили композиционные материалы на основе углеродных волокон. Углеродные волокна обладают высоким модулем упругости, высокой прочностью и жесткостью. Сравнивая способ усиления железобетонных конструкций с традиционными методами, можно заметить, что новый метод не уступает старым как по срокам производства работ, так и по стоимости. Практика строительного производства в России знает немало успешных примеров использования углепластиков при усилении железобетонных конструкций [6].

Самым главным недостатком композиционных материалов является их высокая стоимость, которая компенсируется рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с другими материалами, особенно в вопросах усиления конструкций. Это возможность проведения работ без остановки технологического процесса, низкая плотность и малый вес, способность повторять практически любые формы усиливаемой конструкции, отсутствие громоздких приспособлений для монтажа, невосприимчивость к агрессивным средам, что является весомыми преимуществами по сравнению с традиционными методами усиления железобетонных конструкций.

Таким образом, мы видим, что традиционные методы обладают рядом преимуществ, такими как, существенное повышение несущей способности железобетонной конструкции, простота производства работ и экономичность используемых ресурсов. Но развитие современных строительных материалов и методов усиления железобетонных конструкций позволяют устранить недостатки традиционных способов [7]. Использование композитных материалов приводит к снижению веса усиленной конструкции, незначительно меняет ее объем, а также имеет высокую коррозионную стойкость по сравнению с традиционными материалами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Каргузов Д.В. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами М., Стройиздат, 2004, 144 с.
2. Миккульский В.Г., Козлов В.В. Склеивание бетона. М., Стройиздат. 1975, с. 158.
3. Каляпина Д. Д. Краткий обзор методов усиления строительных конструкций // Вестник науки и образования. 2019. №12-1 (66). С. 35-36.
4. Себаев Б.Н., Грушевский К.Е. Способы усиления железобетонных конструкций // "Наука и Просвещение". Пенза, 2017. Т. 1 С. 42-44.
5. Римшин В.И., Сулейманова Л.А., Амелин П.А., Фролов Н.В. Композитное усиление железобетонных изгибаемых элементов, поврежденных под воздействием хлоридной агрессивной среды // Эксперт: теория и практика. 2023. № 1(20). – С. 29-34.

6. Бурдакова А.В., Пермяков М.Б. Способы усиления железобетонных конструкций // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2013. Т. 2, № 71. С. 220-223.

7. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 9-16.

**Лимошенко В.А., студент,
Пухов И.Е., студент**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Панченко Л.А.**

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

ТРАНСФОРМИРУЕМЫЕ КОНСТРУКЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Трансформируемые конструкции, то есть кинематически изменяемые системы, – одно из новых направлений в строительстве [1]. Примером может служить здание бассейна, который летом представляется открытым, а зимой – закрытым.

Примером сочетания трансформируемых систем с традиционными сооружениями может служить передвижное перекрытие арены в Сарагосе, имеющей диаметр 88 м. Оптимальной оказалась конструкция в виде колеса велосипеда. Полая «втулка» представляет собой два размещенных друг над другом вантовых кольца, имеющих диаметр 36 м. На ней производится крепление вантового перекрытия. Оно перемещается вверх или вниз при помощи 16 узлов, приводимых в действие электромоторами, синхронность действия которых находится под контролем ЭВМ.

Трансформируемые конструкции включают конструктивные решения, обладающие как статическими (в период эксплуатации), так и динамическими (в период трансформации) свойствами. Переход из одного состояния в другое ведется на основе минимального количества геометрических параметров при выполнении условий прочности, жесткости и устойчивости конструкции.

Технические требования в первую очередь преследуют внедрение сверхлегких, многофункциональных, компактных частей несущих конструкций. В свою очередь это предусматривает привлечение комплексного метода проектирования сооружения с принятием во внимание большого числа факторов, влияющих на существование системы. Важную роль играет принятие критерия рационального проекта.

Вариация формы и объема пространства происходит в трех уровнях: ячейка, здание, комплекс [2]. На первом уровне трансформация ведется путем увеличения объема одних ячеек за счет других или разбиения большого пространства на малые с применением раздвижных перегородок, перемещающихся экранов и т.п.

На втором уровне трансформация ведется такими способами как пневмо- и телескопическая раздвижка (пример – дом-трейлер), расширение в пространстве (например, выставочного павильона).

Наконец, на третьем уровне трансформация имеет вид последовательного или одновременного изменения каждого объекта комплекса.

Важное значение имеет стадия проектирования трансформируемых сооружений. Стоящая во главе угла функция объекта накладывает отпечаток не только на исполнение пространственной организации, но и на конструктивное решение сооружения.

Большое значение имеет использование унифицированных элементов, предусматривающее их поточное производство, которое может удовлетворять запросы потребителя. Это упрощает ведение автоматизированного проектирования и управления такими объектами во времени.

Адаптивность сооружений к плановым потребностям приняло устойчивое направление в архитектуре, начиная с 50-х гг. XX в. Основные тенденции опирались на параллельное развитие зодчества и техники. Архитектура выдвинула принципиально новые требования к строительству, для которых устоявшейся нормой была долговечность здания. Принципы приспособляемости проходили в 60-70-е гг. через эксперименты, конкурсы, патентные поиски.

Трансформация материально-пространственных форм составляет предмет вариационной задачи при назначенных варьируемых параметрах [3].

Существует классификация трансформации кинематических объектов по способу изменения формы: сдвигка, складывание, вращение, упругая деформация, внесение или удаление связей:

- 1) изгибные структуры – без резких переходов, с плоскостной разверткой;
- 2) разрезные структуры – имеющие форму листов с прорезями и отверстиями;
- 3) складчатые структуры – с ребрами.

Анализ пространственных кинематических структур дал возможность осуществления синтеза конструкций с многообразной трансформацией. Образцом является структура из шестиугольников с шарнирными узлами. Эта фигура содержит два равнобедренных треугольника с зеркальной симметрией. Набор шестиугольников формирует триангуляционную решетку, которая закрепляется силами гравитации элементов конструкции. Такого рода структуры осуществляются с помощью сквозных тросов.

Структура из плоских прямоугольных модульных элементов может быть переведена из плоскости в трехмерную структуру с различной конфигурацией. Этот способ трансформации нацелен на программированное исполнение.

Из кубической структуры вытекают тетраэдр со сдвоенными ребрами, октаэдр, гексаэдр [4]. Эти структуры могут служить каркасом различных сооружений. А объединение нескольких плоских образований ведет к

трехмерной ячеистой системе, символизирующей идею самовозводящегося дома. При этом на подготовленном основании размещается плоский пакет из модульных элементов. С помощью тросов эта конструкция принимает проектное положение с замкнутыми объемами. Та же структура может служить оболочкой сооружения, изменяющейся по сезону, например, в форме смыкания и размыкания стен.

В качестве несущих подвижных конструкций могут быть балки, арки и др. В процессе трансформации они перемещаются по рельсам или параллельным тросам. В качестве альтернативы используются также вантовые системы.

Объемы при пневматической трансформации представляют собой двухслойные камеры, примыкающие к жесткой пространственной структуре. Подобно растению, такая конструкция при нагнетании воздуха образует предполагаемый объем. Этот способ имеет как общее, так и локальное использование (покрытия, ограждения).

Кажущаяся сложность производства трансформируемых конструкций является причиной недостаточного их применения. В отношении потребности материалов и технологии производства их элементов они сохраняют позиции стационарных зданий.

Основной особенностью расчета трансформируемых систем является учет динамических нагрузок и сил трения, а также специфических графиков внутренних усилий в пространстве изменения формы.

В процессе проектирования на первый план выступает эволюция функции объекта, а вместе с ней последовательность преобразования конструктивной системы. Функционально-пространственное ее существование находится в зависимости от несущей способности, предусмотренной во временном протяжении.

В этом процессе уделяется внимание тенденции сборности в строительном комплексе, в том числе унификации строительных изделий. Возможны варианты программ для автоматизированного проектирования, а также управления трансформированными системами.

Это содействует развитию нового направления в архитектурном проектировании – адаптивности объектов к изменяющимся запросам с учетом роста технических возможностей воплощения перемен.

Балочные системы в трансформируемых конструкциях включают стационарную и подвижную балки. Первая из них, как правило, – неразрезная, вторая может быть простой, с консолью или также неразрезной. Давление на стационарную балку передается через опорные устройства подвижной балки. Для определения внутренних усилий в отдельных точках стационарной балки можно использовать линии влияния.

Полное отображение функции изгибающего момента (или поперечной силы) в стационарной балке дает диаграмма на плоскости с двумя координатами: сечение стационарной балки; возможного положения нагрузки (подвижной балки). Она включает эпюры (при фиксированных положениях подвижной балки) и обобщенные линии влияния, под

которыми подразумеваются графики от системы внешних сил, меняющей свое положение.

Диаграмме соответствует аналитическое описание, которое можно использовать для выявления экстремума изгибающего момента (поперечной силы), что необходимо для подбора сечений стационарной балки.

Произведены первые попытки создания самообучающихся нейроруправляемых конструкций, снабженных датчиками и командным устройством по части трансформации [5]. Это создает благоприятную перспективу распространения трансформируемых систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сапрыкина Н. А. Архитектурная форма: Статика и динамика. М.: СИ, 1995. 407 с.
2. Гайдученя А.А. Динамическая архитектура. Киев: Будівельник, 1983. 95 с.
3. Юрьев А.Г. Естественный фактор оптимизации конструкций. Белгород: Изд-во БГТУ, 2003. 110 с.
4. Колейчук В.Ф. Новые архитектурно-конструктивные структуры. М.: СИ, 1978. 64 с.
5. Корсунов Н.И., Никитинский Д.А., Юрьев А.Г. Применение нейронных сетей при расчете конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. №5. С. 377-380.

Марченко А.В., аспирант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Крючков А.А.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОЛОННЫ, УСИЛЕННОЙ СТАЛЬНОЙ ОБОЙМОЙ

Железобетонные колонны являются важнейшими элементами в строительных конструкциях, обеспечивающими их устойчивость и несущую способность. Однако со временем колонны могут терять прочностные характеристики под воздействием высоких нагрузок, коррозии арматуры или механических повреждений. В таких случаях требуется применение методов усиления.

Одним из эффективных подходов является применение внешних стальных обойм, которые создают дополнительное ограничение для бетона и компенсируют его слабость на растяжение. В данной работе исследуется поведение колонны, усиленной таким образом, с учетом воздействия коррозии на внутреннюю арматуру.

Методы усиления железобетонных колонн активно исследуются последние десятилетия. Работы ученых подтверждают, что внешнее стальное армирование существенно повышает устойчивость конструкций к сжимающим нагрузкам [1]. Экспериментально показано, что колонны, обжатые стальными обоймами, выдерживают на 25-40 % больше нагрузок, чем не усиленные аналоги.

Исследования акцентируют внимание на нелинейных механизмах работы железобетона, включая трещинообразование и потерю устойчивости [2]. Эти аспекты особенно важны при моделировании взаимодействия между стальными обоймами и бетоном.

В исследованиях группы зарубежных ученых рассматривалось применение стальных обойм для колонн в условиях реальных нагрузок [3]. Авторы отметили, что обоймы эффективно снижают вероятность локального разрушения бетона, а также увеличивают его пластичность.

В работе [4], авторы провели анализ влияния различных геометрий обойм на прочностные характеристики колонн. Например, для колонн с квадратным сечением наиболее эффективными оказались уголки, соединенные вертикальными стальными пластинами через равные промежутки.

Для анализа коррозии арматуры используется методика моделирования деградации свойств материала, предложенная в [5]. В этих работах показано, что начальная коррозия (до 10 % потерь сечения) минимально влияет на общее поведение колонны, однако при потере 20 % и более последствия становятся критическими. Это подчеркивает необходимость профилактического усиления.

Abaqus активно применяется для анализа железобетонных конструкций, особенно в задачах, требующих учета сложных контактных условий. Однако вопросы моделирования коррозии и ее влияния на поведение конструкции до сих пор остаются недостаточно проработанными.

Для выполнения анализа напряженно-деформированного состояния железобетонной колонны, усиленной стальной обоймой, была разработана цифровая модель (рис. 1). Модель представляет собой колонну $600 \times 600 \times 3000$ мм из бетона класса В30, армированную продольно 4 стержнями диаметром 20 мм арматурой класса А500 и поперечными хомутами диаметром 8 мм класса А240. Шаг армирования 150 мм в средней части колонны и 100 мм на концах, соответственно. Усиление производилось уголками $75 \times 75 \times 10$ мм, соединенными стальными пластинами 100×6 мм с шагом 500 мм.

Для сравнения были созданы аналогичные модели без усиления, а также модель усиленной колонны с армированием, подвергшимся коррозии.

Граничные условия были заданы путем защемления основания, и заданием свободного перемещения верхней части колонны только по оси Z.

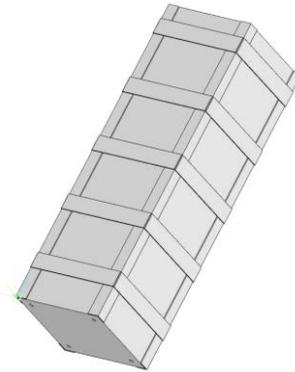


Рис. 1. Модель усиленной колонны

Нагрузка была приложена к верхней части колонны с постепенным увеличением шага. Шаг увеличения нагрузки – 1 % от ожидаемой разрушающей нагрузки.

Коррозия моделируется путем уменьшения диаметра арматуры до 80 % от первоначального сечения и изменения ее предела текучести до 400 МПа. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования

Параметр	Колонна без усиления	Усиленная колонна (без коррозии)	Усиленная колонна (с коррозией)
Максимальная нагрузка (кН)	1100	1500	1350
Характер разрушения	Хрупкое	Пластичное	Пластичное

Исследование подтвердило эффективность применения стальных обоек для усиления железобетонных колонн. Использование Abaqus позволяет точно моделировать сложное взаимодействие элементов конструкции и учитывать влияние таких факторов, как коррозия.

Расчеты показали, что усиленная колонна выдерживает на 35 % большую нагрузку, чем неусиленная. При этом разрушение бетона в усиленной колонне происходит позже, благодаря ограничению его деформаций стальной обоймой.

Для колонны с коррозией арматуры усиление обоймой позволяет компенсировать потери прочности и приблизить поведение конструкции к первоначальному состоянию.

В усиленной колонне максимальные напряжения в бетоне сосредоточены в центральной зоне, а стальные уголки принимают на себя часть нагрузки, равномерно распределяя ее по высоте. В неусиленной

колонне трещины развиваются быстрее и более хаотично, что приводит к ее раннему разрушению.

В будущем планируется изучить влияние различных повреждений (механических и коррозионных) на поведение колонн, усиленных обоймой. Это позволит сделать выводы о наиболее эффективных способах восстановления поврежденных конструкций.

Полученные данные показывают, что внешнее усиление:

- увеличивает несущую способность колонны;
- замедляет развитие трещин и снижает риск хрупкого разрушения;
- компенсирует потери прочности, вызванные коррозией арматуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ваучский М. Н. Исследование эффекта обоймы несущих колонн // Жилищное строительство. 2016. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-effekta-oboymy-nesuschih-kolonn>.

2. Деформативность стержневых железобетонных изгибаемых элементов / Г. А. Смоляго, Н. И. Корсунов, А. А. Крючков, А. Н. Луценко // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 8. – С. 38-39.

3. Saim Raza, Muhammad K. I. Khan, Scott J. Menegon, Hing-Ho Tsang, John L. Wilson «Strengthening and Repair of Reinforced Concrete Columns by Jacketing: State-of-the-Art Review» Sustainability, 2019 Vol. 11

4. Мареева Ольга Викторовна, Кловский Алексей Викторович Оценка эффективности способов усиления железобетонных колонн при реконструкции // Природообустройство. 2017. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-sposobov-usileniya-zhelezobetonnih-kolonn-pri-rekons-truksii>.

5. Бенин А. В., Семенов А.С., Семенов С. Г., Мельников Б. Е. Конечно-элементное моделирование процессов разрушения и оценка ресурса элементов автодорожного моста с учетом коррозионных повреждений // Magazine of Civil Engineering. 2012. №7 (33). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konechno-elementnoe-modelirovanie-protsessov-razrusheniya-i-otsenka-resursa-elementov-avtodorozhnogo-mosta-s-uchyotom-korroziionnyh>.

Мишенин О. В., аспирант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Есипов С. М.

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

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Железобетонные конструкции постоянно подвергаются воздействию динамических нагрузок, которые могут вызывать значительные повреждения. Эти нагрузки возникают как в результате кратковременных

воздействий (ударов, взрывов), так и многократных циклических нагрузок (вибрации от машин, движения транспорта).

Ударные нагрузки, например, взрыв, характеризуются короткой длительностью и резким пиком нагрузки, а также быстрым спадом;

Пульсирующие нагрузки (циклические нагрузки с переменной амплитудой, например, ветровая нагрузка), характеризуются небольшой продолжительностью действий (до 10 с), а также определенной частотой, которая может находиться в диапазоне 0,1–10 Гц.

Крановые нагрузки (циклические нагрузки от работы мостовых или башенных кранов) возникают в момент подъема или опускания груза. Такие нагрузки характеризуются периодичностью действия: она возрастает при подъеме и снижается при установке груза.

Особенностью железобетонных конструкций является их зависимость от коэффициента динамического упрочнения – отношения прочности бетона при динамическом воздействии к его статической прочности. Этот коэффициент является критически важным показателем, поскольку динамические воздействия изменяют поведение бетона. При кратковременных нагрузках бетон может выдерживать более высокие напряжения, чем при статических. Однако при многократных циклах нагружения прочность снижается, и конструкция может разрушиться при более низких напряжениях [1].

На величину коэффициента динамического упрочнения влияют различные технологические и эксплуатационные факторы. Например, качество цемента и заполнителей, структура бетона, возраст и влажность материала. Известно, что пластифицированные цементы или заполнители с высоким сцеплением с цементным камнем повышают коэффициент, в то время как увеличение возраста бетона или пропаривание снижают его. Влияние этих факторов особенно важно при динамическом нагружении, когда даже небольшие дефекты структуры могут существенно снизить прочность.

Скорость деформации и скорость нагружения также существенно влияют на поведение конструкций.

Для железобетонных конструкций значения коэффициента упрочнения попадают в диапазон:

1. При воздействии статической нагрузки коэффициент упрочнения железобетона $\approx 1,0$.

2. При воздействии квазистатической (умеренной) нагрузки коэффициент упрочнения железобетона $\approx 1,1-1,4$.

3. При воздействии динамической (или ударной) нагрузки коэффициент упрочнения железобетона $\approx 1,5-2,0$.

Исследования также показывают, что циклы попеременного замораживания и оттаивания, а также коррозионные повреждения значительно снижают динамическую прочность бетона. Так, после 85 циклов замораживания/оттаивания бетон демонстрирует снижение коэффициента динамического упрочнения, а в некоторых случаях его

динамическая прочность становится ниже статической. Это связано с разрушением структуры бетона, особенно в зонах контакта с арматурой, и образованием характерных дефектов [2].

Для определения динамических характеристик бетона используются различные методы и приборы, такие как копры, пневмодинамические установки и гидравлические машины. Однако, несмотря на большое количество исследований, методики определения коэффициента динамического упрочнения до сих пор не стандартизированы. Это создает проблемы при расчете несущей способности конструкций, особенно для уже эксплуатируемых объектов, где изменения в структуре бетона могут значительно варьироваться [3].

Железобетонные конструкции подвержены динамическим нагрузкам, возникающим при авариях, взрывах, порывах ветра, малоцикловых перегрузках и технологических импульсах. Эти нагрузки вызывают напряжения и деформации, которые значительно превышают значения при статическом воздействии. Однако прочностные характеристики бетона и арматуры при этом увеличиваются, что требует детальной оценки как параметров нагрузки, так и механических свойств материалов.

На рис. 1, 2 изображены схемы развития трещин при воздействии кратковременных динамических нагрузок.

С увеличением скорости деформации предел текучести стали возрастает, а при значительных скоростях (в 50-100 раз выше стандартных) наблюдается удлинение площадки текучести. Динамический предел текучести рассчитывается через коэффициент динамического упрочнения [4, 5].

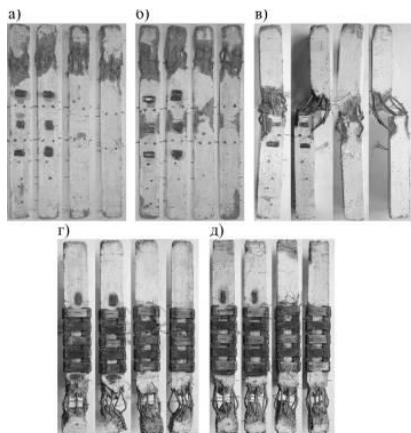


Рис. 1. Стадии разрушения железобетонных балок при динамическом нагружении: *а* – образец без стыка; *б* – образец со стыком, при наличии сеток в уровне стыка; *в* – образец со стыком, без сеток в уровне стыка; *г* – образец со стыком, при наличии сеток в уровне стыка и усиленный металлической обоймой; *д* – образец со стыком без сеток в уровне стыка и усиленный металлической обоймой

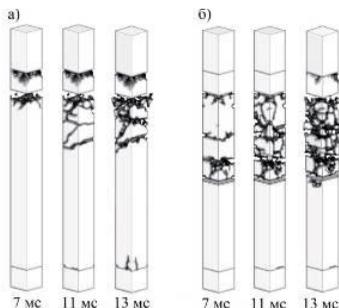


Рис. 2. Общий вид разрушения экспериментального образца во времени при численном эксперименте

При нагрузках, превышающих статический предел текучести, возникает эффект запаздывания пластической деформации. Для точного расчета прогибов и жесткости на разных стадиях необходимо учитывать усилия и жесткость в каждом сечении элемента.

На первой стадии деформации жесткость изгибаемого элемента постоянна, а эпюра прогибов повторяет эпюру моментов. На второй стадии, с появлением трещин, жесткость ступенчато снижается, что приводит к увеличению прогибов. В нормально армированных элементах прочность исчерпывается разрушением сжатой зоны после достижения текучести растянутой арматуры [6].

Для расчета изгибаемых элементов используются билинейные и полигональные диаграммы текучести, позволяющие учесть изменения в жесткости и сцеплении материалов.

Таким образом, поведение железобетонных конструкций при динамических нагрузках значительно отличается от их поведения при статических нагрузках. Это требует особого подхода к проектированию и расчету таких конструкций с учетом коэффициента динамического упрочнения. Разработка и внедрение стандартов для определения этого коэффициента, а также учета всех влияющих факторов являются важными задачами для обеспечения надежности и долговечности конструкций в условиях интенсивной эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галяутдинов Д. Р. Прочность железобетонных балок с распоркой при кратковременном динамическом нагружении на подпадающих опорах // Перспективы развития фундаментальных наук. – 2018. – С. 31-33.

2. Нигметов Г. М., Казаков В. Ю. Расчет вероятности обрушения и образования завалов при динамическом воздействии на монолитные железобетонные каркасные здания // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2013. – №. 3. – С. 78-84.

3. Stel'makh S.A., Shcherban E.M., Sysoev A.K. Influence of type of filler and dispersive reinforcement on the nature of structured formation and

deformative properties of vibrocentrifuged concrete. 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 753 022014.

4. Смоляго, Г. А., В. А. Дронов Проектирование несущих конструкций многоэтажного каркасного здания : учеб. пособие. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2004. - 88 с

5. Г. А. Смоляго, В. И. Дронов, А. А. Крючков. Железобетонные и каменные конструкции: учеб. пособие - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2010. - 166 с.

6. Стельмах С.А., Щербань Е.М. Сравнение стойкости к ударным нагрузкам опытных образцов вибрированного и центрифугированного тяжелого бетона // Вестник Евразийской науки, 2020 №1, с. 23-27.

Попова А.С., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Фролов Н.В.

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

МЕТОДЫ УСИЛЕНИЯ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ЗДАНИЙ

При строительстве и эксплуатации каменных зданий и сооружений часто наблюдаются повреждения конструкций, снижающие прочность, устойчивость, долговечность и эксплуатационную надежность как всего сооружения в целом, так и отдельных его частей.

Одним из подходов к повышению прочности, устойчивости, долговечности и эксплуатационной надежности здания и его отдельных элементов является их усиления.

Усиление каменных конструкций и зданий в целом приводит к увеличению несущей способности конструкций. Каменные конструкции и здания можно усилить следующими способами и методами: обетонированием (железобетонные и стальные обоймы, торкретирование), металлическими элементами (ненапрягаемыми навесными обоймами, обоймами – стойками и полосами, напрягаемыми анкерами и тяжами), инъектированием (полимерным раствором, цементным раствором, цементно-полимерным раствором), перекладкой и другими [1].

Одним из наиболее эффективных способов усиления каменных конструкций является включение кладки в обойму. Кладка в обойме работает в условиях всестороннего сжатия и ограничения свободы поперечного его расширения, что значительно увеличивает сопротивляемость кладки воздействию продольной силы.

В практике строительства применяются три основных вида обойм: стальные, железобетонные, армированные растворные.

Стальная обойма (рис. 1, а) выполняется из вертикальных стальных уголков, устанавливаемых на растворе по углам усиливаемого элемента (простенка, столба), и хомутов из полосовой или круглой стали, приваренных к уголкам. Расстояние между хомутами должно быть не более меньшего размера сечения и не более 50 см.

Для включения обоймы в работу зазоры между кладкой и уголками следует тщательно зачеканить или заинъецировать цементным раствором. Стальная обойма должна быть защищена от коррозии слоем цементного раствора толщиной 25-30 мм, по металлической сетке [2].

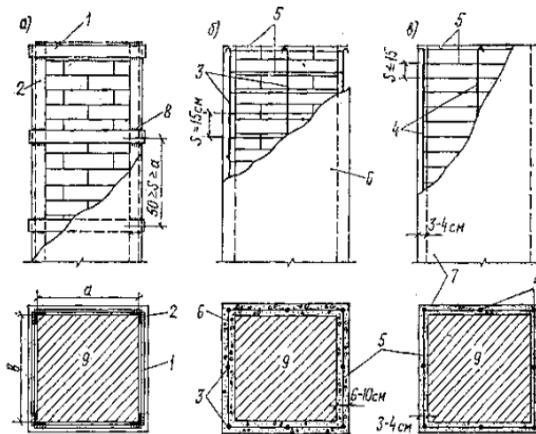


Рис. 1. Схема усиления поврежденных простенков и столбов обоймами: а – стальной; б – железобетонной; в – армированной растворной; 1 – f(x) планки 35×5 – 60×12 мм; 2 – уголки; 3 – стержни диаметром 5-12 мм; 4 – стержни диаметром 6 – 12 мм; 5 – хомуты диаметром 4-10 мм; 6 – бетон марки М150-200; 7 – раствор марки 75-100; 8 – сварка; 9 – кладка

Железобетонная обойма (рис. 1, б) выполняется из бетона марки не ниже М150 с армированием вертикальными стержнями и сварными хомутами. Расстояние между хомутами должно быть не более 15 см. Толщина обоймы назначается по расчету и может быть 4-12 см. Армированная растворная обойма (рис. 1, в) армируется аналогично железобетонной, но вместо бетона арматура покрывается слоем цементного раствора марки 75-100 [3].

Схема усиления простенков стальными обоймами представлена на рис. 2, а схема усиления столбов и простенков стальными и железобетонными обоймами – на рис. 3.

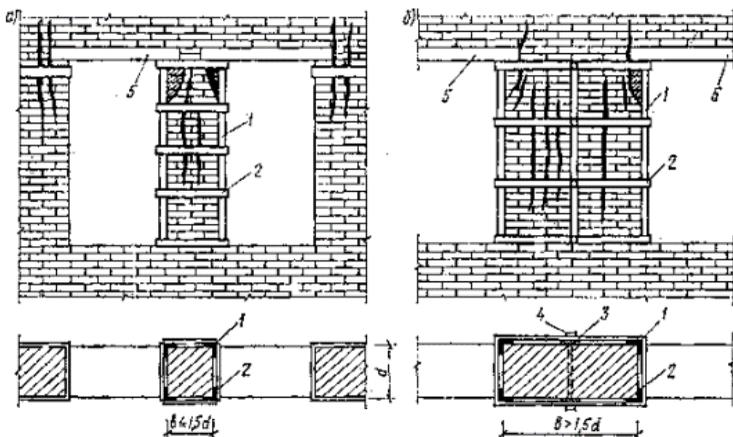


Рис. 2. Усиление простенков стальными обоймами: *a* – при ширине простенков $b \leq 1,5d$; *б* – то же, при $b > 1,5d$; 1 – уголок; 2 – планка; 3 – полоса; 4 – болт; 5 – перемычка

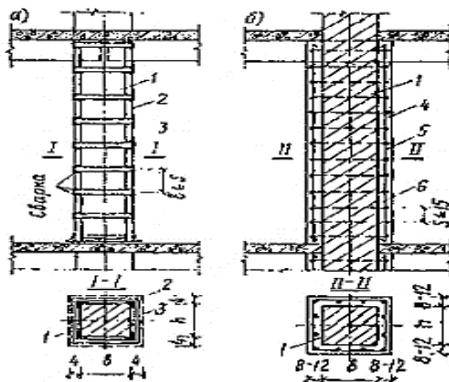


Рис. 3. Усиление столбов стальными и железобетонными обоймами: *a* – металлической; *б* – железобетонной; 1 – кирпичный столб; 2 – стальные уголки; 3 – планка; 4 – бетон; 5 – продольная арматура диаметром 6-12 мм; 6 – хомуты диаметром 4-10 мм

Усиление поврежденных стен, простенков и столбов обоймами рекомендуется вести с последующей инъекцией, поврежденной трещинами кладки цементным раствором, что обеспечивает наиболее высокую несущую способность конструкций.

Усиление каменных конструкций (стен, простенков, пилонов, столбов, сводов и пр.) методом инъекции состоит в нагнетании под

давлением в поврежденную кладку жидкого цементного или полимерцементного раствора, что способствует замоноличиванию в кладке трещин, пор и пустот (рис. 4).

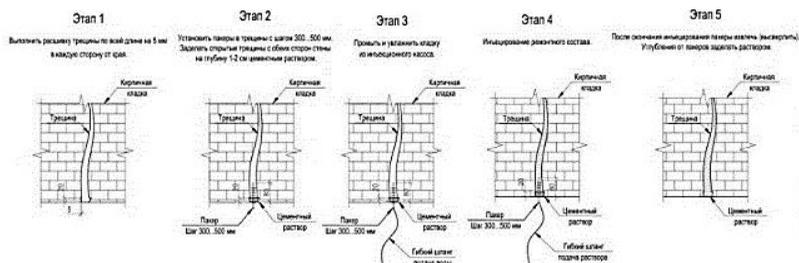


Рис. 4. Этапы выполнения работ по инъецированию каменной кладки

Давление, создаваемое при нагнетании, необходимо для повышения подвижности и проникающей способности смеси, а в случае применения цементных растворов обеспечивает их уплотнение с отжатием свободной воды в пористую кладку [4].

В результате происходит общее замоноличивание кладки вместе с поврежденными участками, восстанавливается ее несущая способность. Применение метода инъекции позволяет выполнить усиление без остановки производства, с использованием небольшого количества материалов, без увеличения поперечных размеров усиливаемых конструкций.

Усиление кладки методом инъекции обеспечивается в результате тщательного выполнения технологии инъецирования, включающей подготовительные работы, приготовление раствора, нагнетание раствора в поврежденную кладку (собственно инъецирование).

Способ замены каменных конструкций новыми применяется в случаях, когда требуется повышение их несущей способности при надстройке и реконструкции зданий, а также в аварийных случаях, когда этот способ по технико-экономическим соображениям наиболее целесообразен по сравнению с другими способами усиления.

Этот способ позволяет сохранить внешний вид заменяемых конструкций и не требует дополнительных отделочных работ.

Способ замены конструкций новыми требует предварительного устройства их временных креплений на период производства работ, после чего допускаются разборка старой кладки и выполнение новой из материалов повышенной прочности с применением сетчатого армирования (рис. 5) [5].

При широких простенках (более 1 м) устанавливаются парные стойки по обеим их сторонам.

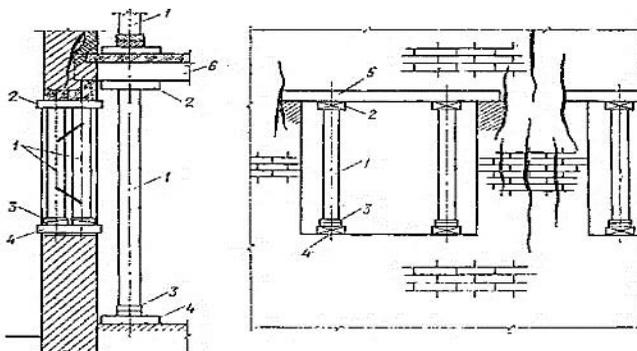


Рис. 5. Укрепление и разгрузка от массы перекрытий поврежденных простенков стойками: 1 – стойка; 2 – подкладка; 3 – клинья; 4 – лежень; 5 – перемычка; 6 – балка

На основании вышеизложенных способов усиления каменной кладки можно сделать следующие выводы:

- стальные и железобетонные обоймы используют для усиления кладки, когда необходимо повысить ее несущую способность в 1,25-2,5 раза при незначительных трудозатратах. Обоймами усиливают как отдельные конструктивные элементы (столбы, простенки), так и участки стен, работающие на центральное и внецентренное сжатие;
- инъекцию применяют, когда нужно замоноличить в кладке трещины, поры и пустоты, чтобы восстановить ее несущую способность. Метод позволяет выполнить усиление без остановки производства, с использованием небольшого количества материалов, без увеличения поперечных размеров усиливаемых конструкций;
- совместное использование стальных обойм и инъекции рекомендуется в случаях, когда установка только обоймы не обеспечивает монолитности кладки, а одно инъецирование – требуемой прочности.
- в случае невозможности усиления простенки или стены перекладывают полностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 15.13330.2010. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II–22–11– М.: ОАО «ЦПП», 2011.
2. СП 427.1325800.2018 Каменные и армокаменные конструкции. Методы усиления.
3. Бондаренко С.В., Санжеровский Р.С. Усиление железобетонных конструкций при реконструкции зданий. М.: Стройиздат, 1990.
4. Пириев Ю.С., Пириева С.Ю. Методы усиления каменных конструкций и зданий // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2018, № 5. С. 25-29.
5. Пириев Ю.С. Технические вопросы реконструкции и усиления зданий. Учебное пособие. Москва, АСВ, 2013.

Пухов И.Е., студент,
Ерохина Е.Ю., студент

Научный руководитель: ст. преп.
Салтанова Е.В.

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

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Большепролетные здания, согласно Градостроительному кодексу Российской Федерации, характеризуются строения с конструктивным шагом более 36 м. К данным видам назначения могут относиться здания промышленного и общественного назначения, такие как цех, склад, вокзал, объекты торговли и спорта. Данный вид сооружений представляет собой непростые и уникальные объекты архитектуры, которые требуют особенного метода конструирования, возведения и эксплуатации [1].

Проектирование большепролетных зданий и сооружений производится в несколько этапов:

- постановка задачи и сбор данных;
- разработка и анализ вариантов технических решений;
- обоснование типа и формы выбранной большепролетной конструкции;
- геодезические и инженерно-геологические изыскания, с учетом геофизического исследования участка застройки;
- выбор материала конструкции;
- расчет по предельным состояниям, а также устойчивости конструкции в целом;
- разработка проектной и исполнительной подрядной документации с тщательной проверкой принятых решений [2].

Конструирование большепролетных зданий базируется на ряде важных принципов, которые обязаны быть просчитаны и регламентированы на всех этапах проекта. К данным принципам можно отнести:

1. Рациональность – большепролетная конструкция, должна гарантировать безопасность здания на протяжении всего срока эксплуатации, обеспечивать комфорт, удовлетворять технологическим требованиям.

2. Экономичность – конструкция должна иметь максимальную конструктивную несущую способность, за наименьшие затраты материалов и их стоимости.

3. Надежность и долговечность – возможность сооружений эффективно выполнять свои конструктивные функции в весь период эксплуатации здания.

Большепролетные здания и сооружения имеют ряд технических особенностей, которые требуют более детального проектирования и учета всех аспектов. Данный тип конструкции различает наиболее совершенная схема перераспределения нагрузок, главным акцентом становится расчет несущих способностей каждой части здания в отдельности и в целом. Также производится усиленный расчет на снеговые нагрузки и ветровые. Применяется расчет для определения деформаций на основе квазиоднородного сплошного тела [3].

Основной нагрузкой на большепролетное здание является вес ограждающих и несущих конструкций, для того чтобы уменьшить массу элементов, конструкции применяют инновационные материалы наименьшего веса с наибольшей прочностной характеристикой.

Главными особенностями расчетов большепролетных конструкций являются то, что данная конструкция – это единая пространственная система, в которую входят основание и фундамент, несущий каркас и кровля. Поэтому важно обеспечить и подтвердить пространственную устойчивость и надежность системы на всех этапах ее изготовления и монтажа [4].

Конструкции покрытия должны обладать наименьшей массой, малой трудоемкостью и объединять в себе функциональные и эстетические требования в одно органическое целое. Данный принцип реализован в четырех стандартизированных группах покрытий.

1. Мембранные оболочки – это пространственная конструкция, произведенная с помощью тонкого металлического листа или полипропилена, сложенного в несколько слоев и жесткого опорного контура.

2. Висячие покрытия с жесткими нитями – представляют собой сетку растянутых вант, на которую укладываются или подвешиваются элементы ограждения. Данный тип покрытия получил наибольшее распространение, благодаря наименьшему собственному весу и легкостью монтажа.

3. Пологие сферические железобетонные оболочки – конструкция состоит из тонкостенной оболочки переноса (вращения), которые передают нагрузку на колонны (несущие стены), а далее воспринимается фундаментом и основанием.

4. Плоскостные (балочные) большепролетные покрытия – конструктивной особенностью является безраспорность, то есть горизонтальные реакции от вертикальных нагрузок не возникает [5].

При помощи данных видов покрытий, было построено множество сооружений в Российской Федерации. Результаты представлены в табл. 1.

На стадии рабочего конструирования производится поверочные расчеты с учетом всех вероятных сочетаний нагрузок. Расчетная схема здания представляет собой идеализированную модель, которая максимального приближенную к натуральной системе. Благодаря этому, можно найти наиболее рациональные решения, которые будут обеспечивать надежность конструкции и экономии материалов. Конструирование узлов следует выполнять равнопрочными сопрягаемым элементам.

Таблица 1

Результаты исследования

№	Тип покрытия	Возведенное сооружение	Город	Год
1.	Мембранные оболочки	Спортивный комплекс «Олимпийский»	Москва	1979
2.	Висячие покрытия с жесткими нитями	Универсального спортивного зала на ул. Лавочкина		1980
3.	Пологие сферические железобетонные оболочки	Универсальный спортивный зал «Дружба»		2017
4.	Плоскостные (балочные) большепролетные покрытия	Павильон №19 Музей «Атом»		2023

Основным методом расчета является учет неупругих деформаций, неоднородностей усадки и ползучести бетона, которые вызывают геометрические изменения системы в процессе длительной эксплуатации. Так же в железобетонных элементах конструкции учитывается трещинообразование на участках, где совершает работу внецентренное сжатие с большими эксцентриситетами. При учете неупругих деформаций, проектирование производится в физически нелинейной постановке. Система рассчитывается на синхронное совместное воздействие различных сочетаний нагрузок, которые учитывают последовательность монтажа здания в целом и меняющуюся со временем расчетную схему.

При проектировании большепролетных сооружений необходимо учитывать воздействие ветра, которое бывает статических, квазистатических и резонансных вкладов. Также выполнять проверку местной и общей устойчивости и производить расчет на лавинообразное обрушение и все возможные аварийные и экстренные ситуации различного масштаба. Проводить мониторинг основных несущих конструкций здания на протяжении возведения и первых лет эксплуатации [2].

Основной сложностью в проектировании большепролетных конструкций заключается в том, что при расчете важно учитывать горизонтальные усилия, подбор сечения элементов, учет всех особенностей при монтаже конструкций покрытия. Одним из важных аспектов является четкий и строгий контроль за возведением, обеспечение требований безопасности, эксплуатационной надежности и долговечности сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 21.10.2013) (с изм. и доп. от 07.06.2013 N 113-ФЗ, вступившими в силу с 05.12.2013).

2. Еремеев П.Г. Особенности проектирования уникальных большепролетных зданий и сооружений // Лаборатория металлических конструкций, Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций. Москва. 2006. С. 6-15.

3. Крючков А.А. Напряженно-деформированное состояние изгибаемых железобетонных элементов сплошного и составного сечения на основе уточненной нелинейной методики расчета // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. №4. С. 82-91.

4. Лаврова Е.А., Войтович С.А. Об особенностях проектирования и технологии возведения зданий и сооружений // Сборник научных статей 3-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. В 4-х томах. Том 3. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 211-214.

5. Пашкова Л.А., Денисова Ю.В. Эволюция большепролетных сооружений на примере олимпийских объектов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №11. С. 88-94.

Пухов И.Е., студент

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Крючков А.А.**

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

СУЩНОСТЬ ФИБРОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ОСОБЕННОСТИ КОСОГО ИЗГИБА

Быстрые темпы развития технологий и постоянный поиск уникальных композитных вяжущих, позволяет решать многие проблемы в строительстве. Одним из инновационных материалов является фибробетон. Данный вид бетона, армированный стальными фибрами, позволяет повысить прочность монолитной структуры тела на изгиб и в результате уменьшить затраты, а то и вовсе отказаться от полноценного армирования [1].

Сталефибробетон – это бетонная смесь с добавлением фибры (рис. 1) в виде металлических (сталь) или неметаллических материалов (базальт, пластик, асбест) обеспечивающих объемное армирование. В проекции разреза, фибробетон имеет структуру, пронизанную стальными нитями, расположенными в хаотичных направлениях [2].

Для придания необходимых прочностных характеристик бетонной смеси в качестве материала для стальной фибры применяются следующие наиболее распространенные виды:

1. Фрезерованная фибра резаной формы дуги из стального листа – изготавливается из стального проката (лента, лист) и является наиболее распространенным вариант, так как все грани имеют гладкую форму, что позволяет идеально распределяться по всей матрице бетона, создавая необходимый уровень уплотнения бетонной смеси.



Рис. 1. Фибробетон (вид в разрезе) с добавлением металлической фибры

2. Волновая фибра из проволоки – имеет повышенный уровень гибкости, что в свою очередь защищает от трещинообразования и увеличивает сопротивление прогибу. Обычно отрезки изготавливаются из низкоуглеродистой стали длиной 15-50 мм, диаметром от 0,30 до 1,1 мм и профилем в виде волн.

3. Фибра с латунным покрытием из металлокорда – высокоуглеродистая проволока длиной 15 мм, диаметром 0,3 мм, используется для улучшения стойкости к изгибу. За счет латунного покрытия и особой формы боковой поверхности, обеспечивается высокое качество сцепления фибры с бетоном.

4. Анкерная фибра – изготавливается из стальной проволоки (нержавеющей стали) длиной от 30-60 мм, диаметром 0,7-1,2 мм и является наиболее универсальным вариантом для применения. Данная фибра повышает устойчивость конструкции и имеет склонность беспрепятственно гнуться [3].

Количество фиброволокна в бетонной матрице зависит от общего объема композита. В свою очередь объемная доля волокна находится в диапазоне от 0,1 до 3 % от общей массы. Отношение объема рассчитывается путем деления длины волокна к его диаметру. Повышенный модуль упругости фибры помогает нести нагрузку за счет повышения прочности материала [4].

Применение стальной фибры в изгибаемых сечениях позволяет увеличивать прочность нормальных и наклонных сечений, трещиностойкость, деформативность данных конструкций при статическом и кратковременном нагружении.

Одним из сложных видов сопротивления, в котором армирование фибрами помогает улучшить прочностные параметры элемента, является косой изгиб.

Косой изгиб возникает в элементах при несовпадении плоскости внешнего изгибающего момента в поперечном сечении бруса ни с одной из плоскостей, проходящих через главные оси и продольную ось элемента. На рис. 2 представлен общий вид воздействия косоугольного изгиба на прямоугольный элемент (брус) [5].

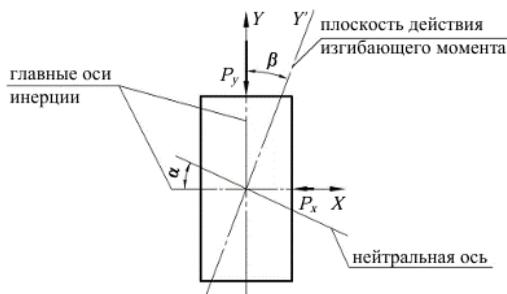


Рис. 2. Общий вид воздействия косоуго изгиба на брус

На косоуго изгиб работают следующие элементы:

- крайние сборные железобетонные прогоны, находящиеся на верхних поясах ферм;
- подкрановые балки;
- горизонтальные элементы фахверков наружных стен в каркасных сооружениях;
- фундаментные и обвязочные балки;
- бортовые элементы оболочек и т.д.

Основной особенностью косоуго изгиба является то, что сжатая зона бетона может быть двух видов: треугольной или трапециевидной (рис. 3).

При плоском изгибе, сжатая зона бетона имеет прямоугольную форму и армирование элемента происходит симметрично относительно оси Y . Для косоуго изгибаемых элементов армирование происходит иначе (рис. 3) [6].

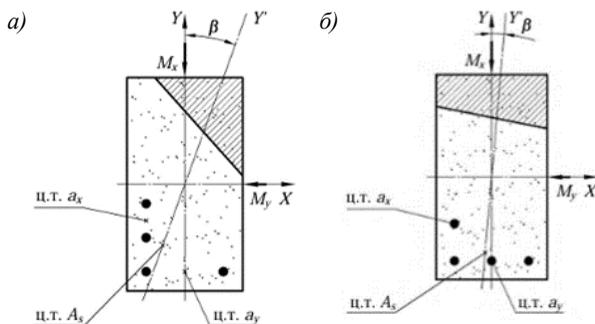


Рис. 3. Виды сжатой формы бетона при действии косоуго изгиба: a – треугольная; $б$ – трапециевидная; Y' – плоскость действия внешнего изгибающего момента, β – угол наклона следа силовой плоскости Y' относительно оси Y , M_x и M_y – изгибающие моменты относительно осей X и Y соответственно

Рабочая продольная арматура в элементах, подверженных косоуго изгибу необходимо размещать таким образом, чтобы:

- центр тяжести арматуры располагался в проекции воздействия внешних сил;
- гарантировать абсолютное применение эксплуатационных свойств всех стержней арматуры (достижение наименее нагруженным арматурным стержнем расчетного сопротивления арматуры растяжению);
- давать предельно допустимое плечо внутренней пары сил, с учетом конструктивных требований армирования железобетонных элементов согласно действующим нормативным документам [6].

Для вида сжатой формы в виде треугольника, горизонтальные арматурные стержни площадью a_x следует размещать равномерно вдоль всей ширины элемента, так и ближе к наиболее растянутому углу сечения. Данное расположение объясняется тем, что при воздействии двух векторов нагрузки на элемент, один из векторов практически во всей эксплуатационной стадии будет равен нулю из-за периодически повторяющейся нагрузки.

При трапециевидной форме сжатой зоны бетона, арматурные стержни будут располагаться на наиболее удаленном расстоянии от нейтральной оси, что позволяет использовать прочностные свойства в значительной мере. В данном случае, плечо внутренней пары сил будет больше, аналогично больше будет несущая способность конструкции [6].

В следствии этого, для уменьшения затрат на армирование и повышения прочностных характеристик элементов, работающих при действии косоугольного изгиба, стали активно применять фибры на основе стали.

Эффективность использования фибрового армирования в сочетании с регулярной арматурой заключается в улучшении механических свойств нового материала – сталефибробетона, по сравнению с традиционным железобетоном. Применение фиброволокна помогает снизить количество монтажной, поперечной и распределительной арматуры, толщину защитного слоя, а также способствует повышению сцепления рабочей арматуры с бетонной матрицей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клюев С.В. Фибробетон и изделия на его основе // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. №3 (34). С. 70-73.
2. Строкова В.В., Нелюбова В.В., Боцман Л.Н., Огурцова Ю.Н., Хахалева Е.Н. Композитное вяжущее для монолитного строительства в северных регионах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №11. С. 36-42.
3. Гагарова Н.Е., Клюев С.В. особенности применения фибробетона // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов Международной научно-практической конференции. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. С. 78-82.
4. Юрьев А. Г., Зинькова В. А. Нелинейные задачи косоугольного изгиба // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2023. №. 11. С. 37-45.

5. Морозов В.И., Опбул Э.К., Калдар-оол А.Х.Б. Сталефиброжелезобетонные конструкции в условиях сложных деформаций // Вестник гражданских инженеров. 2022. №3 (92). С. 21-27.

6. Воронцова Н.С. Экспериментальные исследования косонизгибаемых фиброжелезобетонных элементов // Вестник гражданских инженеров. 2017. №4 (63). С. 66-71.

Рыбаков Д.А., студент

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Крючков А.А.**

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

РАСЧЕТ УЗЛА СОПРЯЖЕНИЯ ЧЕРЕЗ ЗАКЛАДНУЮ ДЕТАЛЬ СТАЛЬНОЙ БАЛКИ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННОЙ

Иногда в условиях технологического перевооружения здания требуется разделить помещение на 2 этажа, например, добавить административные или бытовые помещения. В этой ситуации в качестве несущих конструкций перекрытия можно применить стальную балочную клетку. Сопряжение стальных главных балок к существующим колоннам будет выполняться через закладную деталь.

В данном докладе проведем расчет узлового соединения стальной балки к железобетонной колонне через закладную деталь.

Для начала нужно произвести сбор нагрузок на главную балку: постоянные и временные. К постоянным нагрузкам отнесем собственный вес конструкций, вес перекрытия.

Исходные данные для расчета: сечение железобетонной колонны 500×500 мм., материал – тяжелый бетон класса В25, главная балка двутавровая, прокатная 30Б1 по СТО АСЧМ 20-93 пролетом 4,5 м, второстепенная балка двутавровая, прокатная 20Б1 по СТО АСЧМ 20-93 пролетом 5 м., шаг 1,5 м. Перекрытие – монолитное, железобетонное по профилированному настилу, общая толщина перекрытия – 200 мм.

Расчет нагрузки от перекрытия. Выбран профилированный настил Н75-750-0,7. Масса 1 м² настила = 9,87 кг/м². Толщина бетона над листом – 125 мм. Приведенная толщина бетона (рис. 1) равна

$$h_b = h_f + \frac{(b + b') * h_n}{2 * S_n} = 125 + \frac{(92 + 137,5) * 75}{2 * 187,5} = 170,9 \text{ мм} \quad (1)$$

где h_f – высота бетона над профилированным листом, b – ширина полки профиля, b' – ширина гофры профиля, h_n – высота профиля, S_n – шаг гофров.

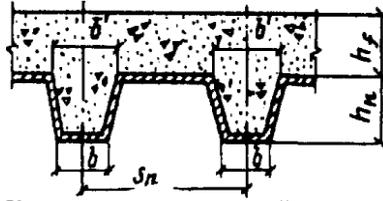


Рис. 1. К определению приведенной толщины бетона

Таблица 1

Нагрузки от конструкции перекрытия

№	Наименование	Нормативная нагрузка		f	Расчетная нагрузка, кН/м ²	
		кг/м ²	кН/м ²		f = 1	f > 1
1	Плитка керамическая, δ = 25 мм	21,0	0,206	1,2	0,206	0,247
2	Стяжка цементно-песчаная, δ = 40 мм, γ = 1800 кг/м ³	72	0,706	1,3	0,706	0,918
3	Железобетонная плита перекрытия	427,3	4,192	1,1	4,192	4,611
4	Профилированный настил Н75-750-0,7	9,87	0,097	1,05	0,097	0,102
	Итого:				5,196	5,878

Расчетная нагрузка от конструкций перекрытия на балки принимается в зависимости от их шага. При шаге балок 1,5 м. расчетная нагрузка равна 8,82 кН/м. Далее найдем реакции опор второстепенной балки, они будут равняться 22,6 кН. Тогда сосредоточенная сила от второстепенной балки на главную балку будет равна 49,72 кН = 5,07 т.

Вспользуемся программой Кристалл для расчета главной балки. Вносим все геометрические характеристики и нагрузки. [4]

В результате в главной балке опорная реакция и момент в узле сопряжения с колонной равен: Q = 12,6 т, M = -8,44 тм (рис. 2).

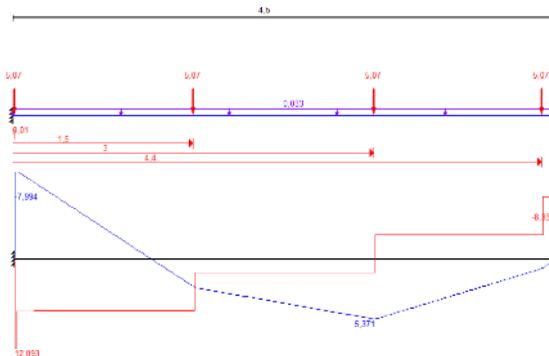


Рис. 2. Полученные результаты расчета ГБ

Расчет закладной детали. Расположение анкеров принимаем, как показано на рис. 3.

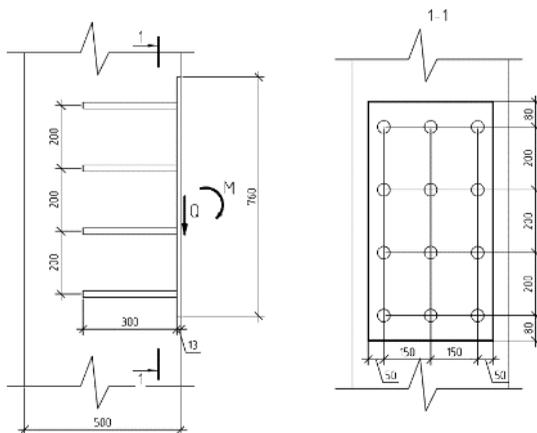


Рис. 3. Схема установки закладной детали, расположение анкеров

Момент $M = 8,44 \text{ тм} = 82,77 \text{ кНм}$

Принимаем $z = 0,6 \text{ м}$ и $N = 0$. Наибольшее растягивающее усилие в одном ряду анкеров определяем по формуле:

$$N_{an} = \frac{M}{z} = \frac{82,77}{0,6} = 137,95 \text{ кН} \quad (2)$$

где z – расстояние между крайними рядами анкеров.

Сдвигающая сила, действующая на закладную деталь, $Q = 12,6 \text{ т} = 123,6 \text{ кН}$, число рядов анкеров $n_{an} = 4$.

Принимая $N'_{an} = N_{an} = 137,95 \text{ кН}$, по формуле (3) вычисляем сдвигающее усилие, приходящееся на один ряд анкеров:

$$Q_{an} = \frac{Q - 0,3N'_{an}}{n_{an}} = \frac{123,6 - 0,3 \cdot 137,95}{4} = 20,55 \text{ кН}. \quad (3)$$

Коэффициент φ_1 определяем по формуле:

$$\varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{1+\omega}}; \quad (4)$$

где ω – коэффициент, при $N'_{an} > 0$ определяется по формуле (5):

$$\omega = 0,3 * \frac{N_{an}}{Q_{an}} = 0,3 * \frac{137,95}{20,55} = 2,01. \quad (5)$$

Отсюда

$$\varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{1+\omega}} = \frac{1}{\sqrt{1+2,01}} = 0,57 > 0,15.$$

Задаваясь диаметром анкеров, равным 16 мм, по табл. 2 [1] для бетона класса В25 и арматуры класса А500 определяем коэффициент $\varphi = 0,47$.

Тогда площадь сечения наиболее напряженного ряда анкеров:

$$A_{an} = \frac{1,1 \sqrt{N_{an}^2 + \left(\frac{Q_{an}}{\varphi_s \varphi_1}\right)^2}}{R_s} = \frac{1,1 \sqrt{137950^2 + \left(\frac{20550}{0,47 * 0,57}\right)^2}}{435} = 399 \text{ мм}^2 \quad (6)$$

В каждом ряду принимаем по 3 анкера диаметром 14 мм ($A_{an} = 462 \text{ мм}^2$).

Проверим значения A_{an} с учетом коэффициента φ , соответствующего значению $d = 14$ мм, т.е. при $\varphi = 0,49$:

$$A_{an} = \frac{1,1 \sqrt{N_{an}^2 + \left(\frac{Q_{an}}{\varphi_s \varphi_1}\right)^2}}{R_s} = \frac{1,1 \sqrt{137950^2 + \left(\frac{20550}{0,49 * 0,57}\right)^2}}{435} = 395 \text{ мм}^2 < 462 \text{ мм}^2,$$

оставляем 3 $\varnothing 14$

Найдем минимально допустимую длину анкера l_{an} без усилений. Для этого определим значение коэффициента φ_c по формуле:

$$\varphi_c = \frac{0,3}{1 + Q_{an1}/N_{an1}} + 0,7 = \frac{0,3}{1 + (20,55/137,95)} + 0,7 = 0,96. \quad (7)$$

Учитывая, что площадь A_{an} принята с запасом, уточняем значение $R_s = 435 \frac{395}{509} = 337,57$ МПа для расчета длины анкера. Значение R_b примем с учетом коэффициента условий работы бетона $\gamma_b = 0,85$ (нагрузка малой суммарной длительности действия отсутствует) $R_b = 14,5 * 0,85 = 12,33$ МПа [2]

Находим l_{an} при минимальных значениях $\omega = 0,5$ и $\Delta\lambda = 8$:

$$l_{an} = \varphi_c \left(\omega \frac{R_s}{R_b} + \Delta\lambda \right) d = 0,96 \left(0,5 \frac{337,57}{12,33} + 8 \right) 14 = 291,5 \text{ мм} \quad (8)$$

Принимаем длину анкерки 300 мм $> 10d = 140$ мм.

Расчет по прочности при выкалывании бетона основания для группы анкеров при действии растягивающей силы производят из условия

$$N_{an,tot} \leq N_{ult,c}$$

где $N_{an,tot}$ – расчетное значение растягивающего усилия в анкерной группе; $N_{ult,c}$ – предельное растягивающее усилие, определяющееся по формуле:

$$N_{ult,c} = \frac{N_{n,c}^0}{\gamma_{bt} * \gamma_{nc}} * \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \psi_{s,N} * \psi_{re,N} * \psi_{ec,N} * \psi_{M,N} \quad (9)$$

$$N_{n,c}^0 = k_1 * \sqrt{R_{b,n}} * h_{ef}^{1,5} = 13,5 * \sqrt{18,5} * 300^{1,5} = 401,7 \text{ кН} \quad (10)$$

где $N_{n,c}^0$ – значение силы сопротивления для одиночного анкера, расположенного на значительном удалении от края основания и соседнего анкера, при разрушении от выкалывания бетона основания; $R_{b,n}$ – нормативное сопротивление бетона сжатию (для бетона В25 = 18,5 Мпа) [3]; h_{ef} – рабочая глубина анкерки; $\frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0}$ – отношение,

учитывающее влияние межжелезобетонного расстояния в анкерной группе и расстояние до края основания; $A_{c,N}^0$ – площадь основания условной призмы выкалывания;

$$A_{c,N}^0 = S_{cr,N} * S_{cr,N} = 900 * 900 = 810000 \text{ мм}^2,$$

$$S_{cr,N} = 3h_{ef} = 900 \text{ мм}; c_{cr,N} = 1,5h_{ef} = 450 \text{ мм};$$

$$A_{c,N} = (2 * 0,5 * S_{cr,N} + S_2)(c_1 + 0,5S_{cr,N}) = (900 + 150)(80 + 0,5 * 900) = 656500 \text{ мм}^2,$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 * \frac{c}{c_{cr,N}} = 0,7 + 0,3 * \frac{80}{450} = 0,85 \leq 1,0.$$

$A_{c,N}$ – фактическая площадь основания условной призмы выкалывания, а также влияния краевого расположения;

$\psi_{ec,N} = 1$ – эксцентриситеты приложения усилий отсутствуют;

$\psi_{re,N} = 1$ – коэффициент влияния установки в защитный слой густоармированных конструкций;

$\psi_{M,N} = 1$ – так как $c = 50 \text{ мм} < 1,5 * h_{ef} = 450 \text{ мм}$

$$N_{ult,c} = \frac{N_{n,c}^0}{\gamma_{bt} * \gamma_{Nc}} * \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} * \psi_{s,N} * \psi_{re,N} * \psi_{ec,N} * \psi_{M,N} =$$

$$= \frac{401,7}{1,5 * 1,2} * \frac{656500}{810000} * 0,85 * 1 * 1 * 1 = 153,7 \text{ кН}$$

Условие прочности при разрушении от выкалывания бетона основания $N_{an,tot} = 137,95 \text{ кН} \leq 153,7 \text{ кН} = N_{ult,c}$ - выполнено.

Таким образом можно произвести расчет разных закладных деталей и подобрать лучшие прочностные характеристики для любых подобных узлов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методическое пособие «Проектирование анкерных креплений строительных конструкций и оборудования. К СП 63.13330.2012» - ФАУ «ФЦС», 2018 – 45-63 с.
2. Рекомендации по проектированию стальных закладных деталей для железобетонных конструкций - Стройиздат, 1984, - 20-35 с.
3. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения (актуализированная редакция СНиП 52-01-2003). М.: Миррегион России, 2012. 161 с
4. Зобова А.Г., Крючков А.А. Использование единой среды проектирования и расчета (информационное моделирование) на примере типового проекта серии 291-8-19С.87 // Сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова) «Наука и инновации в строительстве». Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. 65-70 с.

Сиделин В.Э, магистрант,
Бабак В.А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Обернихин Д.В.

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

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК, УСКОРЯЮЩИХ ТВЕРДЕНИЕ БЕТОНА, НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Современное строительство предъявляет повышенные требования к качеству и долговечности конструкций из бетона. Данные требования способствуют активному развитию технологий модификации бетона с помощью различных добавок. Подтверждением тому является рост физико-механических показателей. Так, с 2000 г., удалось повысить прочность бетона с 145 МПа до 200 МПа [1]. Это особенно важно при возведении конструкций в условиях, требующих быстрой готовности объекта или же длительного времени работы с бетонной смесью.

Добавки, ускоряющие твердение бетона, позволяют значительно сократить сроки набора ранней прочности. Это часто применяется при строительстве в условиях низких температур, что актуально для нашей страны. Замедлители твердения в свою очередь используют, чтобы предотвратить преждевременное схватывание бетона. Это позволяет транспортировать бетонную смесь на большие расстояния.

На сегодняшний день проведено множество исследований, которые направлены на изучение механизма действия добавок, а также их влияние на процесс гидратации цемента и структуры цементного камня. Однако существует неоднозначная точка зрения о том, как добавки, ускоряющие или замедляющие твердение, влияют на конечную прочность бетона.

Исследование влияния химических добавок активно ведется в отечественной научной литературе. Рассмотрим некоторые из таких исследований по данной теме.

В своей работе В.С. Изотов и Р.А. Ибрагимов исследовали влияние добавок на прочностные свойства бетона экспериментальным путем [2]. При этом прочность при сжатии фиксировали после 1, 3, 7, 28 сут. Для исследования был использован портландцемент ПЦ-400-Д20. Среднее значение прочности бетона контрольного образца при сжатии в возрасте 28 суток без добавок, ускоряющих твердение бетона, составило 36,8 МПа. Часть результатов данного исследования для различных добавок приведены в табл. 1.

В ней в столбце 4 значение перед чертой показывает среднее значение прочности бетона при сжатии в возрасте 28 сут, а за чертой – относительное значение показателя в % от контрольного, в столбце 5 значение до черты – начало схватывания, после черты – конец схватывания. Для контрольного образца были определены следующие значения: начало схватывания – 155 мин, конец схватывания – 295 мин.

Таблица 1

Прочность бетона при сжатии, а также сроки его схватывания при использовании разных добавок, ускоряющие твердение

№	Добавка	Количество вводимой добавки, %	Прочность бетона при сжатии (МПа) в возрасте 28 сут	Сроки схватывания, мин
	2	3	4	5
1	Мобет-1	1,5	36,8/100%	50/92
2	Мобет-1	2,0	36,8/100%	
3	Мобет-3	1,5	40,11/109%	60/95
4	Мобет-3	2,0	40,48/110%	
5	СН	1,5	37,53/102%	87/155
6	СН	2,0	37,53/102%	
7	СА	1,5	37,17/101%	46/68
8	СА	2,0	37,17/101%	
9	Rapid	1,5	41,22/112%	51/76
10	Rapid	2,0	41,22/112%	

Таким образом, авторы приходят к выводу, что при использовании добавок, ускоряющих твердение, уменьшается срок схватывания, однако прочность бетонного образца, по сравнению с контрольным, не уменьшается, а в некоторых случаях увеличивается на 10%.

При этом следует учесть, что авторы сравнивают эффективность ускорителей твердения с добавками сульфата алюминия и сульфата натрия. Сульфат алюминия и сульфат натрия оказывают разное влияние на конечные прочностные характеристики бетона. Так, сульфат алюминия может вызывать избыточное выделение тепла, из-за чего может произойти образование внутренних трещин, что в итоге может понизить прочность на поздних стадиях твердения. Сульфат натрия же в конечном итоге увеличивает общую прочность и устойчивость к трещинообразованию.

В своей статье «Исследование влияния противоморозных добавок на свойства цемента» Сапронов А.О., Потапова Е.Н. исследуют влияние противоморозных добавок на скорость схватывания бетона [3]. Введение противоморозных добавок в раствор в итоге уменьшает время схватывания бетонной смеси [4]. В своей работе авторы исследуют добавки Sika Antifreeze FS-1 и Sika Antifreeze N9 с разной концентрацией. При этом используют концентрацию в рекомендованном производителем диапазоне.

В качестве исследуемых характеристик были взяты показатели прочности на 1 и 28 сут. Важно отметить, что в результате эксперимента выяснилось, что прочность всех образцов, которые содержали добавки, на 1 сутки была выше, чем у образца без добавок.

На 28 сут все составы, которые содержали первую добавку, гарантированно уступали по прочности контрольному образцу без добавок. Однако образцы, которые имели в своем составе вторую добавку, показывали прочность при сжатии выше, чем у контрольного образца [5]. При этом прочность при изгибе была гарантированно ниже, что отражено на рис. 1.

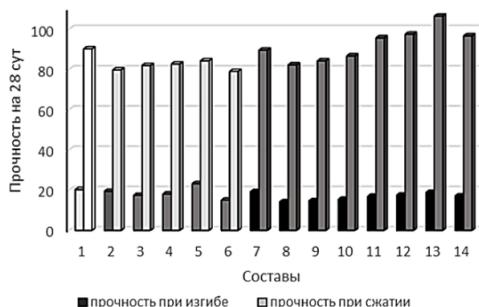


Рис. 1. Влияние добавок на прочность цемента (28 сут)

В своем исследовании авторы статьи делают вывод, что прочностные характеристики образцов зависят от используемых добавок, а также от их процентного содержания в составе.

Проанализировав несколько исследований на данную тему, можно сделать вывод, что добавки, ускоряющие и замедляющие твердение бетона, оказывают большое влияние на прочностные характеристики [6]. Однако характер данного влияния неоднозначен, а также зависит от множества других фактов: процентное содержание, условия твердения и т.д. Добавки ускоряющие твердения могут приводить как к повышению прочности, так и к ее снижению на 28 суток. При этом гарантированно повышают прочность на первых этапах твердения [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калашников В.И. Эволюция развития составов и изменение прочности бетонов. Бетоны настоящего и будущего, часть 1. изменение составов и прочности бетонов // Строительные материалы. 2016. № 1-2. С. 96-103.
2. Изотов В. С., Ибрагимов Р. А. Влияние добавок - ускорителей твердения на свойства тяжелого бетона // Construction materials. 2010. №3.
3. Сапронов А.О., Потапова Е.Н. Исследование влияния противоморозных добавок на свойства цемента // Успехи в химии и химической технологии. 2018. №2 (198).
4. Смирнов Д.С., Мавлиев Л.Ф., Хузиахметова К.Р., Мотыйгуллин И.Р. Влияние минеральной добавки на основе молотого доменного шлака на свойства бетонов и бетонных смесей // Известия КазГАСУ. 2022. №4 (62).
5. Лесовик В. С., Гридчина А. А. Монолитные бетоны на основе расширяющих добавок и химических модификаторов // Construction materials. 2015. №8.
6. В. С Рамачандран, Р. Ф Фельдман, М. Коллерпарди и др. Добавки в бетон: справочное пособие [Под ред. В.С Раманчандрана] // М.: Стройиздат, 1988. – С. 382 – 433.

7. Гныря, А.И. Технология бетонных работ в зимних условиях [Текст] : учеб. пособие / А.И. Гныря, С.В. Коробков. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011, – С. 124 - 153.

**Трошкина В.Б., магистрант,
Артемова К.А., магистрант,
Шаповалов М.М., магистрант**

**Научный руководитель: канд. экон. наук, доц.
Жариков И.С.**

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

СОВРЕМЕННЫЕ КАМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Современные каменные строительные конструкции, которые используют как натуральный камень, так и современные технологии обработки, что позволяет создавать не только функциональные, но и эстетически привлекательные здания. Современные каменные строительные конструкции обладают целым рядом преимуществ, которые обеспечивают их устойчивую популярность на рынке строительства и архитектуры. Одним из наиболее известных достоинств является прочность и долговечность камня как строительного материала. Эти характеристики делают его идеальным выбором для возведения многоэтажных зданий, мостов и других инженерных сооружений, требующих высокой механической прочности и устойчивости к внешним воздействиям. Благодаря своей структуре, каменные конструкции могут выдерживать большие нагрузки, что позволяет реализовывать амбициозные архитектурные проекты. Современные каменные конструкции также легко интегрируются с другими строительными решениями, включая стекло и металл, что открывает новые горизонты в архитектуре. Комбинирование камня с другими материалами позволяет создавать уникальные фасады и интерьеры, играя с фактурами и формами [1].

Кроме того, камень является экологически чистым материалом. Его добыча, переработка и использование требуют меньших затрат энергии по сравнению с материалами, произведенными на химической или заводской основе. В условиях современного строительства, где требования к устойчивым и природосберегающим решениям возрастает, преимущества камня становятся еще более значительными. Многие разработчики уделяют пристальное внимание выбору материалов с низким воздействием на природу, и камень оказывается одним из лучших вариантов для удовлетворения этих потребностей [1].

Новые технологии обработки, включая лазерную резку и 3D-печать, расширяют возможности для создания сложных геометрических форм и текстур, которые ранее были недостижимыми. Непрерывное образование

и повышение квалификации специалистов, работающих в области каменного строительства, также окажут влияние на будущее каменных технологий. Программы, ориентированные на устойчивое строительство и новейшие технологии обработки, будут формировать новое поколение профессионалов, способных адаптировать и внедрять инновации в реальный сектор [2].

Таким образом, будущее каменных технологий в строительстве может оказаться более многообразным и насыщенным, чем когда-либо прежде. Интеграция новых материалов, технологий и методов работы с камнем открывает новые перспективы, позволяя каменным конструкциям не только сохранять актуальность, но и активно развиваться в ответ на вызовы времени [2].

Камень также обладает отличными тепло- и звукоизоляционными свойствами, что позволяет значительно снизить потребность в энергозатратных системах отопления, кондиционирования и шумоизоляции в современных зданиях. Этот показатель важен в контексте увеличения энергосбережения в строительстве и снижения общего углеродного следа. Энергетическая эффективность является одним из ключевых аспектов устойчивого развития строительной отрасли. Современные исследования в области материаловедения раскрывают потенциал взаимодействия каменных материалов с растущими требованиями к энергоэффективности и устойчивости зданий. Разработка новых композитных материалов на основе камня, комбинирующих его физико-механические свойства с полимерами или металлами, может привести к созданию легких, прочных и долговечных конструкций, что сделает камень актуальным решением для множества современных архитектурных задач [3].

Современные проекты в области каменного строительства демонстрируют не только эволюцию технологий, но и способность архитекторов и инженеров адаптировать традиционные материалы к новым требованиям и вызовам. Среди таких примеров особое внимание заслуживают здания, которые удачно сочетают в себе историческую эстетику и современные инновации. Одним из ярких примеров является музей современного искусства в Лондоне, выполненный с использованием камня, который придает структуре уникальность и характер, одновременно решая вопросы звукоизоляции и климатического контроля. Фасады здания облицованы специальными плитами, которые проходят обработку для повышения их устойчивости к внешним условиям. Устойчивость к выветриванию и воздействию влаги позволила гарантировать долговечность материалов, а точная подгонка элементов обеспечивает гармоничную интеграцию музея в городской ландшафт [4, 5].

Другой интересный проект – это многофункциональный комплекс в Сингапуре, где каменные элементы используются не только в строительстве, но и в ландшафтном дизайне. Структура комплекса включает в себя террасированные сады и водоемы, обрамленные каменными стенами, которые выполняют сразу несколько функций: они

служат элементами безопасности и маркируют границы пространства, а также обеспечивают проходы для дождевой воды. К тому же камень в этом проекте был выбран не случайно, он был добыт в близлежащих карьерах, что сокращает углеродный след.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловьев И.А. Современные каменные строительные конструкции: проектирование и технологии // Строительные материалы, 2020. № 4. С. 12–19.
2. Кузнецов А.В. Новые технологии в производстве каменных конструкций // Технология строительства, 2021. № 7. С. 28–36.
3. Малышева Т.Ю. Энергетическая эффективность каменных зданий // Энергоэффективность в строительстве, 2022. № 1. С. 45–52.
4. Сергеев К.Р. Эстетика каменных зданий: традиции и инновации // Архитектурный журнал, 2021. № 5. С. 60–67.
5. Лебедев В.М. Технология возведения зданий и сооружений. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. 373 с.

**Трошкина В.Б., магистрант,
Артемова К.А., магистрант,
Шаповалов М.М., магистрант**

**Научный руководитель: канд. экон. наук, доц.
Жариков И.С.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ПЛАСТИКОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Одной из заметных тенденций является интеграция пластиковых конструкций в многофункциональные здания, где пластик сочетает в себе легкость, прочность и коррозионную стойкость. Использование пластиковых элементов, таких как оконные рамы, крыши и фасады, позволяет достигать больших конструктивных решений. Это открывает новые горизонты для архитекторов, которые могут создавать более сложные и нестандартные формы, не ограничиваясь традиционными ресурсами. Также наблюдается активное внедрение возобновляемых и переработанных пластиковых материалов. Устойчивое строительство становится нормой, и многие проектировщики нацелены на использование материалов, которые не только уменьшают негативное воздействие на окружающую среду, но и соответствуют концепции циркулярной экономики. Другая значимая тенденция – это применение пластиковых конструкций в условиях экстремальных климатических условий. В регионах с высокими температурами или повышенной влажностью пластиковые элементы обладают высоким уровнем устойчивости к

различным атмосферным воздействиям. Это дает возможность использовать такие конструкции в новых для себя климатических зонах, что увеличивает спектр строительных проектов и решений [1].

Технология 3D-печати также начала оказывать влияние на использование пластиковых строительных конструкций. С помощью аддитивных технологий возможно создавать сложные формы, снижая тем самым количество отходов на производственной стадии. 3D-печать позволяет быстро прототипировать и изготавливать элементы, что критически важно в условиях динамичного рынка строительства и при необходимости в быстрой адаптации под требования заказчика [1].

Ярким примером эффективного использования пластиковых строений служит ряд спортивных объектов, возведенных в последние годы. В некоторых случаях конструкции из полимерных материалов позволяют сократить время строительства и снизить затраты. Применение таких технологий заметно видно на примере стадионов, где легкие весовые характеристики пластиковых конструкций снизили нагрузку на фундамент, что позволяет использовать менее дорогостоящие системы оснований. Современные здания часто используют композитные материалы, которые обеспечивают повышенные эксплуатационные характеристики. Примером служат мосты и пешеходные конструкции [2].

Экологические аспекты применения пластиковых материалов выдвигают на первый план вопрос переработки. Объекты, построенные из полимеров, часто создаются с учетом возможности последующей переработки системы. В некоторых странах начинают использовать вторичные пластиковые материалы для новых строений. Это позволяет сократить объем отходов и снизить нагрузку на экологическую обстановку. Примером успешного применения пластиковых конструкций можно также указать на современные транспортные платформы, такие как автостанции и терминалы. Здесь пластиковые элементы используют для создания удобных и безопасных пространств. Легкие каркасы облегчали монтаж кровельных конструкций, а возможности моделирования пластиковых форм открыли путь к созданию эргономичных и эстетически привлекательных объектов [3].

Погружение в мир пластиковых строительных конструкций не только поднимает вопросы адаптации рынка труда, но и формирует новые вызовы и возможности для пусть и незначительной, но предельно актуальной части строительного сектора. Ключ к успешной интеграции пластиковых материалов в строительство заключается в эффективной стратегии, нацеленной как на рассмотрение возможных рисков, так и на использование всех достоинств, которые предоставляют современные технологии. Учебные заведения, работодатели и государство должны работать в едином ритме с целью создания благоприятной структуры рынка труда, поддерживающей инновации и возможности для карьерного роста в данной отрасли [4].

Важным направлением исследований является работа над улучшением экологических характеристик пластиковых материалов.

Научные изыскания фокусируются на следующих аспектах: снижение содержания вредных добавок, применение экологически чистых красителей, создание видов пластиков, которые легко разлагаются или перерабатываются. Результаты таких исследований стремятся сделать пластиковые конструкции не только прочными и эффективными, но и безопасными для окружающей среды. Вне всякого сомнения, экология требует, чтобы мы, как общество, пересмотрели подходы к использованию пластиковых строительных конструкций. Эффективный подход к выбору материалов, их производству, использованию и утилизации способен сократить негативные последствия и продвигать устойчивое развитие в отрасли. Экологическая осведомленность, комплексные меры и активные исследования помогут создать основу для более осознанного и бережного к окружающей среде использования пластиковых материалов в строительстве [4, 5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов А.Н. Современные технологии использования полимеров в строительстве // Строительные материалы, 2021. № 4. С. 15–22.
2. Коваленко А.П. Перспективы использования композитных материалов в строительстве // Строительные технологии, 2019. № 8. С. 53–60.
3. Смирнова Т.Ю. Экологические аспекты использования пластиковых строительных конструкций // Строительная экология, 2021. № 3. С. 27–34.
4. Белов Р.Г., Васильев А.С. Современные подходы к строительству с использованием полимеров // Инновации в строительстве, 2022. Т. 15. № 6. С. 12–19.
5. Лебедев В.М. Технология возведения зданий и сооружений. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. 373 с.

**Трошкина В.Б., магистрант,
Артемова К.А., магистрант,
Шапалов М.М., магистрант**

**Научный руководитель: канд. экон. наук, доц.
Жариков И.С.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Деревянное домостроение переживает период возрождения, благодаря сочетанию долговечных технологий и обновленных подходов к проектированию. В отличие от традиционных методов, современное деревянное строительство активно использует новейшие достижения науки и техники. Инновационные методы обработки древесины, усовершенствованные технологии соединения элементов и эффективные

способы защиты от внешних воздействий открывают новые границы в проектировании деревянных сооружений. Современные деревянные конструкции не только удовлетворяют строительным нормам и требованиям безопасности, но и обеспечивают высокую степень комфорта для жилья. Древесина, как материал, демонстрирует хорошую теплоизоляцию и акустику, что делает дома из дерева удобными для проживания. Все больше архитекторов и дизайнеров выбирают древесину за ее эстетические качества, создавая уникальные и гармоничные пространства. Природная текстура и цвет древесины способны создавать атмосферу уюта и тепла [1].

Технологии деревянного домостроения претерпели значительные изменения в последние десятилетия. На фоне стремления к устойчивому развитию и минимизации воздействия на окружающую среду, древесина, как один из наиболее экологически чистых материалов, становится все более популярной в строительстве. Современные технологии позволяют улучшить характеристики деревянных конструкций, увеличивая их прочность, долговечность и устойчивость к внешним воздействиям. Методы, используемые в обработке древесины, играют ключевую роль в повышении ее эксплуатационных свойств. Современные способы сушки и пропитки древесины позволяют увеличить ее сопротивляемость к гниению, насекомым и другим биологическим повреждениям. К таким методам относятся термализация, использование активных антисептиков и импрегнация под давлением. В результате применения этих технологий древесина становится более надежной для использования в строительстве, что значительно расширяет ее сферу применения [1].

Технологии деревянного домостроения претерпели значительные изменения в последние десятилетия. На фоне стремления к устойчивому развитию и минимизации воздействия на окружающую среду, древесина, как один из наиболее экологически чистых материалов, становится все более популярной в строительстве. Современные технологии позволяют улучшить характеристики деревянных конструкций, увеличивая их прочность, долговечность и устойчивость к внешним воздействиям. Одной из значительных инноваций в области деревянного домостроения является конструктивное использование клееного бруса и многослойных панелей, таких как CLT (Cross Laminated Timber). Эти материалы обеспечивают высокую прочность и стабильность при меньшем весе по сравнению с традиционными бревенчатыми конструкциями. Клееные конструкции позволяют создавать более крупные и сложные формы, что становится возможным благодаря прочным стыкам и армированию, а также облегчает процесс монтажа. Использование CLT открывает новые горизонты в архитектуре, позволяя проектировать здания с большими открытыми пространствами и выразительными формами, которые ранее были доступны только для стальных или бетонных конструкций [2].

Современные технологии проектирования, такие как BIM (Building Information Modeling), способствуют более эффективному планированию и

реализации проектов деревянного домостроения. BIM позволяет создать трехмерную модель здания, которую можно использовать для визуализации, а также для оценки затрат и ресурсов на всех этапах строительства. Это ведет к увеличению точности, снижению ошибок и экономии времени. Кроме того, использование таких технологий позволяет интегрировать различные системы здания, такие как электроснабжение, водоснабжение и отопление, что делает постройки более энергоэффективными и удобными [3].

При разработке новых стандартов и технологий важно учитывать не только эксплуатационные характеристики, но и эстетические аспекты. Древесина, как натуральный материал, создает уникальную атмосферу уюта и тепла, что делает деревянные здания особенно привлекательными для жильцов. Сочетание современных технологий с традиционными обработками древесины может дать новый импульс в сфере архитектуры и дизайна, позволяя создавать уникальные жилые и коммерческие пространства. Некоторые исследователи также обращают внимание на возможность применения адаптивного дизайна и архитектуры на основе местных условий и климатических особенностей. Умение адаптировать деревянные конструкции к специфике региона позволяет увеличивать их долговечность и эксплуатационные характеристики. Это решение не только экологически обосновано, но и экономически выгодно. Таким образом, современные технологии и материалы в деревянном строительстве являются символом перехода к более устойчивым и инновационным формам архитектуры. Они обеспечивают возможность создания комфортного, безопасного и эстетически привлекательного жилья, учитывающего потребности современного общества. Надежные и эффективные технологии призваны преодолеть существующие вызовы и недостатки, связанные с использованием древесины, открывая новые горизонты для проектирования и строительства в различных климатических условиях и регионах [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов А.П. Современные технологии в деревянном строительстве // *Строительные материалы*, 2021. № 3. С. 12–18.
2. Лебедева О.Д. Архитектурное проектирование деревянных зданий // *Современное строительство*, 2023. № 1. С. 10–17.
3. Петров И.М. Деревянные конструкции: от традиций к инновациям // *Строительные технологии*, 2022. № 4. С. 43–50.
4. Федоров П.Д. Технологические процессы обработки древесины // *Лесное хозяйство и экология*, 2020. № 4. С. 60–67.
5. Лебедев В.М. Технология возведения зданий и сооружений. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. 373 с.

**Трошкина В.Б., магистрант,
Артемова К.А., магистрант,
Шапалов М.М., магистрант**

**Научный руководитель: канд. экон. наук, доц.
Жариков И.С.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Железобетонные конструкции стали знаковым достижением в архитектуре и инженерии, и их развитие произошло в контексте глубоких социальных и технологических изменений. Появление железобетона связано с сочетанием двух материалов – бетона и стали, которые, будучи по отдельности, имеют ограничения, но в совокупности образуют новый прочный и универсальный строительный материал. Эта синергия открыла широкие возможности для строительства, в том числе и возможность создания более высоких, прочных и долговечных зданий. Современные технологии позволяют модифицировать бетон, включая в его состав волокна, микросиликатные добавки и другие компоненты, что ведет к созданию материалов с улучшенными механическими свойствами.

Одним из направлений, заслуживающим внимания, являются многослойные конструкции, в которых применяются разные типы бетонов и арматуры с учетом их характеристик и назначения. Это позволяет добиться максимальной эффективности использования материалов и ресурсов. Создание композитных структур становится все более актуальным, поскольку они обеспечивают и эстетические, и функциональные преимущества [1].

Современные железобетонные конструкции могут быть выполнены в различных архитектурных формах, что позволяет создавать как простые, так и сложные архитектурные решения. Важным моментом при проектировании является рациональное использование материалов. Правильный выбор компоновки обеспечивает необходимую жесткость конструкции при минимальных затратах ресурсов. При этом следует учитывать не только собственные веса элементов, но и дополнительные нагрузки: снег, ветер, сейсмические факторы и т. д. [2].

В практике проектирования выделяются несколько основных типовых схем, среди которых можно отметить жесткие и упругие системы, предварительно напряженные конструкции, а также смешанные конструкции. Жесткие системы широко используются в гражданском и промышленном строительстве благодаря их способности равномерно распределять нагрузки по всей конструкции. Рассмотрение упругих систем оказывается актуальным в тех случаях, когда важно учесть деформации под действием внешних факторов. Предварительно напряженные конструкции способны обеспечить возможность повышения жесткости

элементов, что играет ключевую роль, если необходимо сохранить и облегчить весь конструктив [2].

Каждая конструктивная схема требует детальной разработки узлов, которых существует множество. Наиболее часто встречающиеся реализации узлов и соединений позволяют добиться надежности соединений и обеспечения необходимых эксплуатационных характеристик. Например, узлы соединения элементов стен и перекрытий необходимо обрабатывать с учетом возможных сдвигов и усадок, что повышает жесткость и общую устойчивость конструкции [2].

Модернизация технологий производства бетона также включает в себя внедрение интеллектуального мониторинга, который позволит отслеживать состояние конструкций в реальном времени. Системы датчиков, встроенные в железобетонные конструкции, помогут рано выявлять возможные разрушения и повреждения. Это приведет к снижению затрат на обслуживание и повышение безопасности зданий, что выступает важной необходимостью в условиях городского застройки с высокой плотностью [3].

Важный аспект будущего железобетонного строительства – это адаптивные конструкции. Современные технологии предлагают использование «умного» бетона, который способен реагировать на изменения внешней среды. Например, специальный состав может расширяться или сокращаться в ответ на температурные колебания, что значительно увеличивает долговечность стройки. Такие подходы позволяют создавать более надежные и адаптивные сооружения, способные выдерживать экстремальные природные условия. Не менее важным направлением является внедрение 3D-печати в строительство. Эта инновационная технология распространяется и на железобетонные конструкции, что позволяет создавать отдельные элементы или даже целые здания с высокой скоростью и минимальными затратами. 3D-печать может значительно ускорить процесс строительства, давая возможность создавать уникальные формы и геометрические решения, которые сложно реализовать традиционными методами. Перспективы применения роботов и автоматизации также играют ключевую роль в будущем железобетонного строительства. Роботы могут выполнять монотонные и физически сложные задачи, тем самым обеспечивая безопасность рабочих и увеличивая общую производительность. Автоматизация процессов, начиная от замешивания бетона до монтажных работ, позволит сократить человеческий фактор и снизить вероятность ошибок [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранов В.И. Современные технологии в производстве железобетонных конструкций // Строительные материалы и конструкции, 2018. № 3. С. 12–18.
2. Федоров Н.В. Жесткость железобетонных конструкций под действием сейсмических нагрузок // Журнал научных исследований, 2021. № 5. С. 78–85.

3. Литвинов И.П. Модернизация технологий производства железобетона // Строительные технологии, 2023. № 2. С. 30–37.
4. Романов А.Г. Перспективные направления развития железобетонных технологий // Строительные новости, 2021. № 8. С. 55–62.
5. Лебедев В.М. Технология возведения зданий и сооружений. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. 373 с.

Усик И.Л., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Обернихин Д.В.**

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

ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Полимеркомпозит – многокомпонентный материал на основе разных видов углепластиковых матриц, Углеродные волокна в составе материала обеспечивают высокую прочность на разрыв, жесткость и усталостную прочность, а смоляно-клеевая пропитка матрицы «компаунд» защищает от воздействия таких факторов окружающей среды, как влага и ультрафиолетовое излучение. Соотношение удельной прочности и веса полимеркомпозитов гораздо выше, чем у обычных строительных материалов. Это означает, что полимеркомпозиты могут обеспечить прочность и долговечность, сравнимые со сталью и бетоном, при меньшем расходе материала, что особенно ценно при строительстве большепролетных конструкций, мостов и высотных сооружений [1-7].

Долговечность – еще одно преимущество полимеркомпозитов [8]. Устойчивость полимеркомпозитов к коррозии и разрушению под воздействием окружающей среды делает их актуальными для использования в суровых климатических условиях. Кроме того, они обладают высокой усталостной прочностью, что позволяет им выдерживать многократные циклы нагружения без деградации свойств [9]. Это особенно важно для мостов, подверженных динамическому, воздействию внешних сил.

Полимеркомпозиты тотиморфны, что делает их привлекательнее для использования в конструкциях сложной формы [10]. Углеродные волокна можно переплетать в различных формах и направлениях, чтобы получить материал, отвечающий конкретным прочностным и форменным требованиям. Это позволяет создавать прочные и легкие конструкции, а также архитектурно выразительные элементы.[11].

В работе [12] исследованы балки, изготовленные из геополимерного бетона, армированные углеродным волокном. Образцы были подвергнуты испытанию на изгиб по трехточечному методу как с армированием, так и

без него. Усиленные полимеркомпозитом балки обладают большей несущей способностью и меньшим прогибом, чем эталонные балки без углепластика. Экспериментальные и аналитические данные, приведенные в работе [13] показали, что влияние углепластика было более значительным с точки зрения прочности на сдвиг.

В работе [14] авторы выполнили анализ комбинаций углеродной сетки с учетом зависимости геометрических параметров сетки, коэффициента армирования. Для этого анализа были изготовлены 13 железобетонных образцов в виде бетонных подпорных стен, усиленных углепластиковым материалом и 11 образцов углепластиковой сетки с различным соотношением сторон от 1,01 до 2,20. Образцы были испытаны на действие реверсивной нагрузки. Из выводов следует, что уменьшенное соотношение сторон сетки способствует повышению деформативности подпорных стен на 13,8-36 % и демонстрирует наилучшее распределение напряжений. Образцы с углепластиковой сеткой показали меньшую ширину основных трещин, окруженных большим количеством волосовидных трещин, что указывает на лучшее распределение напряжений.

В данном исследовании [15] авторы провели численный анализ, с использованием метода конечных элементов (МКЭ), поведения на изгиб полых коробчатых балок с различной степенью повреждения, которые были усилены с помощью углепластиков с различными уровнями предварительного напряжения. В МКЭ учитывалось адгезионное поведение границы раздела углепластик – бетон. Были испытаны четыре коробчатые балки. Первая балка, без повреждений и не имевшая усиления, служила контрольным образцом. Три другие поврежденные коробчатые балки были усилены углепластиком с уровнями предварительного напряжения 30, 40 и 60%, соответственно. Результаты показали, что применение предварительно напряженных углепластиков эффективно повысило несущую способность коробчатых балок. Исследование также показало значительный эффект усиления слегка поврежденных коробчатых балок, армированных предварительно напряженными углепластиками.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что углепластик обладает рядом преимуществ перед другими композитными материалами, такими как высокая прочность на растяжение, модуль упругости, прочность на разрыв, огнестойкость и химическая стойкость. Он идеально подходит для применений в конструкции требующих высокой жесткости, прочности на разрыв, огнестойкости и химической стойкости. Однако, в области углепластиковых композитов существует ряд нерешенных вопросов:

- параметры и конфигурации углепластиковых сеток для различных конструктивных применений и условий нагружения недостаточно изучены;

- необходим анализ более широкого диапазона соотношений сторон углепластиковой сетки, что позволит выявить закономерности распределения напряжений.

Устранение этих пробелов значительно расширит применение углепластиковых композитов в строительстве, что позволит создать более прочные и надежные конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Донченко, О.М. Актуальные проблемы конструктивно-технологических решений и эффективных материалов в капитальном строительстве / О.М. Донченко, И.А. Дегтев, Н.В. Солодов // Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения): Материал Международной научно-практической конференции. Том 1. – Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2011. – С. 148-157
2. Kiersnowska, A.; Fabianowski, W.; Koda, E. The Influence of the Accelerated Aging Conditions on the Properties of Polyolefin Geogrids Used for Landfill Slope Reinforcement. *Polymers* 2020, 12, 1874.
3. Chalot, A.; Michel, L.; Ferrier, E. Experimental Study of External Bonded CFRP-Concrete Interface under Low Cycle Fatigue Loading. *Compos. Part B Eng.* 2019, 177, 107255.
4. Lee, T.; Jeong, S.; Woo, U.; Choi, H.; Jung, D. Experimental Evaluation of Shape Memory Alloy Retrofitting Effect for Circular Concrete Column Using Ultrasonic Pulse Velocity. *Int. J. Concr. Struct. Mater.* 2023, 17, 13.
5. Li, G.; Li, X.; Fang, C.; Wang, J.; Liu, R. Dynamic Behavior of Concrete-Filled Steel Tube Cantilever Columns Stiffened with Encased Carbon Fiber Reinforced Plastic Profile Subjected to Lateral Impact Load. *Int. J. Impact Eng.* 2023, 177, 104561.
6. Godlewski, T.; Mazur, Ł.; Szlachetka, O. Witowski, M.; Łukasik, S.; Koda, E. Design of Passive Building Foundations in the Polish Climatic Conditions. *Energies* 2021, 14, 7855.
7. Hadigheh, S.A.; Ke, F.; Fatemi, H. Durability Design Criteria for the Hybrid Carbon Fibre Reinforced Polymer (CFRP)-Reinforced Geopolymer Concrete Bridges. *Structures* 2022, 35, 325–339.
8. Abas Golham, M.; Al-Ahmed, A.H.A. Behavior of GFRP Reinforced Concrete Slabs with Openings Strengthened by CFRP Strips. *Results Eng.* 2023, 18, 101033.
9. Cruz, R.; Correia, L.; Cabral-Fonseca, S.; Sena-Cruz, J. Durability of Bond of EBR CFRP Laminates to Concrete under Real-Time Field Exposure and Laboratory Accelerated Ageing. *Constr. Build. Mater.* 2023, 377, 131047.
10. Al-Mawed, L.K.; Hamad, B.S. Experimental and Numerical Assessments of Slab-Column Connections Strengthened Using Bonded Hemp Fiber Fabric Sheets. *Int. J. Concr. Struct. Mater.* 2023, 17, 8.
11. Obaidat, Y.T.; Barham, W.; Obaidat, A.T.; Abuzakham, H. Improving the Shear Capacity of Recycled Aggregate Concrete Beams with NSM-CFRP Strip. *Pract. Period. Struct. Des. Constr.* 2023, 28, 04023016.
12. Yang, J.; Lu, S.; Zeng, J.J.; Wang, J.; Wang, Z. Durability of CFRP-Confining Seawater Sea-Sand Concrete (SSC) Columns under Wet-Dry Cycles in Seawater Environment. *Eng. Struct.* 2023, 282, 115774.

13. Zhou, S.C.; Demartino, C.; Xu, J.J.; Xiao, Y. Effectiveness of CFRP Seismic-Retrofit of Circular RC Bridge Piers under Vehicular Lateral Impact Loading. *Eng. Struct.* 2021, 243, 112602.

14. Ozturk, M.; Arslan, G. Flexural Behavior of GBFS-Based Geopolymer-Reinforced Concrete Beams. *Buildings* 2023, 13, 141.

15. Ozturk, M.; Sengun, K.; Arslan, G. CFRP Contribution to Load-Carrying Capacity of Retrofitted Geopolymer Concrete Beams. *Structures* 2023, 48, 1391–1402.

16. Guo, X.; Zeng, L.; Zheng, X.; Li, B.; Deng, Z. Flexural Behavior of Damaged Hollow RC Box Girders Repaired with Prestressed CFRP. *Materials* 2023, 16, 3338.

Устинова А. В., студент

**Научный руководитель: ст. преп. БГТУ им. В.Г. Шухова,
аспирант НИУ БелГУ (напр. Философская
антропология и философия культуры),
Першина И.Л.**

*Белгородский государственный институт искусств и культуры,
г. Белгород, Россия*

АТТРАКТИВНОСТЬ ПЕШЕХОДНЫХ МОСТОВ В РЕКРЕАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ (АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА)

Аттрактивность пешеходных мостов в рекреационном пространстве становится важной темой современного урбанистического дизайна [1]. Эти конструкции выполняют не только функциональную роль связи между частями города, но и становятся культурными и социальными символами, укрепляя связи между людьми и предлагая панорамные виды. Мировая практика показывает, что хорошо спроектированные пешеходные мосты могут преобразовывать общественные пространства, добавляя в их архитектуру элементы искусства. Они привлекают как местных жителей, так и туристов, обеспечивая доступ к природным ландшафтам и создавая возможности для отдыха и развлечений. Привлекательность таких мостов определяется не только их гармонией с окружающей средой, но и визуальным воздействием, которое вызывает эстетическое удовольствие. В результате, пешеходные мосты становятся неотъемлемой частью рекреационных пространств и служат основой для новых концептуальных разработок.

Одним из ярких примеров является круглый пешеходный мост Луцзяцзуй (рис. 1), построенный в 2010 г. в деловом районе Пудонг в Шанхае [2]. Он был создан для разделения пешеходного и транспортного потоков на одноименной площади, где расположены Шанхайская фондовая биржа и множество бизнес-центров.



Рис. 1. Круглый пешеходный мост Луцзяцзуй. Шанхай, Китай. Арх. бюро MAD Architects. 2010 г.

Мост шириной 7 м вмещает до 15 человек одновременно и достигает высоты около 6,1 м относительно уровня земли. Входы оборудованы эскалаторами и лифтами для удобства посетителей. Безусловная привлекательность – в расположении его над транспортной развязкой, создавая многоуровневость открывающихся городских ландшафтов района Луцзяцзуй Шанхая. Вечерняя подсветка придает ему особую атмосферу, делая его еще более привлекательным для туристов и местных жителей.

Другим прецедентом аттрактивности является мост «Slinky Springs To Fame» в Оберхаузене (рис. 2), напоминающий детскую игрушку-пружинку [3]. Его длина составляет 406 м, и он состоит из 496 металлических колец, пронизывающих пространство над рекой Рейн. Под мостом можно увидеть суда, на которых организуются экскурсии. Вечером мост выглядит особенно впечатляюще благодаря подсветке, состоящей из 16 различных цветов.



Рис. 2. Пешеходный мост «Slinky Springs To Fame». Оберхаузен, Германия. Т. Рехбергер. 2011 г.: *a* – вид снаружи; *б* – вид внутри

Аттрактивный эффект – в, казалось бы, «парящей» в середине пружины, пешеходной дорожке. Удерживающие конструкции спиралеобразной оболочки тоже не бросаются в глаза, они не акцентированы, более того, вся спираль не освещается искусственным светом – тем самым усиливая эффект «парения» размещенного внутри нее пешеходного настила.

Также наглядным примером аттрактивности является мост Melkwegbridge, разработанный архитектурной студией NEXT Architects в Пурмеренде (Нидерланды) (рис. 3), служит частью концепции De Kanaalsprong и соединяет историческую часть города с новым жилым массивом [3]. Его впечатляющий свод поднимается на 12 м над уровнем воды и соединяется с дорогой Melkweg-road. Этот пешеходный мост весит 85 т и состоит из 130 элементов, поддерживаемых стальной аркой. Он предназначен исключительно для пешеходов и велосипедистов, с четким разделением маршрутов. Велодорожка длиной около 100 м и пешеходный путь на арке, длиной 48 м, обеспечивают комфортное пересечение реки.



Рис. 3. Изогнутый мост Melkwegbridge. Пурмеренд, Нидерланды. студии Next Architects. 2012 г.: а – вид сверху; б – вид с боку

Архитектурное решение моста способствует возникновению эпатирующего эффекта за счет крайне необычной двухчастной композиции, включающей в себя два элемента: пешеходного и велосипедного назначения. Они контрастируют друг другу своим направлением, формой; развитие формообразования модели – экспрессивно-динамично, – все это способствует ощущению необычности и элегантной аттрактивности.

Мост-остров Муринзель (Murinsel), так же является отличным примером аттрактивности, он связывает берега реки Мур и по праву считается главной современной достопримечательностью Граца (рис. 4). Его созданию способствовало значительное событие – в 2003 г. город был назван «Европейской культурной столицей» [4]. Это необычное сооружение разработал Вито Аккончи, провокационный американский архитектор и художник. Мост Муринзель напоминает огромную чашу-раковину, нижняя часть которой плавно переходит в изогнутый купол.

Мост разделен на две зоны: закрытую с кафе под стеклянным куполом и открытую с амфитеатром, соединенные детской площадкой. Конструкция площадью 1000 м² закреплена на дне реки с помощью якорей. Для доступа к этой уникальной раковине необходимо пройти по длинным изогнутым трапам с обеих сторон искусственного острова. Стеклянная раковина, парящая над водами реки Мур, выглядит впечатляюще в любое время суток, но ночью она особенно эффектно освещается многоцветной подсветкой, становясь настоящим украшением европейского городка.



Рис. 4. Мост-остров на реке Мур Murinsel. г. Грац, Австрия. Арх. В. Аккончи. 2003 г.: *а* – вид сверху; *б* – вид с реки ночью

Еще одним ярким прецедентом аттрактивности является двухсекционный мост Webb Bridge в Мельбурне, построенный в 2003 г., который напоминает изящную сетку (рис. 5). Работы по его проектированию и возведению осуществляли австралийский художник Роберт Оуэн, архитекторы из студии Denton Corker Marshall (DCM) и компания Arup, отвечающая за освещение. Вдохновение для дизайна конструкции было почерпнуто из ловушки для угрей, изначально созданной коренными жителями [5].

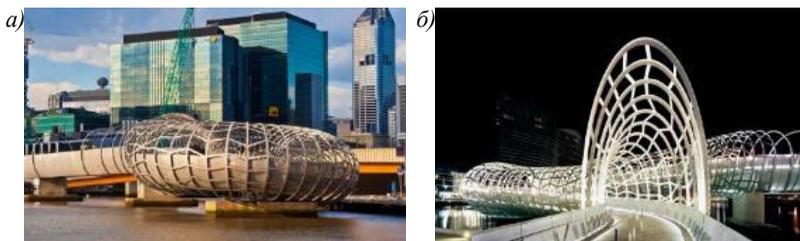


Рис. 5. Змеевидный мост Webb Bridge. г. Мельбурн, Австралия. Роберт Оуэн. 2003 г.: *а* – вид с правого берега; *б* – вид со входа

Первый участок моста представляет собой 145-метровые железнодорожные рельсы, а второй – 80 м, предназначенных для пешеходов и велосипедистов. Эстетика конструкции достигается за счет эллиптических обручей размерами 5 на 9 м, которые формируют изящный узор стенок. Мост связывает новый жилой район у реки Ярры со старой частью города. Разработчики учли потребности всех горожан, предусмотрев пандусы для удобного доступа людей с ограниченными возможностями.

Аттрактивность пешеходных мостов в рекреационном пространстве проявляется не только в формообразовании, но и в средствах решения конструктивных особенностей, решая их функциональную значимость. При этом, именно аттрактивная направленность способствует признанию таких объектов архитектурными и культурными символами. Эти сооружения играют ключевую роль в городской инфраструктуре, улучшая качество жизни жителей и гостей. Они обеспечивают безопасный доступ

между различными участками города и создают впечатляющие визуальные эффекты, позволяя наслаждаться как окружающим ландшафтом, так и самим мостом.

Таким образом, пешеходные мосты становятся важными элементами современного урбанистического дизайна. Их популярность и значимость продолжают расти, подчеркивая важность взаимодействия архитектуры, городского планирования и культуры в создании привлекательного общественного пространства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pershina I.L. Configuration of attractivity in construction // E3S Web of Conferences. 2021. Т. 281. № статьи 02016

2. Необычные и удивительные пешеходные мосты со всего мира / [Электронный ресурс] // fishki.net: [сайт]. – URL: <https://fishki.net/4214534-neobychnye-i-udivitelnyye-peshehodnye-mosty-so-vsego-mira.html> (дата обращения: 16.10.2024).

3. 10 самых удивительных и необычных пешеходных мостов со всего мира / [Электронный ресурс] // novate.ru: [сайт]. – URL: <https://novate.ru/blogs/170414/26080/> (дата обращения: 16.10.2024).

4. Шварц М. А. Муригель – необычный мост-остров / Шварц М. А. [Электронный ресурс] // venagid: [сайт]. – URL: <https://venagid.ru/25801-murinsel> (дата обращения: 16.10.2024).

5. 10 пешеходных мостов с инновационными диковинками и фантастическим дизайном / [Электронный ресурс] // Telegraph: [сайт]. – URL: <https://telegra.ph/10-peshehodnyh-mostov-s-innovacionnymi-dikovinkami-i-fantasticheskim-dizajnom-11-02-2> (дата обращения: 16.10.2024).

Черских Д.Ю., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Фролов Н.В.**

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

ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ

Прогрессирующее обрушение (ПО) зданий – это последовательное обрушение несущих конструкций здания, происходящее вследствие локального разрушения отдельных конструктивных элементов, которое в виде цепной реакции переходит от элемента к элементу. Данный вид обрушения приводит к гибели всего здания или значительной его части [1].

Причиной лавинообразного обрушения являются:

- ошибки при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации;
- природные явления: движение грунтов, землетрясения, смерчи, ураганы;
- техногенное воздействие: пожары, взрывы, теракты.

В несущей системе здания современные нормы допускают разрушение отдельных конструктивных элементов, но при этом данный вид обрушения не должен приводить к разрушению смежных конструктивных несущих элементов.

Впервые в России обязательные требования по расчету на устойчивость против прогрессирующего обрушения зданий и сооружений повышенного уровня ответственности были отражены в Федеральный закон №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» 30 декабря 2009 г. Для реализации этого требования разработаны и вступили в действие следующие нормативные документы: СП 296.1325800.2017 «Здания и сооружения. Особые воздействия» [2], СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения» [3].

Исключение прогрессирующего разрушения можно избежать некоторыми мероприятиями:

1. Разработка конструктивных решений, обеспечивающих в несущих элементах и их соединениях развитие пластических деформаций.
2. Расчет несущих конструкций здания не только при условиях нормальной эксплуатации, но и при локальном разрушении отдельных конструктивных элементов (вторичных конструктивных систем).
3. Применение конструктивных мер, обеспечивающих статическую неопределимость системы [4, 5].

Оптимальной и рациональной конструктивной системой здания, которая обеспечивает защиту от прогрессирующего разрушения, является такая система, которая позволяет конструкциям, расположенным над разрушенным элементом, передавать нагрузки на сохранившиеся конструкции. Именно такой принцип лежит в основе защиты зданий от прогрессирующего обрушения.

На сегодняшний день существует несколько подходов к обеспечению защиты строительных конструкций от прогрессирующего разрушения (рис. 1).

Вероятностный подход заключается в анализе рисков наступления аварийного разрушения на основе возможных сценариев развития событий с привлечением статистических методов обработки данных. При таком подходе причинами возникновения прогрессирующего разрушения могут служить: изменение прочностных и деформативных характеристик конструкций и их геометрия, а также внешние нагрузки. Результатом такого подхода является значение вероятности безотказного функционирования несущих конструкций в процессе эксплуатации.



Рис. 1. Подходы к обеспечению защиты строительных конструкций от прогрессирующего разрушения

Косвенный подход заключается в разработке организационно-технических мер, которые заранее предусматривают повышение надежности элементов несущих конструкций для снижения вероятности формирования локальных разрушений, приводящих к прогрессирующему обрушению. Многие ученые при описании этого метода используют термин «общая структурная целостность». Иными словами, это подход структурного синтеза несущей конструктивной системы с созданием наперед заданных требований по предотвращению ПО. Суть проектирования зданий при таком методе заключается в определении топологии конструктивной системы, а также геометрии и параметров армирования сечения (если это касается железобетонных конструкций). Результатом косвенного подхода является обеспечение повышенной прочности конструкций, создание большей непрерывности и пластичности конструктивной системы. Это может быть обеспечено за счет дополнительных связей между элементами и блоками конструкций, использования огнестойких покрытий и др. Стоит отметить, что при данном подходе вероятность наступления локального разрушения на участке конструкции не выявляется.

Прямой подход этот метод применяется непосредственно при проектировании и конструировании зданий. Суть прямого подхода заключается в приложении локального разрушения к конкретному месту конструктивной системы и произведение расчета по этому обрушению. Существует несколько путей данного метода:

1. Альтернативный путь позволяет конструкции сохранять несущую способность после выхода из строя одного из ее элементов. При этом разрушения локализируются за счет перераспределения усилий через конструктивные связи. Метод альтернативного пути позволяет оценить различные варианты устойчивости конструкций при поочередном удалении ее элементов и выявить пути развития прогрессирующего обрушения.

2. Метод назначения локального сопротивления – это метод, при котором требуется, чтобы здание или его основная часть обладали сопротивлением к специальным нагрузкам и воздействиям.

Считается, что наиболее эффективным является прямой подход, так как вероятностный и косвенный подход не всегда эффективны. Особенно

это касается зданий повышенного уровня ответственности и с массовым пребыванием там людей [6, 7].

Также существуют меры вторичной защиты. Они снижают или вовсе предотвращают события, которые вызывают особые нагрузки. В данном случае такими мероприятиями являются: защитные барьеры вокруг колонн, применение предварительно напряженной арматуры в изгибаемых и растянутых элементах системы, использование специальных покрытий, защищающих от агрессивной среды, локализация здания от многочисленного скопления людей. Важно учесть, что такие меры не увеличиваются стойкость конструкции и ее элементов к прогрессирующему обрушению, а лишь предотвращают события, способные его вызвать.

В заключение важно отметить, что каждое здание индивидуально. В связи с этим, очевидно, что не существует единственного подхода к расчету зданий с различной конструктивной схемой и мероприятий по обеспечению стойкости зданий при прогрессирующем обрушении. Каждый метод имеет свои плюсы и минусы. Усиление рационально проводить несколькими путями, основанными как на общем усилении прочности и жесткости всей схемы, так и основанными на эффективном перераспределении усилий в конструктивной схеме. Результаты расчета наиболее опасных участков конструкции при прогрессирующем обрушении позволяют провести их местное усиление, что впоследствии приведет к сокращению объемов разрушений и исключит возможность распространения лавинообразного обрушения элементов каркаса здания, при перераспределении веса конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меркулов С. И., Полякова Н. В. Проектирование с учетом возможного прогрессирующего разрушения – обеспечение конструктивной безопасности в условиях аварийной ситуации // Auditorium. 2016. № 4 (12). С. 73–78.
2. СП 296.1325800.2017 «Здания и сооружения. Особые воздействия». М., 2017 г.
3. СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения». М., 2018 г.
4. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Панченко Л.А., Чернышева Е.В. Остаточный ресурс конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2017. № 10. С. 94-97.
5. Мигулина А.А. Развитие проблемы прогрессирующего обрушения зданий с различными конструктивными схемами // XV Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство» [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – Ч. 2. С. 152-155.
6. Леденев В.В. Аварии в строительстве. Причины аварий зданий и сооружений. Учебное пособие для студентов магистраты, обучающихся по направлению 270100.68 «Строительство» – Тамбов – 2014. – 209 с.

7. Келасьев Н.Г. Пособие по проектированию мероприятий по защите зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения (Часть 2). Москва, 2009. 203 с.

Юрченко Э.В., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Обернихин Д.В.**

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

КЛЕЕДЕРЕВЯННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

В России деревянные конструкции находят применение как в традиционном малоэтажном домостроении, так и в строительстве крупнопанельных общественных зданий, включая спорткомплексы, бассейны, аквапарки, животноводческих комплексов, теплиц, мостов, комплексов для хранения минеральных удобрений, руд, солей и других сооружений. Архитектурные решения и технологические процессы часто ограничивают габариты несущих деревянных элементов.

Клеедеревянные конструкции представляют собой один из наиболее инновационных и эффективных методов строительства, который сочетает в себе преимущества древесины и современных технологий. Эти конструкции получили широкое распространение благодаря своим уникальным свойствам, таким как высокая прочность, легкость, экологичность и эстетическая привлекательность. В данной статье мы рассмотрим основные аспекты клеедеревянных конструкций, их преимущества и недостатки, а также область применения [1].

Клеедеревянные конструкции изготавливаются из древесины, которая склеивается специальными клеевыми составами. Этот процесс позволяет получать элементы с высокими прочностными характеристиками и минимальными деформациями. Существует несколько видов клеедеревянных конструкций:

– клееный брус: используется для возведения стен, перекрытий и других несущих элементов. Он обладает высокой прочностью и устойчив к различным внешним воздействиям.

– клееные балки: применяются в качестве перекрытий и опорных элементов. Их использование позволяет создавать большие пролеты без промежуточных опор.

– деревянные панели: представляют собой плиты, состоящие из нескольких слоев древесины, склеенных между собой. Используются для стен, перекрытий и кровель [2]. Варианты конструкций представлены на рис. 1 [3].

Одним из главных преимуществ клеедеревянных конструкций является их высокая прочность. Благодаря технологии склеивания, древесина получает дополнительные механические свойства, что

позволяет использовать ее в конструкциях, которые требуют значительных нагрузок. Другим важным аспектом является легкость таких конструкций. Это снижает затраты на транспортировку и монтаж, а также уменьшает нагрузку на фундамент здания. Клеедеревянные конструкции имеют меньший вес по сравнению с бетонными и металлическими аналогами. Экологичность – еще одно значительное преимущество. Древесина является возобновляемым ресурсом, и клеедеревянные конструкции считаются более экологически чистыми по сравнению с другими строительными материалами. Использование качественных клеевых составов, не содержащих вредных веществ, делает такие конструкции безопасными для здоровья человека. Клеедеревянные конструкции также обладают хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами, что делает их идеальными для жилых и коммерческих зданий.

Ограждающие конструкции	Несущие конструкции плоские			Пространственные несущие конструкции
	простейшие	сплошные	сквозные	
Прогоны	Балочные Рамные	Трехшарнирные системы Рамы	Фермы Стойки	Башни Вышки Мачты
Прогоны	Балки Деревягина	Арки		Мосты, эстакады, галереи
Щиты обрешетки	Балки	Арки	Фермы Арки Комбинированные системы	Сетчатые своды Купола Гнутые дощатые своды
Прогоны		Арки Рамы		Сводчатые оболочки
Щиты покрытий	Балки Рамные	Арки Рамы	Фермы	Оболочки: призматические цилиндрические Купола Гилары Висячие
Плиты покрытий	Балки с плоской стенкой с волнистой стенкой	Рамы Арки	Фермы	Башни Вышки Мачты Пролетные строения мостов

Рис. 1. Деревянные конструкции

Несмотря на множество преимуществ, клеедеревянные конструкции имеют и некоторые недостатки. Один из них – это чувствительность к влаге. Если древесина не была обработана специальными защитными составами, она может подвергаться гниению и размножению грибов. Однако современные технологии предлагают множество средств для защиты древесины от воздействия влаги. Кроме того, клеедеревянные конструкции могут страдать от воздействия насекомых, таких как термиты.

Для предотвращения этого необходимо регулярно проводить профилактические обработки. Еще одним недостатком является высокая стоимость клеедеревянных конструкций по сравнению с традиционными строительными материалами. Однако, учитывая долговечность и эксплуатационные характеристики, эти затраты могут быть оправданы [4].

Клеедеревянные конструкции находят широкое применение в различных областях строительства. Они используются для возведения жилых домов, общественных зданий, спортивных сооружений, торговых центров и даже мостов. Благодаря своей эстетической привлекательности, клеедеревянные конструкции также часто применяются в ландшафтном дизайне и в строительстве объектов, где важен визуальный аспект. В последние годы наблюдается рост интереса к клеедеревянным конструкциям в рамках устойчивого строительства. Архитекторы и проектировщики все чаще выбирают этот материал для создания энергоэффективных зданий, которые минимизируют негативное воздействие на окружающую среду [5].

Производство клеедеревянных конструкций требует точности и соблюдения технологий. Основные этапы включают:

- подбор древесины: выбираются только качественные, без дефектов, образцы.

- сушка: древесина должна быть высушена до необходимой влажности, чтобы избежать деформаций.

- склеивание: используется специальный клей, который обеспечивает прочное соединение.

- обработка: готовые элементы могут подвергаться дополнительным обработкам для повышения их устойчивости к внешним воздействиям [6].

С учетом растущего интереса к устойчивому строительству, можно ожидать, что клеедеревянные конструкции будут занимать все более важное место в строительной индустрии. Развитие технологий, связанных с обработкой древесины и производством клеевых составов, позволит улучшить характеристики этих конструкций и расширить их область применения [7].

Кроме того, с увеличением осведомленности общества о важности экологически чистых и энергоэффективных зданий, клеедеревянные конструкции будут становиться все более популярными среди застройщиков и конечных потребителей. Клеедеревянные строительные конструкции представляют собой современное и эффективное решение для создания прочных и устойчивых зданий. Их преимущества, такие как легкость, прочность и экологичность, делают их привлекательными для различных областей применения. Несмотря на некоторые недостатки, технологии обработки и защиты древесины постоянно развиваются, что позволяет минимизировать риски и повысить долговечность таких конструкций. В будущем можно ожидать дальнейшего роста популярности клеедеревянных конструкций, что станет важным шагом на пути к устойчивому строительству [8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евстигнеева В.М., Куприяшкина Л.И., Лазарев А.Л. Деревянные слоистые элементы с неоднородно-слоистой структурой // Огарев-Online. 2020. №3 (140).
2. Камалов С.М. Клееные деревянные конструкции в современном строительстве // StudNet. 2022. №3.
3. Иванов В. А., Клименко В. З. Конструкции из дерева и пластмасс: учеб. для вузов. – 1983.
4. Выставкина Е. В. Преимущества и недостатки деревянных конструкций // The Scientific Heritage. 2019. №41-1 (41).
5. Володин С. С., Глухова Л. Р., Посаженикова К. Н. Использование деревянных конструкций в современном строительстве // Научный журнал молодых ученых. 2024. №3 (38).
6. Казиханов О.А. Технология изготовления клееных деревянных конструкций // StudNet. 2022. №6.
7. Гурбанов Ы., Дурдымырадов М., Аллабердиев Х. Деревянные конструкции: возрождение старых технологий // Вестник науки. 2024. №9 (78).
8. Малыхина В.С., Денисов А.Н. Современное деревянное строительство // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №5.

Янь Хунное, магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Погорелова И.А.

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

МЕТОДИКИ РАСЧЕТА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

В последнее время значительно увеличилось количество различных видов бетонов и их модификаций. Основными причинами этой тенденции являются поиск более дешевых по себестоимости бетонов, стремление получить более качественные материалы и возрастающее с каждым годом загрязнение окружающей среды. Все вышеперечисленные факторы при вели к появлению таких бетонов, как шлакощелочные, глиноземистые, пуццолановые и бетоны на шлакопортландцементе, а также многих других видов. В этих бетонах в качестве компонентов используются отходы различных производств, загрязняющих окружающую среду. Почти у всех «новых» бетонов кинетика твердения значительно отличается от кинетики твердения «старых» клинкерных бетонов, поэтому в настоящее время возникла необходимость поиска новых универсальных методик контроля и прогнозирования прочности, способных охватить все виды бетонов (рис.) [1, 2].

На сегодняшний день для определения прочности бетона наибольшее распространение получили две методики контроля прочности бетона при различных температурах твердения.

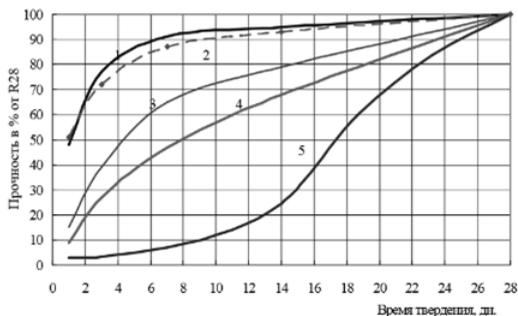


Рис. 1. Кривые кинетики твердения бетонов на различных видах вяжущего: 1 – шлакощелочной бетон (состав вяжущего: шлак нейтральный, щелочной компонент метасиликат натрия); 2 – бетон на глиноземном цементе марки 200; 3 – бетон на шлакопортландцементе марки 400; 4 – бетон на портландцементе марки 250; 5 – шлакощелочной бетон (состав вяжущего: шлак кислый, щелочной компонент сода кальцинированная)

По первой методике расчет прочности осуществляется по формуле:

$$R_x = R_{28} - A e^{-\frac{\tau_{0\text{ст}}^x B (0,6 + 0,02 \tau_{6,\text{ср}}^x)^n}{24}}, \quad (1)$$

где R_x – прочность бетона в рассматриваемой точке, % от R_{28} ; R_{28} – прочность бетона, которую он набирает за 28 суток твердения при 20°C ; A – коэффициент начальной прочности бетона; B – коэффициент темпа твердения; n – показатель степени; $\tau_{0\text{ст}}^x$ – время остывания бетона; $\tau_{6,\text{ср}}^x$ – средняя температура бетона за период остывания $\tau_{0\text{ст}}^x$.

В свою очередь коэффициенты A , B и n определяются по формулам:

$$A = \frac{292}{\sqrt[3]{R_3}}; \quad B = \frac{7,3}{100 - R_3}; \quad n = 1,4 + \frac{50}{R_3},$$

где R_3 – трехсуточная прочность бетона нормального твердения.

Вторая методика предназначена для бетонов с низкой на начальной стадии интенсивностью твердения. На кривых роста прочности, близких к 5 (рис.), ярко выражена точка перегиба, которая совпадает с моментом набора бетоном прочности 25 % от R_{28} (τ_{25}).

При этом на участке $0 < \tau \leq \tau_{25}$ темп твердения бетона возрастает, а на участке $\tau_{25} < \tau \leq 28$ – убывает.

На остальных кривых точка перегиба отсутствует, и ее условно принимают в момент времени τ_{25} . На участке $\tau_{25} < \tau$ происходит снижение скорости набора прочности. При $\tau > 28$ сут прочность бетона, хотя и медленно, продолжает расти. Перечисленными выше свойствами обладает функция $\ln t$ [3]. В связи с этим, графики изменения прочности бетона,

находящиеся в области, ограниченной кривыми 1 и 5 (рис.), на участке $\tau_{25} < \tau \leq 28$ естественно описывать функцией вида:

$$R(\tau) = 25 + A \cdot \ln(1 + \alpha(\tau - \tau_{25}))$$

Участок $0 \leq \tau < \tau_{25}$ этих кривых также удобно описывать с помощью функции $\ln t$:

$$R(\tau) = 25 - B \cdot \ln(1 + \beta(\tau_{25} - \tau))$$

Параметры A , α , B , β , входящие в формулы выше имеют вид:

$$\begin{cases} A = 1,94 \tau_{25} + 11,53, \\ \alpha = e^{-1,182 \cdot \ln \tau_{25} + 2,36}, \\ B = \frac{A \cdot \alpha}{\beta}, \\ \beta = e^{-0,962 \cdot \ln \tau_{25} + 3,037}. \end{cases}$$

Можно сделать следующие выводы:

- по первой методике наиболее точно описывается набор прочности бетонов на портландцементе, шлакопортландцементе, глиноземистом цементе и некоторых видах шлакощелочных бетонов, для этих видов бетонов расхождение между прогнозируемыми значениями прочности и истинными составляет не более 10 % от R_{28} ;

- для шлакощелочных бетонов, в состав вяжущего которых входят нейтральные и кислые шлаки, использование для прогнозирования прочности первой методики нежелательно, так как значения прочности, полученные с ее помощью для данных бетонов, отличаются от экспериментальных величин, в некоторых случаях на 20-25 % от R_{28} ;

- вторая методика также хорошо прогнозирует прочность, которую набирают бетоны на портландцементе и шлакопортландцементе, но при расчете трехсуточной прочности методика дает несколько завышенные значения прочности, причем практически для всех видов и марок бетонов, это расхождение находится в пределах 15-20 %, на более поздних стадиях твердения значения прочности не расходятся более чем на 10 %;

- описание прочности по второй методике для шлакощелочных бетонов тоже не дает достоверных результатов, получаемые значения прочности отличаются в некоторых случаях от экспериментальных на 30%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А. Компьютерное моделирование строительных композиционных материалов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 40 с.
2. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А. Компьютерное моделирование технолого-экономических задач: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. 183 с.
3. Вальт А.Б., Коваль С.Б., Бакин А.Ю. К вопросу о контроле прочности бетона // Совершенствование управления в условиях становления рыночных отношений. Тематический сборник научных трудов. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1997. 86 с.

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Акиньшин И.С., студент,
Бессонова А.В., студент,
Красильникова К.А., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Овсянников С.И.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

Отделка в строительстве общественных и жилых зданий занимает до 40% общих затрат. В административных зданиях, таких как гостиницы, рестораны и кафе, офисные помещения и т.д., издавна применяют отделку стен древесными материалами – плитами, отделанные шпоном ценных древесных пород. Зал Государственной думы РФ (президиум, трибуна, лоджии, порталы кресел законодателей), отделаны древесными материалами элитных сортов (рис. 1). Это подчеркивает важность и ценность данного помещения.



Рис. 1. Отделка древесными материалами зала Государственной думы РФ

Отделка панелями из древесных материалов относится к достаточно дорогим как в материальном виде, так и в технологическом видам отделки. Особенно ценятся панели с применением интарсии из различных пород древесины. Но основным сдерживающим фактором массового использования такого отделочного материала является сложность технологического процесса их изготовления, а, следовательно, и их

дороговизны. Самым трудоемким является процесс формирования облицовочной рубашки из шпона при изготовлении орнамента, фигур и даже картин. Такая рубашка подгоняется и собирается на сегодняшний день вручную.

Упростить технологию производства и повысить качество раскроя шпона при производстве облицовочной рубашки возможно с использованием лазерной резки. Но применение такой технологии сопряжено с частыми нарушениями режимов обработки древесины, что приводит к пережогам, опаливанию и обугливанию мест резки, деформации шпона. Поэтому, данная технология в настоящее время применяется очень редко и не имеет широкого применения.

Улучшить качество лазерной резки возможно при уменьшении мощности лазерного луча, но при этом возможны недорезы, особенно на участках с плотной древесиной, например, с сучками. На участках с малой плотностью возможно подгорание участков пласти возле места реза (рис. 2). Эти недостатки можно избежать, если применить систему управления мощностью лазера и скоростью перемещения лазерной головки с учетом анатомических особенностей заготовки и элементов траектории движения. Разные породы по-разному ведут себя при лазерной обработке. Твердые и темные требуют повышенной мощности, мягкие и светлые – наоборот, щадящих режимов, а иногда и послойной резки или гравировки. А это возможно только с использованием программного управления, учитывающего эти особенности в процессе лазерной обработки.



Рис. 2. Виды брака при лазерной резке древесины

Целью работы является обоснование параметров программного обеспечения для управления работой станка лазерной резки с учетом параметров заготовок – толщины, породы, влажности, наличия пороков и т.п.

Данное программное обеспечение позволит полностью контролировать процесс обработки древесины, задавая необходимые параметры и отслеживая состояние оборудования в режиме реального времени. Данное приложение станет полезным для специальных

субъектов: застройщиков ИЖС и квартир, дизайнеров, художников-оформителей и производственных лиц. Сможет посредством своей реализации упростить разработку проектов художественных изделий из древесины и древесных материалов как исполнителям заказов (производственным лицам) и дизайнерам, так и индивидуальным заказчикам.

В ядре программного приложения (рис. 3) заложено инновационное решение, позволяющее автоматизировать и оптимизировать процессы деревообработки. Подобное достигается посредством передовых технологий машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа данных о производстве, чтобы предсказывать возможные проблемы и предлагать оптимальные решения [1-3].

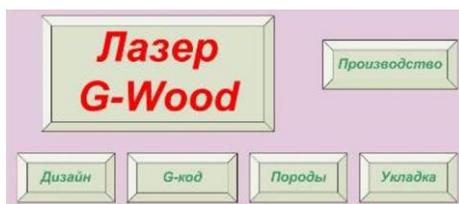


Рис. 4. Основные блоки-подпрограммы, формирующей параметры управления лазерной обработки древесины

Основными подпрограммами являются (рис. 4):

- дизайн – разработка дизайн-проекта по шаблонам библиотеки или самостоятельная разработка проекта клиентом-пользователем (основа похожа на интерфейс и возможности программы Софт Дизайн);

- G-код – кодирование проекта и подготовка управляющей числовой программы формирования контура элементов проекта, траектории перемещения лазерного луча и управления его мощностью;

- породы – выбор пород по отдельным элементам проекта, автоматическая корректировка режимов лазерной обработки: припуски размеров, мощность лазерного луча, скорость обработки лазером;

- укладка – составление схем для укладки элементов в изделия и формирования облицовочной рубашки;

- производство – рекомендуемый перечень предприятий – изготовителей лазерной обработки древесины, стеновых панелей, художественного паркета и т.п.

Технические требования к программному приложению определены следующим кругом задач:

- 1) приложение должно быть совместимо с большинством современных лазерных деревообрабатывающих станков;

- 2) возможность отслеживать и контролировать процесс обработки древесины в режиме реального времени;

- 3) у пользователей должна иметься возможность задавать различные параметры для обработки древесины, такие как скорость перемещения

лазерной головки, мощность лазерного луча, фокусировка с учетом глубины реза и прочие;

4) информация о состоянии окружающей среды и параметров заготовки, такая как температура, влажность, давление и уровень износа;

5) обеспечение безопасности данных пользователей, используя шифрование и другие меры безопасности.

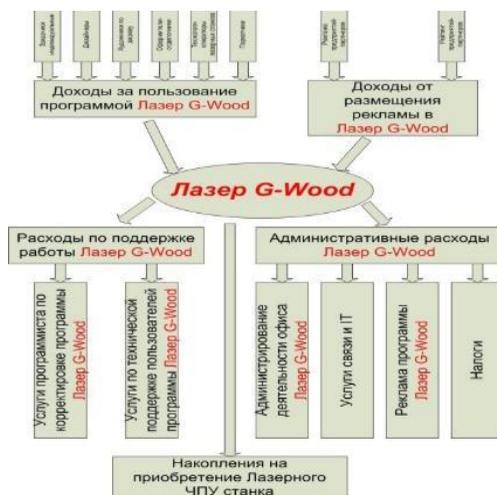


Рис. 4. Структура финансовой модели реализации программного продукта лазерной обработки древесины

Программное приложение позволит автоматизировано подобрать древесные материалы по цветовой палитре и взаимному сочетанию физико-механических свойств, определить в автоматическом режиме размерные параметры с учетом требуемых допусков на изготовление и эксплуатационных требований к изделию.

Программное приложение для лазерной резки использует современные информационные технологии для оптимизации процессов деревообработки и контроля состояния оборудования [4, 5]. Это соответствует одному из ключевых направлений развития современных технологий в промышленности. Использование приложения позволит снизить затраты на изготовление изделий, снизить количество брака, повысить качество обработки, уменьшить затраты на обслуживание техники, что будет способствовать в купе экономии ресурсов и затрат.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что предлагаемое приложение является конкурентоспособным, клиентоориентированным, инновационным с точки зрения идеи разработки и воплощения проекта в деревообработке,

Разрабатываемое программное приложение позволит решать ряд производственных проблем:

– полный контроль процесса лазерной обработки древесины, задавая необходимые параметры и отслеживая состояние оборудования в режиме реального времени;

– увеличение эффективности работы предприятия и снижение затрат на обслуживание техники;

– предусматривает функцию поиска новых клиентов через платформу, что позволит быстро реагировать на изменения спроса и расширять бизнес.

Благодаря функционалу приложения упроститься работа различных групп пользователей – застройщиков, дизайнеров, художников-оформителей и производственных лиц.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тенденции дизайна в формообразовании мебели. Дьяченко В.Ю., Овсянников С.И. // В сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. 2018. С. 82-88.

2. Вакс Е. Д. Технологические процессы лазерной обработки. / Вакс Е. Д., Миленский М. Н., Сапрыкин Л. Г. // М: изд. Техносфера, 2013. 696 с.

3. Литвинов В.В. Лазерная обработка деревянных поверхностей / В.В.Литвинов, С.И.Овсянников // В сборнике: Природоподобные технологии строительных композитов для защиты среды обитания человека. - Белгород, - 2019. - С. 29-33.

4. Минибаев А.А., Овсянников С.И. Исследование свойств и преимуществ термически модифицированной древесины / В сборнике: Наука и инновации в строительстве. сб. докл. V Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Белгород, 2021. С. 189-195.

5. Чаплыгин Е. Н. Выбор дереворежущего инструмента на основе оценки качества поверхности обработки / Е.Н. Чаплыгин, С.И. Овсянников, К.П. Филошин, Е.А. Шишова // В сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн конференции. 2018. С. 89-95.

Барельский А.А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Фролов Н.В.

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

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРИАНГУЛЯЦИИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Строительство играет важную роль в развитии экономики Российской Федерации. В современном мире темпы строительного производства растут в геометрической прогрессии, что в свою очередь заставляет искать пути ускорения проектирования и строительства. Для повышения скорости

и качества проектирования прибегают к помощи систем автоматизированного проектирования. Это позволяет снизить трудозатраты и сроки разработки проектной документации.

Современные программы САПР позволяют с высокой точностью выполнять компьютерные и графические расчеты как интегральную модель сооружения, так и его отдельных узлов, и конструкций, а также решать конкретные задачи с учетом специфики конкретных случаев.

САПР программы основаны на методе конечных элементов, суть которого заключается в разбиении конструкции на некоторое количество фигур простой геометрии, этот процесс зовется триангуляцией.

Основные параметры для триангулирования, это размеры конечных элементов, их форма и сгущение сети КЭ.

Наиболее распространенными на практике конечными элементами являются треугольники и четырехугольники – на плоскости, тетраэдры и шестигранники – в трехмерном пространстве. Преимуществом использования треугольников и тетраэдров, которые часто именуются симплексом, является их топологическая гибкость при построении дискретизации сложной конструкции или объекта. Преимуществом использования четырехугольников и шестигранников является возможность уменьшения размерности систем линейных алгебраических уравнений за счет использования меньшего количества элементов (необходимо использовать пять тетраэдров для представления элемента объема, представленного одним шестигранником).

Однако использование четырехугольных и шестигранных конечных элементов в методе конечных элементов позволяет получить более точное решение при меньшем количестве узлов [1].

Размер конечного элемента и густота сети конечных элементов взаимосвязаны между собой. Чем меньше размер конечного элемента задать в параметрах, триангулирования контура, тем более густая сеть конечных элементов будет генерирована. Размер КЭ также влияет на время расчета конструкции (рис. 1) [2].

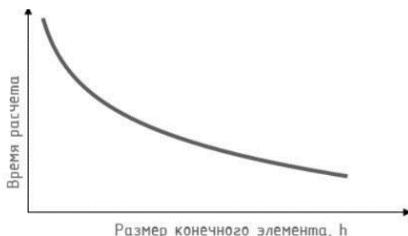


Рис. 1. График зависимости времени расчета от размера конечного элемента

Для влияния размеров КЭ на расчет проведем эксперимент. Рассмотрим шарнирно опертую балку с равномерно распределенной нагрузкой, $b = 50$ мм, $h = 500$ мм, $l = 3$ м, $q = 100$ кН/м (рис. 2) и при расчете возьмем количество элементов 2, 3, 6.

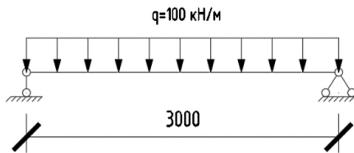


Рис. 2. Расчетная схема балки

Определим значения максимального изгибающего момента и прогиба ручным расчетом.

$$M_{max} = \frac{ql^2}{8} = 112,5 \text{ кНм}$$

$$f = \frac{5}{384} * \frac{ql^4}{EI} = 0,964 \text{ мм}$$

Результаты программного расчета

используемой балки представлены на рис. 3, 4.

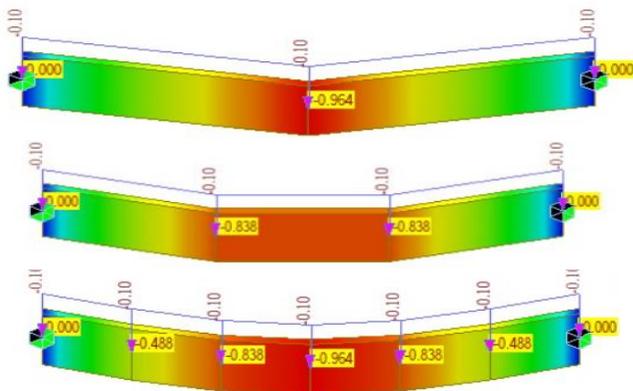


Рис. 3. Вертикальные перемещения балки

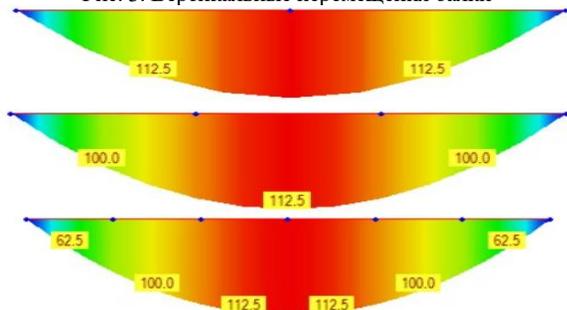


Рис. 4. Изгибающие моменты в балке

Можно заметить, что в случае с вертикальными перемещениями наиболее приближена к истине модель, состоящая из 6 элементов, а в случае с изгибающими моментами все модели показали правильное значение максимального момента, но модель из 6 элементов дает наиболее полное понимание о его распределении по всей длине балки [3].

В заключение можно сказать, что исследования в данном направлении позволят расширить спектр задач для сравнительного анализа. При решении классических задач теории упругости наиболее

точные результаты дают четырехугольные конечные элементы, с соотношением сторон не более 2:1, однако треугольные КЭ более гибкие и с их помощью можно более точно сгенерировать сеть сложной формы. Также можно заметить, что чем более густая сеть конечных элементов (меньший размер КЭ), тем более точные результаты выдает программа при решении поставленной задачи, однако слишком густая сеть будет способствовать накоплению математической ошибки и большей длительности расчета. Тут следует найти наиболее выгодное соотношение размеров элемента и делать более крупные в зонах постоянных напряжений и делать сгущения в областях изменения напряжений и узлов стыка различных элементов, где напряженно деформированное состояние наиболее сложное.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Городецкий А. С., И. Д. Евзеров. Компьютерные модели конструкций: издательство «Факт», 2005. – 344 с.
2. С.В. Чопоров, С.И. Гоменюк, А.А. Лисняк, Сравнительный анализ треугольных и четырехугольных конечных элементов, Вестник ХНТУ №2(47), 2013 г.
3. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов / Пер. с англ. А. С. Алексеева и др.; Под ред. А. Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат, 1982 – 448 с.
4. Шимановский А. О. Применение метода конечных элементов в решении задач прикладной механики: учеб. - метод. Пособие для студентов технических специальностей /, А. О. Шимановский, А. В. Пулято; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2008. – 61с.
5. Крючков А.А., Жданов А.Е. Подходы к оценке деформативности изгибаемых железобетонных элементов на основе итерационных методов расчета // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 73-76.

Булгаков И.А., студент

Научный руководитель: ассистент

Булгакова И.Н.

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

СЛОЖНОСТИ В РАБОТЕ С ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ARCHICAD

В современном мире архитектурного проектирования программное обеспечение играет ключевую роль в процессе создания и визуализации проектов. Одним из наиболее популярных инструментов в этой области является ArchiCAD, который предлагает мощные возможности для трехмерного проектирования и управления информацией о здании (BIM).

Однако, несмотря на свои многочисленные преимущества, ArchiCAD также сталкивается с рядом сложностей, которые могут затруднить его использование, особенно для новых пользователей. В данной работе мы рассмотрим основные проблемы, с которыми сталкиваются архитекторы и проектировщики при работе с ArchiCAD, а также предложим рекомендации по их преодолению.

Актуальность данной темы обусловлена растущей популярностью BIM-технологий и необходимостью их эффективного применения в архитектурной практике. ArchiCAD, как одно из ведущих программных обеспечений в этой области, требует от пользователей не только технических навыков, но и понимания специфики работы с ним. В условиях постоянного роста требований к качеству проектирования и сокращения сроков выполнения работ, важно выявить и проанализировать сложности, с которыми сталкиваются архитекторы, чтобы предложить пути их решения.

В рамках данной работы мы сосредоточимся на нескольких ключевых аспектах, связанных с использованием ArchiCAD. Во-первых, мы рассмотрим кривую обучения, с которой сталкиваются новые пользователи. Понимание того, как быстро и эффективно осваивать интерфейс и функционал программы, является важным шагом на пути к успешному проектированию. Мы проанализируем, какие факторы влияют на скорость обучения и какие ресурсы могут помочь в этом процессе.

Во-вторых, мы уделим внимание сложностям интеграции ArchiCAD с другими программами. В условиях многопрофильной работы над проектами, где задействованы различные специалисты, важно обеспечить совместимость и обмен данными между различными программными продуктами. Мы рассмотрим, какие проблемы могут возникнуть при интеграции и как их можно минимизировать [1].

Кривая обучения в ArchiCAD представляет собой важный аспект, который играет значительную роль в том, как пользователи осваивают и применяют это программное обеспечение. Каждому новому пользователю приходится столкнуться с различными уровнями сложности, которые могут вызывать чувство фрустрации и неуверенности. Понимание этой кривой является необходимым шагом для эффективного использования данного инструмента [2].

Первоначальный этап изучения ArchiCAD окутан множеством новых понятий и интерфейсов, которые могут быть непривычными для людей, не имеющих опыта работы с подобным видом программного обеспечения. Интуитивная доступность графических интерфейсов часто оказывается ниже, чем ожидалось, что приводит к тому, что пользователи тратят много времени на поиск необходимой информации и освоение базовых функций. Необходимость в изучении множества инструментов и возможностей программы может отпугнуть начинающих архитекторов и дизайнеров.

Параллельно с этим, недостаток обучающих материалов на родном языке тоже создает сложности. Несмотря на наличие ресурсов в Интернете, таких как видеоуроки или руководства, многие из них имеют устаревшую

информацию или придерживаются слишком сложных объяснений. Это приводит к ситуации, когда новые пользователи сталкиваются с пробелами в знаниях и понимании функциональности программы. Нужно учитывать, что многие стандарты и шаблоны работают иначе в зависимости от версии ArchiCAD, и это добавляет дополнительный уровень сложности.

Интеграция ArchiCAD в существующие рабочие процессы организаций на практике часто оказывается сложной задачей. Наиболее значительными моментами являются совместимость с другими программами, сложности в обмене данными, а также недостаточная поддержка некоторых форматов файлов. Эти сложности могут приводить не только к потере времени, но и к снижению качества итогового продукта, что в конечном итоге влияет на репутацию предприятия [3].

Первым препятствием на пути интеграции является необходимость настройки связей между ArchiCAD и другими системами, такими как AutoCAD, Revit или различные BIM-платформы. Каждый программный продукт имеет свою уникальную архитектуру и формат данных, что может вызвать трудности при попытке передать информацию между ними. Некоторые версии программ могут несовместимо обрабатывать данные, что приводит к искажению информации или полной невозможности обмена моделями.

Совместимость файлов также может вызывать трудности. Часто пользователи сталкиваются с проблемами при импорте или экспорте проектов. При передаче данных в другие форматы, такие как IFC (Industry Foundation Classes), может произойти потеря информации о слоях или элементах, что снижает общую полезность полученного файла. Такое несоответствие форматов усложняет взаимодействие между разными командами, работающими над одним проектом, и может создать дополнительные пробелы в коммуникации.

Другой аспект касается недостаточной документации по интеграции ArchiCAD с другими инструментами. Часто пользователи не могут найти достаточно информации о правильной настройке и последовательности операций, необходимых для успешного обмена данными. Это может привести к ошибкам, которые затягивают процесс и требуют дополнительных усилий для их устранения.

Проблемы совместимости могут быть усугублены устаревшими версиями программного обеспечения. В случае, если отдельные участники команды работают с разными версиями ArchiCAD или другими программами, возникновение конфликтов становится практически неизбежным. В таких ситуациях даже малейшие расхождения в версии могут значительно затруднить процесс совместной работы, а иногда и сделать его невозможным.

Работа с ArchiCAD, как и любым другим программным обеспечением, требует не только технических знаний, но и понимания специфики применения этой программы в архитектурном проектировании. Эффективность использования ArchiCAD может значительно повыситься

при соблюдении определенных рекомендаций, которые помогут минимизировать возникающие сложности.

Прежде всего, важна настройка рабочего пространства. Каждый пользователь должен адаптировать интерфейс под свои индивидуальные потребности. Удобное размещение панелей инструментов и меню, создание пользовательских предпосылок для часто выполняемых действий сократит время выполнения задач и улучшит взаимодействие с программой. Нужно обратить внимание на горячие клавиши, так как они могут значительно ускорить работу, если будут правильно подобраны и запомнены.

Обучение своих сотрудников основам работы с ArchiCAD стоит рассматривать не только как необходимость, но и как инвестицию в производительность компании. Регулярные тренинги и семинары по использованию программы помогут устранить пробелы в знаниях и способствовать обмену опытом между коллегами. Такие мероприятия могут охватывать как базовые, так и продвинутые техники, включая эффективное моделирование, использование библиотек и работу с документами. Важно не забывать, что обучение должно быть регулярным, так как версия программы обновляется, и новые функции требуют освоения [4].

Кроме того, работа с библиотеками объектов требует особого внимания. Необходимо уделить время на изучение имеющихся библиотек, чтобы в дальнейшем избежать лишней работы и ненужных затрат времени на поиск подходящих объектов.

Таким образом, работа с ArchiCAD, несмотря на свои сложности, может быть значительно упрощена при условии правильного подхода к обучению, интеграции и техническому обеспечению. Важно, чтобы пользователи не только осваивали функционал программы, но и понимали, как эффективно применять полученные знания на практике, что в конечном итоге приведет к созданию качественных и успешных архитектурных проектов [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1.Иванов А.С. Особенности работы с программным обеспечением ArchiCAD в архитектурном проектировании // Архитектура и строительство, 2020 № 3 с. 12–18.

2. Петрова М.Ю. Проблемы пользователей ArchiCAD: ошибки и пути их решения // Строительные технологии, 2019 № 2 с. 45–51.

3.Михайлова Т.К. Анализ распространенных ошибок при использовании ArchiCAD // Журнал архитектурного проектирования, 2022 № 1 с. 22–28.

4. Коваленко Р.А. Эффективные методы обучения работе в ArchiCAD // Современные подходы в образовании, 2021 № 7 с. 33–40.

5.Abakumov R.G., Naumov A.E. Building information model: advantages, tools and adoption efficiency // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems.2018. P. 022001.

Гиря М.М., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Гиря Л.В.

Донской государственный технологический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАГИНОВ В ПРОГРАММАХ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Инструменты расширения, такие как плагины, играют ключевую роль в ускорении работы специалистов, использующих САД и ВМ системы. Эти средства автоматизации позволяют выполнять рутинные операции, повышать координацию данных и ускорять проведение сложных расчетов. Современная проектная деятельность предъявляет высокие требования к точности, скорости и согласованности проектных решений, что делает актуальным применение данных инструментов для поддержки актуальности информации на всех стадиях проектирования и строительства. С помощью специализированных расширений трудоемкие процессы, такие как проверка пересечений, сортировка объектов по слоям или автоматическое добавление маркировки, выполняются с минимальным участием человека, что снижает объем ручной работы и исключает ошибки, связанные с человеческим фактором.

Дополнительные модули существенно упрощают проведение расчетов, что особенно ценно при работе с большими объемами данных, характерными для проектов на основе ВМ и САД. Например, специализированные средства для оценки нагрузок на конструкцию или автоматического подсчета объемов материалов позволяют инженерам оперативно получать точные данные без необходимости трудоемких ручных расчетов. Это не только экономит время, но и позволяет проектировщику сосредоточиться на задачах более высокого уровня, делая процесс проектирования более эффективным и менее подверженным ошибкам.

Стоит также отметить, что плагины способствуют улучшению координации между участниками проектных команд, а также обеспечивают интеграцию с другими системами, включая базы данных, системы управления проектами и смежное программное обеспечение. Это особенно важно для междисциплинарного взаимодействия, так как позволяет специалистам различных направлений обмениваться актуальной информацией, избегая дублирования данных. Благодаря этому снижается количество ручных операций по передаче информации, упрощается синхронизация версий, а также повышается качество коммуникации, что становится особенно важным при управлении комплексными проектами.

Поддержание модели в актуальном и структурированном виде – еще одна важная задача, решаемая с помощью расширений. Некоторые плагины помогают инженерам поддерживать чистоту проекта, выявляя и удаляя дублирующиеся объекты, а также исправляя ошибки

проектирования. Это облегчает дальнейшую работу с моделью и снижает риск ошибок на этапе строительства. Дополнительно, средства для мониторинга версий позволяют легко документировать внесенные изменения и при необходимости возвращаться к предыдущим вариантам, что особенно полезно в условиях командной работы, способствуя более тщательному контролю над внесенными корректировками.

Расширения для Revit выполняют важную роль в решении инженерных задач, требующих точности и большого количества временных затрат. Так, одной из ключевых задач является оптимизация светотехнических расчетов для осветительных приборов. Инженеры-электрики могут рассчитать уровень освещенности непосредственно в проектной модели, что позволяет быстрее соответствовать нормативным требованиям и избегать передачи данных в сторонние программы. Средства для светотехнического анализа учитывают архитектурные особенности пространства, создавая более точные расчеты и способствуя соблюдению стандартов освещенности.

Проектирование железобетонных конструкций, которое требует детализирования арматурных каркасов, также значительно облегчается с помощью специализированных модулей. Они автоматически генерируют чертежи и спецификации арматуры, освобождая инженеров от ручного черчения, снижая вероятность ошибок и обеспечивая соответствие нормативным требованиям. Такие решения особенно ценны в проектах с высокими требованиями к расчетам и сложным армированием, поскольку позволяют ускорить процесс проектирования и снизить возможные риски.

Эффективное размещение инженерных систем, таких как отопление и вентиляция, также часто требует учета реальных характеристик оборудования. Плагины предоставляют доступ к библиотекам, содержащим оборудование с актуальными характеристиками, что значительно облегчает выбор и размещение подходящих систем. Это позволяет инженерам заранее учитывать технические требования и ограничения, избегая дополнительных корректировок на поздних стадиях проектирования.

Одним из наиболее значительных преимуществ таких решений является возможность создания высококачественных визуализаций для оценки проектных решений. Быстрая 3D-визуализация помогает выявить потенциальные проблемы, оценить эстетическую гармонию решений и упростить взаимодействие с заказчиками. Благодаря визуализациям инженеры могут заранее обнаружить коллизии и достичь согласованности решений до начала строительства, что минимизирует изменения на поздних стадиях реализации.

Несмотря на значительный потенциал, который несут в себе плагины для проектирования в Revit, их возможности часто недооцениваются. Эти средства существенно повышают эффективность проектной деятельности, сокращая сроки, снижая затраты и повышая точность, что особенно важно в строительной индустрии. Системное использование данных инструментов способно трансформировать подход к проектированию,

позволяя инженерам сосредоточиться на ключевых аспектах, таких как надежность и качество сооружений, при минимальном отвлечении на технические детали.

Производительность – фундаментальная цель, которую ключевые заинтересованные стороны стремятся постоянно поддерживать и улучшать, поскольку ее снижение ведет к увеличению затрат, тогда как ее рост, напротив, способствует повышению прибыли, создавая прямую взаимосвязь. Плагины, являясь одной из основных функциональных возможностей разработанных решений, доказали свою эффективность, способствуя экономии средств именно за счет повышения производительности. Например, Rad и др. [1] сообщают о снижении общих затрат благодаря способности плагина оптимизировать расчеты сейсмических повреждений на этапе проектирования.

Кроме того, Jalaei и соавт. [2] представляют модули, которые существенно снижают затраты за счет минимизации отходов и оптимального использования материалов. Усовершенствования, внесенные на стадии проектирования [3] для повышения производительности, в дальнейшем способствуют снижению общих затрат на строительство.

Таким образом, влияние производительности на стоимость проекта наглядно демонстрирует, как специализированные решения на основе BIM не только повышают производительность за счет автоматизации, но и существенно снижают расходы на реализацию проекта [3].

Системы BIM связаны с рядом ограничений и условий, которые могут замедлять их потенциал. Понимание трудностей, с которыми сталкиваются разработчики плагинов, позволяет создать более согласованную базу для будущих исследований. В статье [4] отмечают, что необходимо сосредоточиться на интеграции моделей машинного обучения, которые в настоящее время ограничены в BIM-практиках, но обладают значительным потенциалом. Среди других ограничений указывается недостаточная точность разработанных плагинов [3] и их неспособность работать с несколькими сценариями, что требует дальнейших исследований для улучшения качества продукта. В статье [5] подчеркивают важность будущих исследований в области гибкости и валидации, рекомендуя искать опыт в других технологически развитых отраслях для преодоления подобных ограничений. Таким образом, несмотря на большой потенциал плагинов, они все же сталкиваются с ограничениями, требующими более глубоких исследований.

Необходимо постоянно интегрировать современные технологии для поддержания технического прогресса. Поэтому важно заимствовать существующие технологические достижения, такие как поисковые технологии Яндекс и Яндекс Карты, для дальнейшего расширения возможностей плагинов.

Интеграция современных технологий, таких как виртуальная реальность (VR), искусственный интеллект (AI) и дополненная реальность

(AR), открывает возможности для решения актуальных проблем в строительстве.

Таким образом, плагины уже эффективны в настоящее время, однако внедрение и интеграция дополнительных технологий могли бы привести к еще более значительным результатам.

В процессе разработки плагинов выявляются определенные ограничения и проблемы, с которыми сталкиваются их создатели. Поскольку плагины зависят от конкретных задач и отличаются по функциональным возможностям, анализ представлен в обобщенном виде. Во-первых, в статье [6] отмечают, что одной из проблем разработки их плагинов является необходимость ручного ввода значений при внесении изменений в дизайн, что также требует последующего ручного импорта в Autodesk.

Еще одна проблема, описанная в статье [7], связана с невозможностью преобразования двумерных данных в визуализированный формат, поддерживающий удобные критерии просмотра и поиска, что снижает практическую применимость таких данных. В некоторых случаях основным ограничением является невозможность преобразования файлов для улучшения совместимости различных форматов, что необходимо для более эффективного использования данных.

Таким образом, в процессе создания плагинов действительно существует ряд проблем и ограничений, которые могут препятствовать их более широкому применению.

Наряду с рекомендациями и выводами о необходимости дальнейших исследований в разработке плагинов, авторы предлагают несколько направлений для будущих исследований. Так, возникает потребность в стандартизации подхода к созданию плагинов, что сделало бы такие инновации более применимыми в реальных проектах, указывают на необходимость тестирования плагинов на различных типах проектов, что позволит улучшить процесс валидации.

Некоторые авторы предлагают более специфичные направления для будущих исследований, такие как создание плагина, который мог бы эффективно обрабатывать различные строительные претензии [6], а также разработку механизмов вывода в плагинах, способствующих повышению их точности. Подобные предложения могут быть рассмотрены исследователями, изучающими аналогичные особенности в разработке BIM-плагинов в будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Rad M.A.H., Jalaei F., Golpour A., Varzande S.S.H., Guest G. BIM-based approach to conduct Life Cycle Cost Analysis of resilient buildings at the conceptual stage // *Automation in Construction*. 2021. Т. 123. С. 103480.
2. Jalaei F., Zoghi M., Khoshand A. Life cycle environmental impact assessment to manage and optimize construction waste using Building Information Modeling (BIM) // *International Journal of Construction Management*. 2019. Т. 0, № 0. С. 1–18.

3. Saad A., Ajayi S.O., Alaka H.A. Trends in BIM-based plugins development for construction activities: a systematic review // International Journal of Construction Management. 2022.
4. Singh M.M., Singaravel S., Klein R., Geyer P. Quick energy prediction and comparison of options at the early design stage // Advanced Engineering Informatics. 2020. Т. 46. С. 101185.
5. Pärn E.A., Edwards D.J. Conceptualising the FinDD API plug-in: A study of BIM-FM integration // Automation in Construction. 2017. Т. 80. С. 11–21.
6. Ali B., Zahoor H., Nasir A.R., Maqsoom A., Khan R.W.A., Mazher K.M. BIM-based claims management system: A centralized information repository for extension of time claims // Automation in Construction. 2020. Т. 110. С. 102937.
7. Kazado D., Kavcic M., Eskicioglu R. Integrating building information modeling (BIM) and sensor technology for facility management // Journal of Information Technology in Construction. 2019. Т. 24. С. 440–458.

Данилова А.Н., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Овсянников С.И.

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

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ПАРКЕТА

С увеличением числа ремонтов и строительства, а также повышением требований к качеству и дизайну интерьеров, спрос на инструменты для проектирования паркета будет расти. Пользователи ищут более удобные и эффективные способы создания уникальных и стильных покрытий пола, что делает программы для проектирования паркета все более востребованными [1].

Рост рынка также стимулируется технологическими инновациями, такими как улучшенные алгоритмы визуализации, расширенные возможности персонализации и интеграция с другими программными продуктами для дизайна интерьера.

С помощью дизайнерских программ проектируется более 75 % паркетных полов.

С помощью станков ЧПУ изготавливается более 70 % паркета по доступной цене [3-7].

Одной из основных причин, почему художественный паркет пока остается малодоступным и не нашел широкого распространения, является его высокая стоимость и сложность изготовления (табл. 1). Этот процесс требует не только качественных материалов, но и профессиональной проработки каждого элемента узора, что сильно влияет на итоговую цену.

По результатам анализа структуры себестоимости выяснилось, что примерно половина затрат связана именно с разработкой дизайн-проектов, необходимых для создания уникального рисунка паркета.

Таблица 1

Характеристика художественного паркета

Характеристика	Паркет	Ламинат	Линолеум	Керамическая плитка
Внешний вид	Естественный, теплый, стильный	Имитация дерева, различные текстуры	Разнообразные декоры, однотонные варианты	Разнообразные текстуры, цвета и узоры
Прочность и износостойкость	Высокая, можно отшлифовать и обновить	Средняя, поверхность склонна к царапинам	Средняя, устойчив к износу	Высокая, устойчива к царапинам и истиранию
Установка и ремонт	Требует профессиональной установки, можно отремонтировать	Легкая установка, трудно отремонтировать	Легкая установка, легко заменить при повреждении	Требует профессиональной установки, сложно отремонтировать
Влагостойкость	Чувствительный к влажности, не рекомендуется для ванных комнат	Устойчив к влажности, можно использовать в ванных комнатах	Устойчив к влажности, можно использовать в ванных комнатах	Полностью устойчив к влаге, идеально подходит для ванных комнат
Теплопроводность	Высокая, сохраняет тепло	Средняя, не сохраняет тепло	Высокая, сохраняет тепло	Низкая, не сохраняет тепло
Стоимость	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая

Основной проблемой является недостаток на рынке программного обеспечения, которое могло бы автоматизировать процесс проектирования. Сегодня для создания таких проектов и составления управляющих программ, по которым изготавливаются детали сложных форм, привлекаются специалисты с высокими профессиональными навыками. Они используют дорогостоящее специализированное программное обеспечение, которое требует особых знаний и опыта. Это делает процесс трудоемким и дорогостоящим, увеличивая конечную цену продукции.

На рынке появилась потребность в доступном и понятном программном обеспечении для проектирования художественного паркета, это позволило бы сократить затраты на разработку дизайн-проектов [4]. В идеале, такая программа должна быть достаточно простой, чтобы ею мог воспользоваться сам заказчик, без привлечения дорогостоящих специалистов-дизайнеров. В таком случае клиенты могли бы сами разрабатывать дизайн, а производители – быстрее приступать к изготовлению. Это не только снизило бы стоимость паркета, но и способствовало бы росту спроса и объема производства, делая

художественный паркет доступнее для широкого круга потребителей. Поэтому считаем, что вопрос разработки программного продукта по разработке дизайн-проектов художественных паркетных полов и передачи проекта в работу на производстве является актуальным и востребованным.

Целью работы является обоснование структуры программного продукта по разработке дизайн-проектов изготовления художественного проекта.

Для разработки программного приложения предусматривается решение следующих задач:

1. Обеспечить простой и интуитивно понятный интерфейс, позволяющий пользователям легко создавать и редактировать дизайн-оформления паркета (пример на рис. 1).

2. Наличие доступных навигационных инструментов для создания и редактирования проекта, перемещения по проекту и изменения масштаба.

3. Возможность выбора различных видов древесины, текстур и оттенков паркета из встроенной библиотеки материалов [6].

4. Пользовательские настройки для создания уникальных комбинаций материалов.

5. Инструменты для создания планировки помещения и распределения паркета на поверхности пола.

6. Возможность редактировать размеры и форму помещения, расположение дверей и окон.

7. Возможность выбора различных паттернов укладки паркета, таких как шахматный порядок, рыбий мозаичный узор и т. д.

8. Автоматическое создание укладочных схем в соответствии с выбранными паттернами.

9. Возможность экспорта проекта в различные форматы файлов для совместной работы с другими программами или печати.

10. Поддержка работы на различных операционных системах, таких как Windows и macOS.

11. Регулярные обновления программы для добавления новых функций и улучшения производительности.

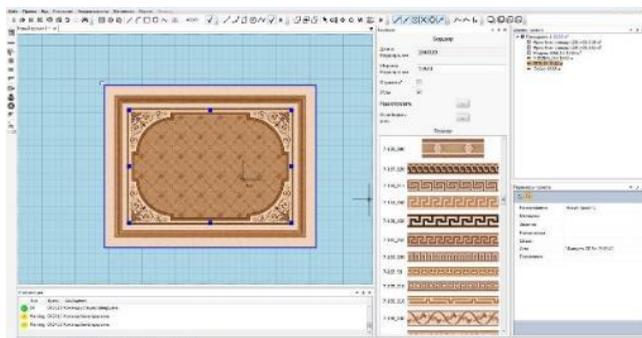


Рис. 1. Интерфейс программного продукта

Создание программного приложения, которое позволит заказчикам самостоятельно разрабатывать дизайн-проекты художественного паркета, может стать настоящим прорывом в данной области. Такое решение значительно сократит необходимость привлекать профессиональных дизайнеров, что уменьшит финансовые затраты на этапе разработки и сделает процесс более доступным для широкой аудитории [7].

Предполагается, что приложение будет представлено в формате онлайн-сервиса с удобным и понятным интерфейсом, пользователи смогут с легкостью создавать собственные уникальные проекты паркета [2]. Доступ к этому сервису за доступную плату позволит многим потенциальным клиентам воспользоваться его функционалом, не обращаясь к дорогостоящим специалистам.

Возможность самостоятельного проектирования не только сделает художественный паркет более доступным и разнообразным, но и упростит весь процесс изготовления. Сокращение расходов на разработку проекта приведет к снижению общей стоимости паркета, что сделает его более привлекательным для массового потребителя. В конечном итоге, такие улучшения поспособствуют росту спроса на художественный паркет и увеличат объемы его производства, расширяя рынок и делая этот продукт доступным для широких масс.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Программа «Софт Дизайн». – URL: <https://artparquet.ru/uslugi/soft-dizayn/> (дата обращения: 20.06.2024).
2. Онлайн конструктор паркета «Вернисаж». – URL: <https://www.parquetsale.ru/constructor?ysclid=lwrvt40ctp383718969> (дата обращения: 7.07.2024).
3. Объем строящегося жилья в России. –URL: <https://mperspektiva.ru/topics/obem-stroyashchegosya-zhilya-v-rossii-prevyasil-110-mln-kvadratov/> (дата обращения: 9.11.2024).
4. Строительство жилья в ЛНР И ДНР. –URL: <https://xn--blagapfwapgcl.xn--plai/investory-nachali-stroitelstvo-zhilja-na-31-ploshhadke-v-dnr-i-lnr/> (дата обращения: 9.11.2024).
5. Ввод жилья в Белгородской области. – URL: <https://belgorod.bezformata.com/listnews/belgorodskoy-oblasti-vvedenoporyadka/131429391/> (дата обращения: 9.11.2024).
6. Дьяченко В.Ю., Овсянников С.И. Аспектология использования 3d фрезерования древесины в мебельном производстве / В.Ю. Дьяченко, С.И. Овсянников // В сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. 2018. С. 56-63.
7. Дьяченко В.Ю., Овсянников С.И. Тенденции дизайна в формобразовании мебели / В.Ю. Дьяченко, С.И. Овсянников // В сборнике: Современные технологии деревообрабатывающей промышленности. Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. 2018. С. 82-88.

Дудченко К.А., магистрант

Научный руководитель: ст. преп.

Долженко А.В.

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

ЦИФРОВАЯ ЗРЕЛОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Цифровая зрелость как уровень освоения и использования информационных технологий в государственном секторе и в обществе в целом, играет значимую роль в достижении экономических целей развития страны [1]. Высокий уровень цифровой зрелости подразумевает не только наличие современных технологий и инфраструктуры, но и умение правильно и эффективно использовать их для достижения поставленных целей.

В рамках стратегических направлений установлены конкретные показатели цифровой зрелости строительной отрасли, которые планируется достичь в реалистичные сроки. Например, к 2030 году планируется создание имитационной модели для формирования 50 % заключений госэкспертизы. Важным аспектом является заключение 70 % госконтрактов в электронной форме и формирование 50 % заданий на проектирование в машиночитаемом формате (xml).

Однако, на развитие и цифровизацию строительной отрасли существенное влияние оказывают введенные санкции и уход крупных игроков из России [2]. С одной стороны, это может предоставить возможности для экспансии отечественных девелоперов, но с другой стороны, оно может сказаться на уровне конкуренции и проникновении новых технологий и методов строительства, используемых международными компаниями [3].

Для строительной отрасли, начиная от проектирования и планирования до непосредственного строительства и эксплуатации объектов, важное значение имеют различные технологии: 3D-печать, машиностроительные средства автоматизированного производства, роботизация процессов, энергоэффективные технологии, система управления данными, информационное моделирование зданий, интернет вещей (IoT), использование смарт-материалов, аналитика данных с помощью искусственного интеллекта, виртуальная и дополненная реальность и другие [4].

Согласно данным Росстата, в строительной отрасли уже широко внедряются цифровые технологии и специальное программное обеспечение, но пока в меньшем объеме, чем в других секторах экономики [5]. Особенно распространены облачные сервисы, цифровые платформы и геоинформационные системы.

В 2020 г. доля российского ПО в строительной отрасли составила 42,2 %, а в 2021 г. этот показатель вырос до 66 %. Эти цифры свидетельствуют об отсутствии значительной зависимости от международного программного обеспечения.

Однако эксперты отмечают, что в области информационного моделирования отрасли все еще сильно зависит от зарубежных программ. Для таких задач используются в основном программы ArchiCAD, Revit и Tekla, аналогов которым либо нет вовсе, либо они находятся на стадии разработки и тестирования. Большинство компаний все еще применяют иностранное ПО, особенно для проектирования строительных объектов, и поиск альтернативных решений является одной из ключевых задач в текущих условиях.

В этой связи, Минстрой России инициировал подготовку перечня российского программного обеспечения для субъектов градостроительной деятельности, являющегося справочником для специалистов строительных и проектных организаций, упрощающим поиск необходимых программ.

Перечень отражает стремление к развитию отечественной отрасли и поддержке отечественных разработчиков, а также способствует обеспечению безопасности данных и защите информации – использование отечественного ПО может предотвратить утечки и несанкционированный доступ к конфиденциальным данным.

Перечень разделен по видам работ – такая структурированная классификация значительно упрощает процесс выбора и позволяет специалистам быстро находить необходимые инструменты для конкретных задач в градостроительной деятельности. Каждый раздел перечня содержит список зарубежного ПО и российских аналогов, включенных в единый реестр.

Часть ПО замещают софт ушедших из России иностранных вендоров, часть разработаны впервые и носят уникальный характер. Прежде всего, это касается электронных форматов отчетности, согласования документации в электронном виде – здесь представлены исключительно российские разработки, с учетом отечественных СП и ГОСТов.

Для стимулирования разработки и спроса на отечественное программное обеспечение в строительстве можно принять несколько эффективных мер государственной поддержки. Среди таких мер – финансовая поддержка в виде грантов, субсидий и льготных кредитов, преимущественное использование отечественного ПО в государственных заказах, проведение информационных кампаний и обучающих мероприятий, поддержка инициативных стартапов и малых компаний.

Также, введение налоговых стимулов для компаний, использующих отечественное ПО, может стать дополнительной эффективной мерой. Это может быть снижение налоговых ставок, освобождение от налогов или другие преимущества, которые сделают отечественное ПО более привлекательным с экономической точки зрения.

Увеличение доли государственных заказов на разработку и использование отечественного ПО, разработка программ обучения для специалистов, с целью повышения навыков их работы и активное участие в международных программах и проектах, направленных на развитие и продвижение российского ПО, могут вместе создать благоприятную среду для развития отечественного ПО в строительстве, способствуя его разработке и повышению спроса на рынке [6].

Таким образом, необходимо укреплять механизмы поддержки импортозамещения в строительной отрасли. Развитие отечественного производства строительных материалов и оборудования позволит снизить зависимость от импорта и повысить конкурентоспособность отечественных компаний.

В целом, импортозамещение в отрасли строительства представляет собой важный шаг на пути к устойчивому и независимому развитию отрасли. Решительные действия со стороны государства и бизнес-сообщества помогут создавать благоприятные условия для развития отечественной промышленности строительных материалов, укрепления экономической безопасности и повышения конкурентоспособности строительного комплекса в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батракова, Л. Г. Выявление и оценка факторов, влияющих на цифровую зрелость регионов / Л. Г. Батракова // Теоретическая экономика. – 2022. – № 3(87). – С. 97-110. – DOI 10.52957/22213260_2022_3_97.
2. Глаголев, С. Н. Проблемы импортозамещения в России / С. Н. Глаголев, В. В. Моисеев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 1. – С. 204-208.
3. Кисель, Т. Н. Уровень цифровизации российских предприятий инвестиционно-строительной сферы / Т. Н. Кисель, Ю. С. Прохорова // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18. – № 6. – С. 971-987.
4. Лиля, Е.Н. Цифровизация строительной отрасли в России - внедрение BIM-технологий / Е. Н. Лиля, Д. Е. Фадеев // Образование. Наука. Производство: XIII Международный молодежный форум, Белгород, 08–09 октября 2021 года. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 434-437.
5. Бутенко А. И. Развитие цифровых технологий в строительной отрасли России // Вестник науки. 2023. Т. 4. №. 11 (68). С. 644-650.
6. Управление жизненным циклом объектов капитального строительства информационным моделированием сметной стоимости строительства / О. А. Аверкова, Т. Н. Ильина, К. И. Логачев [и др.] // Перспективы науки. – 2023. – № 11(170). – С. 141-144.

Ланина А.В., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Никулин А.И.

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

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К МНОГОЭТАЖНЫМ КАРКАСНЫМ ЗДАНИЯМ

Современное строительство многоэтажных каркасных зданий представляет собой сложный и многогранный процесс, требующий применения передовых технологий и методик.

Актуальность исследования обусловлена тем, что в последние годы наблюдается значительное увеличение объемов строительства, а также усложнение проектных задач, что требует от специалистов использования современных инструментов для проектирования.

В рамках данной работы будет проведен обзор существующих программных комплексов, что позволит выявить их сильные и слабые стороны, а также определить, какие из них наиболее эффективно решают задачи проектирования [1].

Сравнительный анализ возможностей различных программных комплексов станет основой для формирования рекомендаций по их применению. Важно отметить, что правильный выбор программного обеспечения не только улучшает качество проектирования, но и способствует сокращению сроков выполнения работ, что в свою очередь положительно сказывается на экономических показателях проектов [3].

При выборе программных комплексов для проектирования важно учитывать их функциональность, возможность интеграции с другими системами и доступность на территории РФ. Для оценки эффективности использования программных комплексов будем использовать метод построчного анализа матрицы характеристик и требований [2]. В табл. 1 представлены критерии и соответствие рассматриваемого программного обеспечения их значениям, перечисленным ниже.

В данной таблице значение «0» означает, что условие критерия не выполняется, значение «0,5» – частично выполняется и значение «1» – условие критерия полностью выполняется.

По методике Лукьяненко А.Ю., представленной в статье [2], вычисляем итоговый расчетный коэффициент для каждого из программных комплексов:

- NanoCad Стройплощадка – 0,5;
- Microsoft Project – 9;
- Гектор: Проектировщик-строитель – 3.

Таблица 1

**Сравнение различных программных комплексов по методу
построчного анализа матрицы характеристик и требований**

Наименование критерия	Программные комплексы		
	NanoCad Стройплощадка	Microsoft Project	Гектор: Проектировщик- строитель
Набор объемов работ из актуальных ГЭСН и ЕНиР	1	0	1
Включение своих расценок	1	1	0,5
Экспорт/импорт ВОР в/из программ для сметного расчета (формат .xml, .gsfx)	1	0,5	0
Интеграция с ПО с форматом .ifc	1	0	1
Автоматический подсчет трудоемкостей, машин, рабочих и т.п., материалов, воды, топлива, энергии	1	0	1
Расчет критического пути	1	1	1
Учет циклического характера для разных объемов работ	0,5	0	0,5
Автоматический подсчет календарного плана и необходимых графиков	1	0,5	1
Автоматизированное проектирование СПП, схем и тех. карт и т.п.	1	0	0,5
Основной модуль, производящий расчеты временных сооружений и выпускающий эти расчеты	1	0	1
Подключение дополнительных библиотек в базу данных программы	1	0	0,5
Автоматизированное составление пояснительной записки	1	0	1

Таким образом, из рассмотренных программных комплексов наиболее подходящим ПО для разработки организационно-технологических решений является NanoCad Стройплощадка [4].

В результате проведенного анализа программного обеспечения были выявлены ключевые аспекты, влияющие на его эффективность и пользовательский опыт. Сильные стороны включают высокую производительность и удобный интерфейс, в то время как недостатки касаются ограниченной функциональности в определенных сценариях. Рекомендуется провести дополнительные тестирования и доработки для устранения выявленных недостатков. В будущем стоит обратить внимание на интеграцию современных технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение, что позволит значительно повысить качество и адаптивность программ [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лосев, К. Ю. К методологии автоматизации жизненного цикла зданий и сооружений / К. Ю. Лосев, Ю. Г. Лосев // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14. – № 1.
2. Лукьяненко, А. Ю. Оптимизация процесса выбора программного обеспечения в организации / А. Ю. Лукьяненко // Цифровая трансформация. – 2019. – № 4 (9). – С. 12–22.
3. Малиновская, В. В. Методы управления проектами, актуальные для разработки программного обеспечения / В. В. Малиновская // Science Time. – 2020. – № 4(76). – С. 27-31. – EDN VSXZIH.
4. Салихова, Э. В. Использование информационных технологий в строительстве, их роль на всех этапах жизненного цикла объекта / Э.В. Салихова, Л.Р. Зайдуллин, Э.И. Исламова, Е.В. Мурузина // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16. – № 3. – URL: <https://esj.today/PDF/41SAVN324.pdf> (дата обращения 15.11.2024).
5. Сулейманова, Л. А. Технология информационного моделирования на этапе проектирования объекта капитального строительства / Л.А. Сулейманова, П.А. Амелин, И.С. Рябчевский. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – 126 с.

Мирошников Д.А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Крючков А.А.

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

СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ И ПЕРЕНОС В ВИРТУАЛЬНУЮ РЕАЛЬНОСТЬ В ПРИЛОЖЕНИЯХ BLENDER И UNREAL ENGINE ПРИ РАЗРАБОТКЕ VR-ДЕЛОВОЙ ИГРЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «СТРОИТЕЛЬСТВО»

В настоящее время для улучшения общего понимания процесса строительства в вузах страны создаются образовательные пространства, позволяющие подготовить студентов строительных специальностей с использованием технологий виртуальной реальности.

Данные технологии стали доступны на самых разных устройствах: смартфонах, планшетах и даже специальных компьютерах с встроенными дисплеями, таких как очки и шлемы. С помощью сервисов виртуальной реальности можно визуализировать различные процессы и явления, которые по разным причинам трудно или невозможно изучить в реальности: из-за их скорости, опасности или недоступности [1, 3-5].

Основные используемые VR – устройства представлены в табл. 1.

Для корректной работы VR - устройств компьютер должен отвечать следующим системным требованиям, которые представлены в табл. 2.

Таблица 1

Основные используемые VR - устройства

Название	Визуализация
Самоотслеживающиеся	
Pico 4	
Oculus Quest 2,3	
С отслеживанием через базовые станции	
HTC Vive	
Valve Index	

Таблица 2

Системные требования компьютера

Компонент	Рекомендуемые системные требования	Минимальные системные требования
Процессор	Intel Core i5-4590/AMD FX 8350 аналогичная или более новая модель	Intel Core i5-4590/AMD FX 8350 аналогичная или более новая модель
Графический процессор	NVIDIA GeForce GTX 1060, AMD Radeon RX 480 аналогичная или более новая модель	NVIDIA GeForce GTX 970, AMD Radeon R9 290 аналогичная или более новая модель
Память	4 Гб ОЗУ или более	4 Гб ОЗУ или более
Видеовыход	HDMI 1.4, DisplayPort 1.2 или более новая модель	HDMI 1.4, DisplayPort 1.2 или более новая модель
Порт USB	1x USB 2.0 или более новая модель	1x USB 2.0 или более новая модель
Операционная система	Windows 7 SP1, Windows 8.1 или выше, Windows 10	Windows 7 SP1, Windows 8.1 или

Blender – это программа для создания трехмерных моделей, предоставляющая набор бесплатных инструментов для создания компьютерной 3D-графики. С ее помощью можно создать несложный объемный объект, а затем перенести его в виртуальную реальность с помощью приложения Unreal Engine. Это позволяет увидеть модель в VR-очках.

На первом этапе разработки создаются 3D-модели. Задается сетка Shift + A, исходная фигура, из которой в последующем будет создана требуемая 3D-модель (рис. 1).

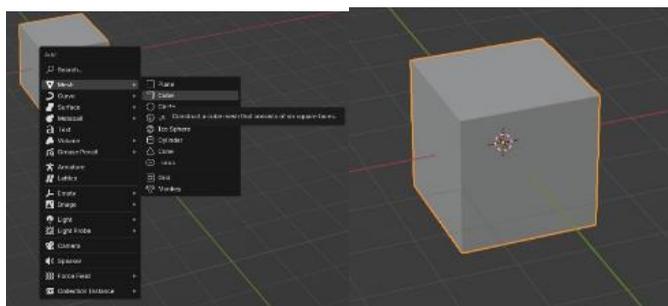


Рис. 1. Создания исходной фигуры

В процессе разработки сложной модели можно использовать метод сборки из нескольких элементов. Сначала создается каждая деталь отдельно, а затем они объединяются в единую конструкцию.

Чтобы изменить выбранную деталь, необходимо активировать режим редактирования. Для этого нужно нажать клавишу Tab, после чего вершины объекта станут видимыми. Затем следует перейти в режим просмотра полигонов, нажав на кнопку перехода в этот режим, расположенную в верхней левой части экрана (рис. 2).

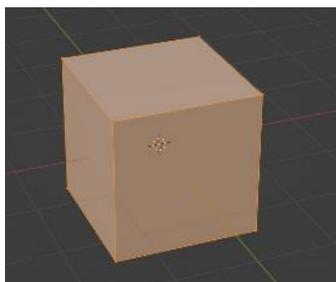


Рис. 2. Режим редактирования

Из трех доступных режимов - вершины, грани и полигоны - нужно выбрать полигоны. После этого можно вернуться в боковой вид и приступить к моделированию.

С помощью клавиши «E» можно «экструдировать» новые полигоны объекта и изменить их (рис. 3).

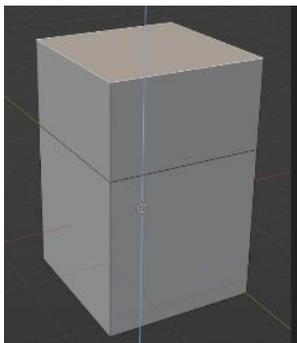


Рис. 3. Инструмент экструдирования

Таким образом, можно редактировать форму под ту, которая нам необходима.

Еще два, не менее полезных, инструмента для изменения формы объекта это «Ctrl + R» – позволяет разрезать фигуру и создать дополнительные грани, создавая модель более точной и плавной, а клавиша «I» – позволяет создать новую грань на уже существующей (рис. 4).

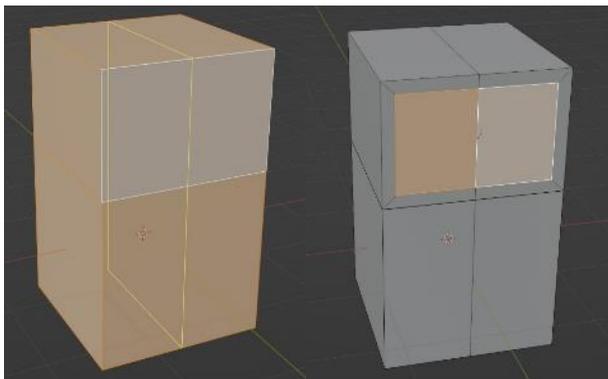


Рис. 4. Изменение формы объекта

Используя эти команды, можно создавать простые модели разнообразных форм, дополняя их новыми элементами и делая их более привлекательными.

После создания необходимых геометрических фигур сохраним результаты нашей работы на рабочем столе для последующего импорта объекта в приложение Unreal Engine. Для сохранения в верхнем левом углу нажимаем кнопку «File», затем находим кнопку «Export», выбираем FBX и указываем путь к рабочему столу (рис. 5).

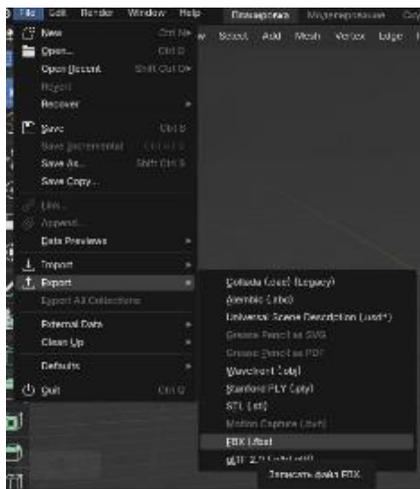


Рис. 5. Сохранение 3D-модели

На втором этапе осуществляется визуализация в приложении Unreal Engine. Запускаем приложение Unreal Engine, выбираем режим «Игры», затем «Игровые шаблоны» и вариант «VR» (рис. 6).

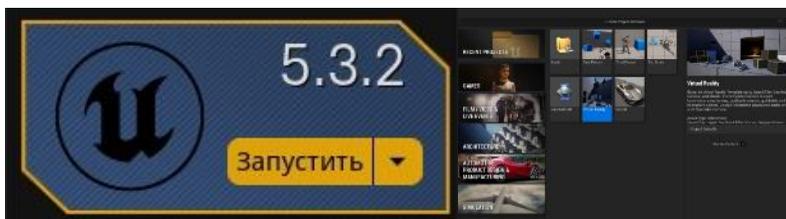


Рис. 6. VR-режим

Ранее созданные 3D-модели можно перенести внутрь программы. Объект с его места сохранения переносим в созданную новую папку. В окне импорта необходимо проверить корректность настроек и нажать «Import All». После этого импортированный объект можно переместить на сцену, просто перетащив его из папки. Чтобы изменить расположение и форму объекта, можно использовать кнопки в правом верхнем углу вьюпорта. Получим готовую форму (рис. 7).

Подсоединив оборудование виртуальной реальности к компьютеру, зайдя в раздел Modes и выбрав «VR Preview» можно увидеть созданный объект в виртуальной реальности [2].

Таким образом, рассмотренные программные среды можно применять для создания различных тематических 3D-моделей, их визуализации и размещения в виртуальном мире.

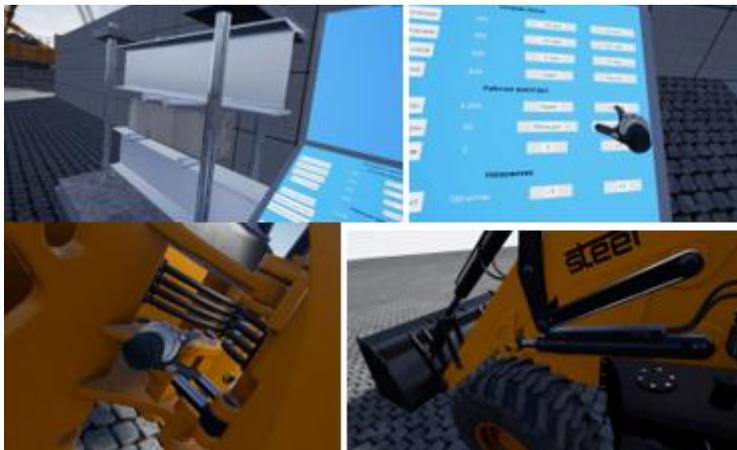


Рис. 7. Созданный объект

Разработанные материалы можно использовать для проведения матер-классов по ознакомлению с сервисами виртуальной реальности, а также они могут стать частью системы занятий студентов строительных специальностей в форме деловой игры при проведении лекционных, лабораторных и практических занятий преподавателями [4, 6, 7, 8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Мирошников Д.А. Применение технологии виртуальной реальности в профессиональной подготовке будущих инженеров-строителей // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – Ч. 2. – С. 201-206.

2. Козловских М.Е., Неверова И.В., Устинова Н.Н. Создание 3D-модели и перенос в виртуальную реальность в приложениях Blender и Unreal Engine // Научное обозрение. Педагогические науки. – 2023. – № 6. – С. 19-24;

3. Безган Д., Сошкин А. Использование Vr технологии при подготовке специалистов строительного профиля // Педагогическая наука и практика.

2019. №3 (25). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-vr-tehnologii-pri-podgotovke-spetsialistov-stroitel'nogo-profil'ya>.

4. Лесовик В. С., Гладков Д. И., Сулейманова Л. А. Ролевые деловые игры со студентами в условиях реального производственного процесса. - Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2001. - 222 с.

5. Преимущества использования виртуальной реальности для профессионального обучения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vr-app.ru/blog/preimushhestva-ispolzovaniia-virtualnoi-realnosti-dlia-professionalnogo-obuceniia/?ysclid=lo4ljazrni142821560>.

6. Ситникова С. Ю., Фалеев М. Д., Исаев М. С. Применение технологий виртуальной реальности в профессиональной подготовке будущих инженеров-строителей // Научное знание как фактор общественного развития: сб. науч. трудов. Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2023. С. 66-69.

7. Мокроусова, О. А. Деловые игры как форма профессионального обучения при изучении дисциплин строительного профиля / О. А. Мокроусова // Теория и практика профессионального образования: педагогический поиск: сборник научных трудов. Вып. 9 / [Рос. гос. проф.-пед. ун-т и др.]. - Екатеринбург, 2007. - С. 86-91.

8. Струнин, Д. А. Искусственный интеллект в сфере образования / Д. А. Струнин. // Молодой ученый. – 2023. – № 6 (453). – С. 15-16.

**Рафаелян А.В., магистрант,
Аноприенко Д.С., магистрант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ ЗДАНИЙ: МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

В условиях роста затрат на энергоресурсы и необходимости снижения углеродного воздействия возрастает актуальность разработки интеллектуальных решений для управления энергопотреблением. Традиционные методы управления энергосистемами часто оказываются недостаточно гибкими, чтобы учитывать изменчивость внешних условий, прогнозировать потребности и оптимизировать ресурсы в реальном времени [1-3].

Искусственный интеллект (ИИ) открывает новые горизонты в области энергоменеджмента зданий. Использование алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей позволяет автоматизировать анализ больших

объемов данных, учитывать множество факторов, таких как погодные условия, график использования помещений, динамика энергопотребления, и предлагать оптимальные сценарии управления. Такие подходы способны не только повысить энергоэффективность зданий, но и обеспечить их устойчивость к изменяющимся внешним условиям [2].

В статье приведен анализ современных моделей оптимизации энергопотребления зданий на основе механизмов искусственного интеллекта. В работе рассмотрены методы прогнозирования энергозатрат, алгоритмы управления системами энергопитания и примеры успешного внедрения интеллектуальных систем в строительной практике. Основной целью исследования является выявление потенциала ИИ для повышения энергоэффективности и устойчивости энергосистем зданий в условиях ужесточения требований к тепловой защищенности зданий [3].

Энергетическая система современного здания является сложной и многокомпонентной структурой, включающей в себя отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха, освещение, а также интеграцию возобновляемых источников энергии. Эффективное управление данными системами напрямую влияет на эксплуатационные затраты и экологическую устойчивость. Однако традиционные подходы зачастую ограничены линейными моделями прогнозирования и не способны учитывать комплексные взаимосвязи множества переменных. ИИ, особенно его направления, такие как машинное обучение и нейронные сети, позволяет автоматизировать принятие решений и улучшить адаптивность энергосистемы [3, 4].

Основные модели ИИ для управления энергопотреблением:

1. Прогнозирование энергопотребления.

Одной из ключевых задач в управлении энергией является точное прогнозирование потребностей в энергии. Модели на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) демонстрируют высокую точность в анализе временных рядов энергопотребления.

2. Оптимизация распределения ресурсов.

Алгоритмы машинного обучения, включая глубокое обучение, применяются для решения задач оптимизации. Системы, основанные на ИИ, могут автоматически перераспределять энергоресурсы между различными зонами здания, снижая общие затраты на энергопотребление. Например, системы управления освещением с датчиками присутствия и прогнозной аналитикой сокращают расходы, автоматически регулируя яркость в зависимости от времени суток и активности пользователей [4-6].

3. Интеграция возобновляемых источников энергии.

ИИ позволяет эффективно интегрировать в энергосистему здания солнечные панели, ветровые генераторы и другие возобновляемые источники. Нейронные сети используются для прогнозирования объемов выработки энергии в зависимости от погодных условий и определения оптимального времени ее использования или хранения в аккумуляторах.

Модель оптимизации управления энергопотреблением с использованием ИИ представлена на рис.

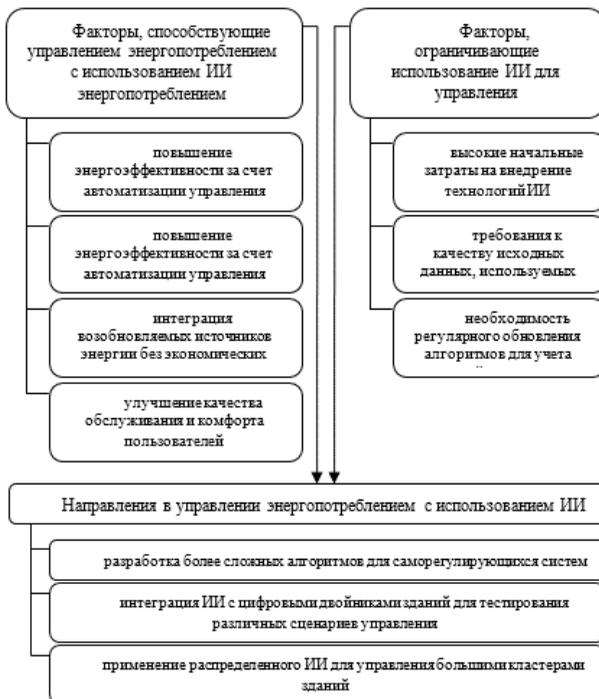


Рис. Модель оптимизации управления энергопотреблением с использованием ИИ

Использование ИИ в управлении энергопитанием зданий открывает значительные перспективы для повышения энергоэффективности, снижения эксплуатационных затрат и уменьшения экологического воздействия. Алгоритмы машинного обучения, включая нейронные сети, позволяют точно прогнозировать энергопотребление, оптимизировать распределение ресурсов и интегрировать возобновляемые источники энергии, что делает энергосистему здания более адаптивной и устойчивой [5, 6].

Проведенный анализ показал, что внедрение ИИ обеспечивает автоматизацию процессов управления, повышает качество эксплуатации зданий.

К ключевым направлениям развития можно отнести интеграцию ИИ с цифровыми двойниками, распределенные системы управления и повышение доступности технологий для широкого применения. Таким образом, искусственный интеллект становится неотъемлемой частью

устойчивого строительства и эксплуатации зданий, что подтверждает его актуальность и важность для современного строительного сектора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рафаелян А.В., Аноприенко Д.С. Перспективы использования искусственных нейронных сетей в строительстве // В сборнике: VIII Международный студенческий строительный форум - 2023. Сборник докладов VIII Международного студенческого строительного форума - 2023. Белгород, 2023. С. 151-154.

2. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 4. С. 12-24.

3. Рафаелян А.В., Аноприенко Д.С. Применение искусственного интеллекта в строительстве // В сборнике: Молодежь и научно-технический прогресс. Сборник докладов XIV международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2 т.. Губкин, 2021. С. 372-375.

4. Рафаелян А.В., Аноприенко Д.С. Энергопотребление «умного города» // В сборнике: VI Международный студенческий строительный форум - 2021. Сборник докладов. В 2-х томах. Белгород, 2021. С. 99-102.

5. Исаев М.М. Применение нейросети в проектировании и строительстве зданий // Университетская наука. 2023. № 2 (16). С. 71-73.

6. Савранский И.Д. Применение нейросетей в организации строительства // В сборнике: Инженерное дело на Дальнем Востоке России. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. Дальневосточный федеральный университет. 2023. С. 103-105.

**Рафаелян А.В., магистрант,
Аноприенко Д.С., магистрант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАТРАТ И ОЦЕНКИ РИСКОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Прогнозирование затрат и управление рисками – важнейшие задачи в строительстве. От точности расчетов бюджета и предвидения возможных проблем зависят как сроки выполнения проекта, так и его рентабельность, однако из-за множества неопределенностей и сложных факторов строительные проекты часто выходят за рамки запланированных ресурсов. Современные технологии, такие как искусственные нейронные сети

(ИНС), позволяют обрабатывать огромные объемы данных и находить скрытые зависимости, которые сложно учесть с помощью традиционных методов [1, 2].

Использование ИНС для прогнозирования затрат и оценки рисков позволяет не только более точно рассчитывать бюджет, но и гибко адаптироваться к изменениям, которые неизбежны в ходе любого проекта. В данной статье подробно рассмотрено, применение искусственных нейронных сетей для решения задач по прогнозированию затрат и управлению рисками [1].

На практике использование ИНС в строительстве реализовано в ряде программ, которые помогают управлять проектами на более высоком уровне [2]. Одним из примеров таких программ является Autodesk Construction Cloud. Данная платформа позволяет проектным менеджерам прогнозировать расходы и выявлять потенциальные отклонения от запланированных показателей с помощью ИНС. Анализируя данные прошлых проектов, Autodesk Construction Cloud прогнозирует затраты для нового проекта и выявляет ключевые факторы, которые могут повлиять на бюджет, что помогает компаниям избегать непредвиденных расходов, заранее планируя мероприятия по снижению риска, что особенно важно на крупных строительных объектах с ограниченными ресурсами [4].

Еще один пример – платформа Smartvid.io, которая используется для повышения безопасности на строительных площадках, но также имеет функцию оценки рисков и прогнозирования затрат, связанных с мерами безопасности. Система использует ИНС для анализа видео- и фотоматериалов с камер наблюдения на строительной площадке, что позволяет автоматически выявлять нарушения техники безопасности и прогнозировать риски. Эти данные могут быть полезны при составлении бюджета и включении в него затрат на безопасность, поскольку позволяют заранее оценить потенциальные риски и внедрить меры, минимизирующие вероятность происшествий [4, 5].

Система Uptake специализируется на предиктивном техническом обслуживании строительного оборудования. В процессе выполнения строительных работ значительную часть бюджета составляют затраты на поддержание техники в исправном состоянии и ремонт оборудования. Программа Uptake применяет ИНС для анализа данных о работе оборудования и прогнозирования его возможных поломок. Это позволяет компаниям заранее планировать обслуживание техники, избегая незапланированных простоев и дополнительных затрат на срочные ремонтные работы [5]. Таким образом, Uptake помогает контролировать расходы и минимизировать финансовые риски, связанные с техническим обслуживанием.

Эти примеры иллюстрируют, как ИНС могут интегрироваться в различные процессы строительного производства и помогать компаниям управлять бюджетом, оценивая риски более точно и своевременно.

Использование нейросетей в планировании строительства может обеспечить экономию от 6% до 10% бюджета по сравнению с

традиционными методами управления. В одном из проектов строительства технологического парка в Силиконовой долине подрядчик использовал Oracle Primavera P6 для планирования, однако ограниченные возможности этого инструмента не позволили оценить альтернативные сценарии [4, 5].

ALICE Technologies, возможно использовать опыт проектной команды и рассмотреть различные варианты реализации. ALICE предложила оптимизированные сценарии, которые не были бы разработаны вручную из-за нехватки времени. В результате применения ALICE срок выполнения проекта сократился на 45 дней и уменьшилось численность персонала на 10%, что также принесло значительную экономию. Изменение последовательности задач позволило уменьшить время, необходимое для использования башенного крана, что добавило еще 5 миллионов долларов к общей экономии проекта [6, 7]

ИНС представляют собой мощный инструмент для оптимизации процессов планирования и управления рисками в строительной отрасли. Примеры успешного применения, показывают, как ИНС могут значительно сократить сроки выполнения и снизить затраты. Внедрение таких технологий позволяет строительным компаниям не только повышать эффективность своих операций, но и достигать значительных финансовых преимуществ. Таким образом, использование ИНС в строительстве становится важным шагом к улучшению конкурентоспособности и успешности проектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рафаелян А.В., Аноприенко Д.С. Перспективы использования искусственных нейронных сетей в строительстве // В сборнике: VIII Международный студенческий строительный форум - 2023. Сборник докладов VIII Международного студенческого строительного форума - 2023. Белгород, 2023. С. 151-154.

2. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2022. № 4. С. 12-24.

3. Амелин П.А. Применение искусственного интеллекта на этапе проектирования зданий и сооружений // В сборнике: Строительство. Архитектура. Дизайн. Материалы Четвертой Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Под редакцией С.И. Меркулова. Курск, 2023. С. 11-17.

4. Забайкин Ю.В., Машкин Д.М. Использование нейросетей для предсказания сроков и бюджета в проектах строительства энергетических объектов // Экономика строительства. 2023. № 12. С. 102-105.

5. Савранский И.Д. Применение нейросетей в организации строительства // В сборнике: Инженерное дело на Дальнем Востоке России. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. Дальневосточный федеральный университет. 2023. С. 103-105.

6. Чугуй А.И., Шиховцов А.А., Перекотий И.Н., Гетиев А.И. Перспективы внедрения нейросетей в информационные технологии строительства // Экономика и предпринимательство. 2024. № 6 (167). С. 707-710.

7. Исаев М.М. Применение нейросети в проектировании и строительстве зданий // Университетская наука. 2023. № 2 (16). С. 71-73.

Саламе К.Э., магистрант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Абсиметов В.Э.**

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

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА БЕТОНА ВВЕДЕНИЕМ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК ПРИ УСИЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

При проектировании каркаса для укрепления колонны подбираются бетон и композитные материалы. Это определяет поперечное сечение каркаса, а также способ его крепления к колонне.

Следующим этапом являются подготовительные работы:

- для обеспечения хорошей адгезии очистите поверхность вала от старой краски, грязи и швов [1].
- при обнаружении трещин, их необходимо заделать.
- устройство для надрезания бетона для лучшей адгезии к новому раствору.

Необходимые действия при установке обоймы:

- установите зажим на вал. Закрепите его на всех поверхностях [2]
- Используйте монтажную систему, чтобы прикрепить зажим к существующему валу.

Технология нанесения эпоксидных составов:

- диаметр и глубина отверстия, которое необходимо просверлить, зависит от диаметра шурупа, в зависимости от ожидаемых нагрузок на шуруп.

– после высверливания отверстия необходимо последовательно выполнить следующие действия:

- отверстие прочистить от пыли с помощью щетки;
- произвести продув отверстия насосом или компрессором;
- повторить пункты 1 и 2;
- присоединить носик к трубе с эпоксидным составом, обрезать кончик до необходимого диаметра и продавить первые 15 см материала на открытую поверхность (картонку/бумагу), после чего утилизировать. Данная операция необходима для достижения качественного перемешивания;

- заполнить отверстие материалом примерно на 65 %;

В течение указанного в техническом описании времени корректировки положения ($T_{\text{даб.}}$), вкручивающим движением установить необходимую шпильку/арматуру [3].

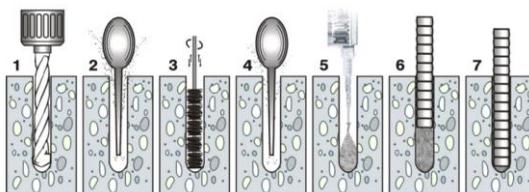


Рис. 1. Процесс монтажа

Затем колонну обвязывают арматурой, которая закрепляется на поверхности колонны с помощью специальных крепежных элементов. Обвязка может иметь различное количество слоев и располагаться по-разному на поверхности колонны, в зависимости от необходимого усиления. [4]

Следующим этапом является подготовка материалов и заливка бетона:

Для приготовления бетонов М350 в качестве заполнителя используем:

– Гранитный щебень для строительных работ фракций от 5 до 10 мм ГОСТ 30108–94

– Песок природный для строительных работ средней крупности. ГОСТ 30108–94

– Портландцемент ПЦ400-Д0 ГОСТ 10178–85. Приготовить бетонную смесь модифицированного состава, где Пластификаторы:

1- Polymix Plast;

2- SikaPlast 17;

3-Stachment99[5].

Влияние модификаторов на характеристики бетона класса В25 с разными концентрациями (табл. 1).

Таблица 1

Виды пластификатора

Партии №	Контроль	1	2	3
Единица измерения	Кг/м3			
В/Ц	0,4			
Цемент М400	400	350	350	350
Вода	160	120	120	120
Песок	600	600		
Щебень		1200	1200	
3 вида пластификатора	-	0,5%	1%	1,5%

Таблица 2

Результаты исследования

Наименование	% от массы цемента	В/Ц	Средний предел прочности сжатия, МПа в возрасте суток		
			7	14	28
			Контроль	-	0,4
Polymix Plast	0,5	0,4	19,04	23,74	30,24
	1	0,4	16,74	27,34	32,74
	1,5	0,4	8,04	22,54	30,14
SikaPlast 17	0,5	0,4	12,14	24,04	32,54
	1	0,4	8,14	23,14	34,024
	1,5	0,4	10,14	27,74	37,74
Stachement 99 [5]	0,5	0,4	7,94	25,54	30,74
	1	0,4	11,94	24,64	40,74
	1,5	0,4	17,64	25,44	34,04

Исследованиями установлено, что при сохранении подвижности бетонной смеси (ПЗ) модификаторы снижают водопотребность тяжелого бетона в среднем на 17 %.

Добавка Polymix Plast проявила себя как ускоряющая твердение бетона. В возрасте 3 сут добавка Polymix Plast увеличила прочность контрольных составов на 35,5 %.

Прочность бетона под влиянием добавки SikaPlast 17 в возрасте 3 сут практически не изменилась. В процессе дальнейшего твердения наблюдается интенсивный рост прочности всех составов модифицированных бетонов в сравнении с контрольными составами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бахташ, У. К. Абдрахманов. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 22 (312). – С. 91-94.
2. Ахметов, Д. А., Роот Е. Н. Опыт применения самоуплотняющихся бетонов в строительной индустрии Республики Казахстан // Молодой ученый. – 2017. – № 48 (182). – С. 11–14.
3. Khalaf M.A.; Van C.C.; Ramli M. The constituents, properties and application of heavyweight concrete: A review// Construction and building materials. –2019. – Vol. 215. –P. 73–89.
4. Bauchkar S. D., Chore H. S. Effect of PCE superplasticizers on rheological and strength properties of high strength self-consolidating concrete //Journal Citation Reports: Advances in concrete construction. – 2018. –Vol. 6, № 6. –P. 561–583.
5. Бербеков, Ж. В. Неразрушающие методы контроля прочности бетона // Молодой ученый. – 2012. – № 11 (46). – С. 20–23. Сленьков В. А., Минаков Ю. А., Кононова О. В., Анисимов С. Н., Смирнов А. О., Лешканов А. Ю. Эффективность применения пластифицирующих добавок в производстве тяжелого бетона // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–1.

**Юшин Д.Н., магистрант,
Пириева Л.Ю., магистрант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Тарасенко В.Н.**

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

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Зрение один из ключевых способов взаимодействия человека с окружающим миром. Для того, чтобы этот тип взаимодействия работал эффективно, необходимы определенные условия среды. Неблагоприятные зрительные условия негативно влияют на общее состояние человека и на эффективность совершаемой им зрительной работы. На комфортность зрительного восприятия влияют:

- однородность освещения;
- оптимальная яркость;
- отсутствие бликов;
- верная цветопередача;
- отсутствие мерцания.

Немаловажным фактором также является разряд и продолжительность зрительной работы, от этого зависит необходимая минимальная освещенность рабочей поверхности. Таким образом, для каждого помещения, исходя из его функционального назначения, существует набор значений вышеперечисленных параметров, удовлетворяющий требованиям зрительного комфорта [1].

В данной статье рассмотрен расчет схемы освещения для аудитории высшего учебного заведения, из чего следуют необходимые характеристики зрительного комфорта. В нормативной базе приведены основные требования для создания комфортной зрительной среды. Для образовательных учреждений высшего образования необходимая освещенность рабочей поверхности должна быть не менее 400 лк [2]. Для расчета использовался программный комплекс DIALux evo, это свободно распространяемый продукт, позволяющий произвести расчет освещенности для заданного помещения и требуемой точности зрительной работы [3].

Для выполнения расчета в программе воссоздана объемная модель аудитории с требуемым оборудованием (рис. 1).

Исходя из доступности для закупки в Белгороде подобраны светильники, встраиваемые в подвесную потолочную систему, типа «Armstrong». Производитель предоставляет полные фотометрические данные, подходящие для использования в ПО. Полные технические характеристики прибора, для которого произведен расчет приведены в табл. 1.

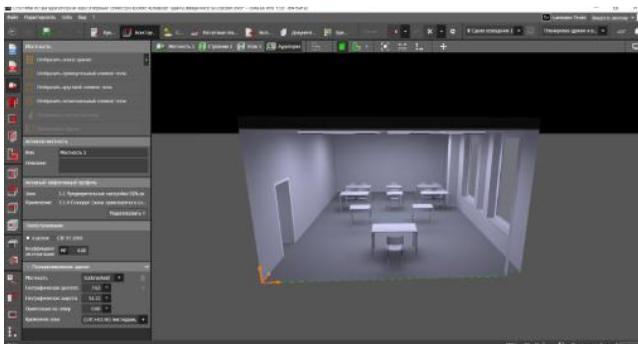


Рис. 1. Информационная модель аудитории в интерфейсе DIALux evo

Таблица 1

Технические характеристики осветительного прибора

Параметр	Значение	
Артикул	B1-A0-00070-01G02-2006040	B1-A0-00070-01G02-2003450
Материал корпуса	Сталь	Сталь
Материал рассеивателя	Полистирол	Полистирол
Номинальная потребляемая электрическая мощность, Вт	54	30
Коэффициент мощности, не менее	0,97	0,97
Номинальный световой поток, лм	6300	3000
Коррелированная цветовая температура, К	4000	4000
Угол светового пучка, °	120	120
Коэффициент пульсации светового потока, не более, %	2	2
Индекс цветопередачи	80-89	80-89
Климатическое исполнение по	УХЛ4	УХЛ4
Габаритные размеры ДхШхВ, мм	595×595×50	595×595×50
Масса, кг	2,6	2,6

Для определения оптимального размещения светового оборудования относительно рабочих поверхностей, студентов и преподавателя, предложен расчет для трех сценариев освещения. Такой подход позволяет оптимизировать количество и взаимное расположение светильников [4].

Результаты расчета для первого варианта представлены на рис. 2. Расчет выполнен по сценарию освещения, подобранному программой автоматически на основе общих габаритов помещения и требуемой освещенности на плоскости, расположенной на высоте 0,8 м от поверхности пола.

Расчет выявил несостоятельность подобной схемы раскладки приборов в виду большего количества излучателей относительно остальных вариантов (8 осветительных приборов), а также большого перепада освещенности как в рамках рабочей поверхности, так и в помещении в целом [5].

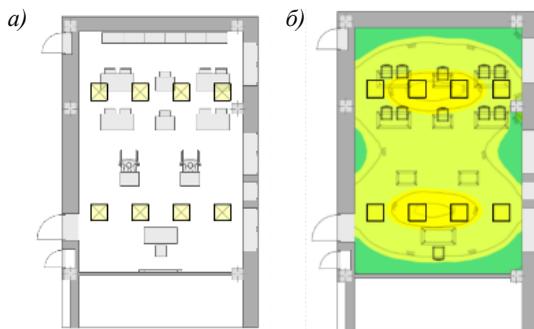


Рис. 2. Расчет освещенности для первого сценария освещения: *а* – схема расположения светильников; *б* – полученный результат с изолиниями освещенности

Результаты расчета для второго варианта представлены на рис. 3, схема освещения создана посредством ручной корректировки автоматической расстановки (6 осветительных приборов), что позволило улучшить результат расчета.

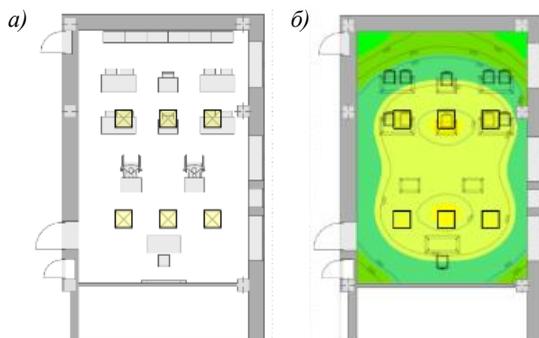


Рис. 3. Расчет освещенности для второго сценария освещения: *а* – схема расположения светильников; *б* – полученный результат с изолиниями освещенности

Результат расчета показывает большую однородность светового поля, чем в первом случае, но, тем не менее, расположение светильников не оптимально относительно рабочих мест, что создает зоны повышенной освещенности в проходах между рабочими поверхностями, а также на средних местах, что может вызвать дискомфорт у учащихся.

Результаты расчета для третьего варианта представлены на рис. 4. Третий сценарий освещения создан полностью вручную согласно расположения рабочих поверхностей и необходимой освещенности.

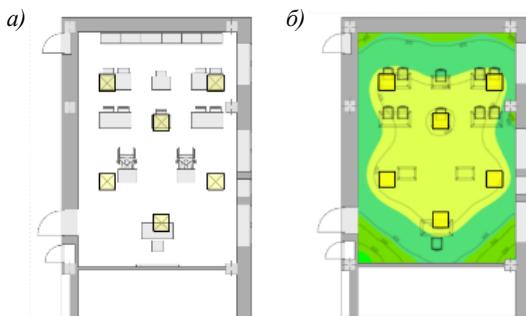


Рис. 4. Расчет освещенности для третьего сценария освещения: *а* – схема расположения светильников; *б* – полученный результат с изолиниями освещенности

Расположение осветительных приборов (6 шт.) с учетом максимального освещения посадочных мест позволило достичь наиболее эффективного освещения при меньших затратах на закупку.

Исходя из вышеприведенного, конечным вариантом раскладки светильников рекомендован вариант 3 со светильниками со световым потоком 6300 лм. Такая схема расстановки осветительных приборов не только выгодна с точки зрения сметной стоимости, но и создаст наиболее комфортную среду для зрительного восприятия, что важно для образовательного учреждения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черныш, Н. Д. Современные условия создания комфортного архитектурного средового пространства / Н.Д. Черныш, В.Н. Тарасенко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №. 1. С. 101 – 104.
2. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – М.: Стандартинформ, 2017. – 198 с.
3. DIALux: the worldwide leading lighting design software [Электронный ресурс] // DIALux: [сайт]. – URL: <https://www.dialux.com/en-GB/> (дата обращения: 23.10.2024).
4. Расчет комбинированного естественного освещения: метод. указания к выполнению расчета естественного освещения для студентов направления бакалавриата и магистратуры 270800 - Стр-во, профиля подготовки Проектирование зданий / БГТУ им. В. Г. Шухова: сост.: В. Н. Тарасенко, Н. Д. Черныш. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. – 37 с.
5. Федоров О. П., Вигурская А. Е. Особенности использования естественного освещения в архитектуре зданий разного типа // Системные технологии. 2022. №4 (45). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ispolzovaniya-estestvennogo-osvescheniya-v-arhitekture-zdaniy-razno>

ПРОГРЕССИВНЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Андрейчук М.В., магистрант

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.

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

НАНОТЕХНОЛОГИИ ПРИ СОЗДАНИИ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ

В современном мире строительство является одной из ключевых отраслей, которая определяет развитие экономики и качество жизни людей. В условиях постоянного роста населения и урбанизации вопросы эффективности, безопасности и экологичности строительных технологий становятся особенно актуальными. Одним из перспективных направлений в этой области являются нанотехнологии, которые открывают новые возможности для улучшения свойств строительных материалов и конструкций, в том числе в сфере вентилируемых фасадов.

Вентилируемые фасады являются популярным решением для облицовки зданий. Они обеспечивают хорошую тепло- и звукоизоляцию, а также позволяют создать эстетичный внешний вид. Однако традиционные материалы, используемые для изготовления вентилируемых фасадов, имеют ряд недостатков, таких как низкая прочность, высокая теплопроводность и подверженность коррозии. Нанотехнологии могут помочь решить эти проблемы и создать более эффективные и долговечные вентилируемые фасады [1-3].

Нанотехнологии позволяют создавать новые материалы с уникальными свойствами. Например, наночастицы могут быть добавлены в состав облицовочных материалов, что позволит улучшить их прочность, теплопроводность и устойчивость к воздействию окружающей среды. Также нанотехнологии могут быть использованы для создания новых типов покрытий, которые будут обладать антивандалными свойствами и защитой от ультрафиолетового излучения [4-7].

Кроме того, нанотехнологии могут применяться для создания более эффективных систем вентиляции фасадов, что позволит улучшить циркуляцию воздуха и предотвратить образование конденсата на стенах здания. Такие системы могут быть оснащены датчиками, которые автоматически регулируют работу вентиляции в зависимости от температуры и влажности воздуха.

Использование нанотехнологий в производстве вентилируемых фасадов имеет ряд преимуществ:

- повышение прочности и долговечности материалов;
- улучшение теплоизоляционных свойств;
- снижение веса конструкции;
- уменьшение затрат на обслуживание и ремонт;
- создание эстетичного внешнего вида;
- предотвращение образования конденсата.

Уже сегодня существуют примеры успешного применения таких технологий в производстве вентилируемых фасадов. Например, некоторые компании используют наночастицы для создания композитных материалов, которые обладают высокой прочностью и устойчивостью к коррозии.

Одним из примеров успешного применения нанотехнологий является проект по созданию интеллектуального фасада, который автоматически адаптируется к изменениям окружающей среды. Фасад оснащен датчиками температуры, влажности и освещенности, которые автоматически регулируют его работу. В результате здание потребляет меньше энергии и создает более комфортные условия для работы сотрудников.

Еще одним примером является проект по созданию фасада с автоматической регулировкой прозрачности. Фасад оснащен специальными электронными стеклами, которые могут изменять свою прозрачность в зависимости от уровня освещенности. Это позволяет снизить нагрузку на системы кондиционирования воздуха и создать более комфортное освещение внутри здания.

Для производства стекол данного вида фасада применяется специальная умная пленка. Высокотехнологичный материал является экологически безопасным.

Также стекло не боится механических воздействий: царапины, трещины, сколы. При сильном ударе, резких перепадах напряжения материал не трескается, не лопается. Многослойное стекло (триплекс) не распадается на осколки. Электронное стекло работает от электричества, но не проводит ток.

Для регулировки прозрачности используют удобные переключатели (кнопочные, сенсорные), пульты дистанционного управления. Регулировать свойства стекла можно и через систему Smart-home, датчики движения и освещения.

Разработка самоочищающейся облицовки для вентилируемых фасадов на основе системы силикагель-фторуглеродных соединений. О получении данного эффекта впервые заявили Японские производители фиброцементных панелей. Для самоочищающейся облицовки используют систему силикагель-фторуглеродные соединения. Силикагель – твердый гидрофильный сорбент, получаемый из пересыщенных растворов кремниевых кислот и содержащий от 10 до 70 % свободного аморфного диоксида кремния, благодаря чему поглощает влагу из воздуха. Гранулы силикагеля размером до 0,01 мм, с добавлением фторидных соединений, наносят на лицевую поверхность фиброцементных панелей, прошедших автоклавирование. Силикагель заполняет мельчайшие поры на

поверхности панели и поглощает влагу из воздуха, образуется тончайшая пленка воды, благодаря которой грязь, попавшая на поверхность японского сайдинга, не оседает на ней, а смывается дождем.

В России разработаны алюминиевые композитные панели, покрытые PVDF (полимерное покрытие, стойкое к любым немеханическим воздействиям окружающей среды, которое гарантирует долговечную сохранность стеновой облицовки с эффектом самоочистки). При покраске панелей используются лакокрасочные материалы. Нано-PVDF-покрытие обладает не только повышенной стойкостью к внешним воздействиям, но и способностью к самоочищению, что особенно важно на фасадах городских зданий, подвергающихся постоянному воздействию загрязненной атмосферы.

Таким образом, использование нанотехнологий в производстве вентилируемых фасадов является перспективным направлением развития строительной отрасли. Оно позволяет создать более эффективные, долговечные и эстетичные фасады, которые будут отвечать современным требованиям безопасности и комфорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шарапов О.Н., Булах Р.В. Сравнительный анализ облицовочных плит систем теплоизоляции навесного вентилируемого фасада и повышение энергоэффективности ограждающей стеновой конструкции // Университетская наука. 2019. № 2 (8). С. 58-63.
2. Аветисян Р.Т., Мирзаханова А.Т., Казарян Р.Р. Анализ элементов технологий устройства навесных вентилируемых фасадов с применением различных облицовочных материалов // В сб.: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования. Сборник докладов Первой Национальной конференции. 2020. С. 291-296.
3. 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.
4. Сулейманова Л.А., Fang Jin., Баклаженко Е.В., Ладик Е.И. Современные материалы и технологии отделки фасадов при реконструкции и реновации жилого фонда // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 11. С. 21-32.
5. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Жилищное строительство в России // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2017. № 4. С. 61-67.
6. Сулейманова Л.А., Малокова М.В. Высолы (выцветы) на поверхности бетонных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 28-31.
7. Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Kara K.A., Malyukova M.V., Suleymanov K.A. Energy-efficient concretes for green construction // Research Journal of Applied Sciences. 2014. T. 9. № 12. С. 1087–1090.

Бахтина К.Р., студент

Научный руководитель: засл. архитектор. РФ, доц.
Чечель И.Н.

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

РОЛЬ ЭЛЕМЕНТОВ УМНОГО ДОМА В ПОВЫШЕНИИ КОМФОРТА И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛЬЦОВ

В настоящее время, в век развивающихся технологий все чаще встречается использование людьми концепции умного дома. Инновационные решения в современном мире становятся все более привычными и даже незаменимыми для большинства людей в повседневной жизни. Такая концепция интеллектуального дома предлагает автоматизацию и интеграцию девайсов для дома, чтобы обеспечить комфорт и безопасность проживающих. Стоит отметить, что адаптация конкретных функций и оснащения определенными возможностями жилища еще не является признаком интеллекта дома. Например, наличие таймеров на стиральной и посудомоечной машинах, освещение с детектором на движение, солнечные и термобатареи, микроконтроллер в доме или термостат, все вышеперечисленные элементы относятся к простейшим автоматам с базовыми настройками и датчиками, что не относит их к концепции интеллекта в здании [1].

Что ж тогда такое умный дом?

Для осуществления идеи интеллекта в дома применяется технология, известная как автоматизация зданий (Building Management System, BMS). Такая система BMS позволяет снизить уровень потребления энергии, обеспечить новый уровень качества жизни и повысить мобильность [2].

Эти системы автоматизации подразделяются по двум типам: закрытые и открытые. О конструкциях первого типа мало, что известно, так как у каждого производителя свои секреты по внедрению и установлению их в доме. Вторые ж являются более распространенными, позволяют пользоваться специальными модулями управления, что предоставляет сделать доступный выбор по бюджету (рис. 1).

Сейчас для использования интеллектуального беспроводного дома используют один из данных носителей по требованиям заказчика:

1. Специальные установки электропитания, позволяющие установить автоматизацию здания без использования дополнительных носителей передачи информации. Недостатком является реагирование на изменения электромагнитного поля в атмосфере, что ведет к перебоям и помехам.

2. Дополнение системы проводными шинами. Такой обмен данными оснащает умный дом высоким уровнем соединений, но также требует установку дополняющих кабелей, что ведет к новым затратам на монтаж и работ, необходимых для модификации сети (рис. 2).



Рис.1. Оснащение дома BMS вторым типом автоматизации



Рис. 2. Система умного дома с использованием проводных шин

3. Беспроводная связь. Самый популярный вид системы, так как не требует проводки. Благодаря такой системе все устройства можно настроить под собственные предпочтения с помощью компьютера [3].

Соответственно, роль элементов умного дома заключается в том, что они позволяют автоматизировать и усовершенствовать определенный ряд задач, для которого ранее требовалось ручное управление. Главными функциями умного дома являются: обнаружение проблемы и неминуемое, автономное решение проблемы.

Система BMS в индивидуальном жилье существенно влияет на ощущение нового уровня комфорта в повседневной жизни. Комфорт обуславливается тем, что систему можно настроить на автоматическое подстраивание рабочих параметров устройств под индивидуальные потребности каждого из проживающих и под различные конкретные обстоятельства. Например, достаточно популярная взаимосвязанная опция, такая как утреннее пробуждение. Включается сигнал утреннего

пробуждения, запуская управление открытия жалюзи или штор и включая вентиляцию в доме, что обеспечивает специальный состав воздуха в комнате [4].

Более сложная интеллектуальная система предоставляет больший спектр возможностей и позволяет создавать более сложные комбинации установок:

- управление освещением дает возможность настраивать автоматическое включение и выключение света при входе в комнату с помощью датчиков движения. Кроме того, она реализует контроль яркость света и включать/выключать его в определенные часы, заданные пользователем, или при наступлении темноты с помощью датчика интенсивности света;

- управление жалюзи может быть реализована несколькими способами. Во-первых, можно использовать пульт дистанционного управления, чтобы управлять жалюзи из любой точки комнаты. Во-вторых, возможно удаленное управление через веб-приложение, что позволяет контролировать жалюзи из любого места с доступом в Интернет. Также можно настроить время выдержки, чтобы жалюзи автоматически открывались или закрывались в определенное время;

- управление аудио-видео устройствами позволяет программировать различные действия на панели управления. Так можно настроить постепенное увеличение громкости или выбрать определенную песню для воспроизведения;

- регулирование работы кондиционера обеспечивает его работу в зависимости от качества воздуха в помещении. Кондиционер будет автоматически регулировать свою работу, чтобы поддерживать комфортные условия в салоне;

- управление обогревом предоставляет возможность установить КПД (коэффициент полезного действия) центрального отопления, что позволяет регулировать температуру в соответствии с предпочтениями членов семьи и их присутствием дома. Такое управление может быть осуществлено даже через интернет, что позволяет удобно контролировать обогрев даже находясь вдали от дома;

- управление въездными и гаражными воротами предоставляет удобство не только для входа в собственность или гараж без выхода из машины, но и для пропуски других людей в дом, не выходя из него [5].

Приоритетным фактором выбора системы умного дома является обеспечение безопасности для себя, других членов семьи и имущества. Владелец дома должен предусмотреть все неожиданные ситуации, что весьма сложно, ведь не всегда достаточно лишь одной сигнализации, поэтому часто систему безопасности расширяют и усиливают специальными устройствами BMS. Такими как, детекторы движения, угарного газа и дыма, датчики наводнений, а также контактные датчики на окнах и дверях. Возможности системы также включают видеонаблюдение и другие полезные функции. Кроме того, имеются возможности

программирования, которые позволяют настроить систему с учетом индивидуальных потребностей. Любое нарушение будет отражаться на смартфоне у обладателя, интеллектуальный дом отправляет фото, видео и всю необходимую информацию, что позволяет своевременно реагировать на ситуацию и принять необходимые меры (рис. 3).



Рис. 3. Основные элементы управления безопасности в умном доме

Такая система обеспечивает не только комфорт и безопасность, но и экономичность. Для большинства людей представляется особенно важным вопрос материальной выгоды. Конечно, установка подобных устройств повышает стоимость здания, делая его более современным и роскошным, однако BMS способна обеспечить значительными экономическими преимуществами. Она позволяет сэкономить энергию, необходимую для работы различных бытовых устройств, а также ресурсы, используемые для отопления и водоснабжения здания. Например, система позволяет автоматически выключать освещение после того, как оно перестает быть нужным, или уменьшать мощность печи, работающей на углекислом газе. Кроме того, система позволяет сэкономить воду, если на газоне установлен датчик влажности, система не будет запускать разбрызгиватели, если влажность достаточно высока. Также жалюзи влияют на расходы на отопление. Закрывая их зимой, можно предотвратить потерю тепла в здании, а летом, при ярком солнечном свете, снизить интенсивность работы кондиционера [6].

Таким образом, умный дом должен обладать гибким функционалом, который может быть адаптирован под потребности каждого жильца.

Использование всех возможностей в каждом жилище является неэффективным, поэтому возможности должны быть доступными в виде стандартных модулей. Эти модули должны легко интегрироваться в систему, как элементы конструктора LEGO, обеспечивая программную и аппаратную совместимость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. М.Э. Сопер. Практические советы и решения по созданию «Умного дома» / Сопер М. Э. - М.: ИТ Пресс, 2007. - 432 с.
2. А. Бороздухин, О. Долинина, В. Печенкин. Компьютерные технологии и их применение. Том 7, номер 4, апрель 2016 (сер. Номер 45), стр.209-215.
3. Система «умный дом» – концепция умного дома – [Электронный Ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://energorus.com/sistema-umnyj-dom-konserciya-umnogo-doma/> (дата обращения 14.05.2014).
4. Бороздухин А., Долинина О., Печенкин В. Метод динамического расчета маршрута в проекте "Умный город". Том 6, номер 4. 2016. С. 184-198.
5. Бороздухин А., Долинина О., Печенкин В. Подход к сбору мусора в проекте «Умный чистый город» / 4-й международный коллоквиум IEEE по информатике и технологиям (CiSt), 2016 / Марокко. С. 918-922.
6. Тесля Е.В. «Умный дом» своими руками. Строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире//СПб.: Питер. - 2011. - 307 с.

Булгаков И.А., студент

**Научный руководитель: ассистент
Булгакова И.Н.**

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

СПОСОБЫ УСТРОЙСТВА СТЯЖКИ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Стяжка полов является важным этапом в процессе ремонта и отделки жилых помещений. Она не только обеспечивает ровную и прочную поверхность для укладки напольных покрытий, но и играет ключевую роль в создании комфортного и эстетически привлекательного интерьера. В последние годы наблюдается рост интереса к различным методам устройства стяжки, что связано с изменением требований к качеству и долговечности полов, а также с развитием новых технологий и материалов. В условиях современного строительства и ремонта, где акцент делается на эффективность, экономию и экологичность, выбор подходящего метода стяжки становится особенно актуальным.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью глубокого понимания различных способов устройства стяжки, их преимуществ и недостатков, а также влияния на конечный результат. В условиях разнообразия предложений на рынке строительных материалов и технологий, потребители сталкиваются с проблемой выбора наиболее подходящего метода стяжки, который бы соответствовал их требованиям по качеству, стоимости и срокам выполнения работ. Важно отметить, что неправильный выбор метода стяжки может привести к серьезным проблемам в эксплуатации полов, таким как трещины, неровности и другие дефекты, что в свою очередь может потребовать дополнительных затрат на ремонт и восстановление.

В данной работе будут рассмотрены основные методы устройства стяжки полов в жилых помещениях, с акцентом на два наиболее популярных подхода: мокрую и полусухую стяжку. Будет подробно освещены: особенности, преимущества и недостатки, данных способов.

Мокрая стяжка представляет собой популярный метод выравнивания пола, который часто используется в жилых помещениях. Главным изображением мокрой стяжки является цементно-песчаная смесь, выступающая в роли основного материала. Основным преимуществом этого метода является его высокая прочность и долговечность, что делает его идеальным для помещений с повышенной нагрузкой. Такие варианты укладки обеспечивают не только ровную поверхность, но и отлично подходят для последующей укладки различных покрытий, включая плитку, паркет или линолеум [1].

Одной из важнейших характеристик мокрой стяжки является ее пластичность в процессе применения. Сначала смесь легко поддается обработке: можно формировать необходимую толщину и уровень, что позволяет максимально адаптироваться под архитектурные особенности конкретного помещения. Этот метод не требует особых навыков, что дает возможность самостоятельного выполнения работ при наличии минимального набора инструментов. Однако важно тщательно следовать технологиям укладки и учитывать время высыхания, чтобы избежать трещин и других дефектов.

Еще одним немаловажным аспектом является возможность отличной звуко- и теплоизоляции, которую обеспечивает мокрая стяжка. Это особенно важно в жилых помещениях, где жители стремятся к комфорту. Правильный выбор добавок в состав совокупности может значительно улучшить эти свойства, а современные технологии предлагают различные варианты для достижения лучших результатов. Например, использование специальных добавок для ускорения схватывания или сушки может значительно сократить время проведения работ.

При выполнении мокрой стяжки аккуратное распределение смеси по поверхности пола является критически важным. Это часто подразумевает установку маяков, позволяющих выставить ровный уровень стяжки, что снижает риск возникновения неровностей по всей площади. На практике,

установка маяков может быть выполнена с использованием специальных профилей или самодельных конструкций, что демонстрирует универсальность данной технологии. Важно помнить, что качественное выравнивание в значительной степени влияет на дальнейшую укладку финишного покрытия, что сказывается и на длительности его службы [2].

Полусухая стяжка представляет собой технологию, которая находит все большую популярность среди специалистов в области строительства и ремонта. Этот метод включает в себя использование специальной смеси, в состав которой входят цемент, песок и минимальное количество воды. Зачастую его применяют при устройстве полов в жилых и коммерческих помещениях, так как он способен обеспечить значительные преимущества как в плане качества, так и в экономии.

При рассмотрении технологии полусухой стяжки следует обратить внимание на ее высокую прочность и устойчивость к механическим повреждениям. Такие свойства достигаются благодаря особому соотношению компонентов смеси, что позволяет сформировать прочное основание. Отличной характеристикой полусухой стяжки является ее скорость схватывания. Подобные показатели не только ускоряют весь процесс укладки, но и позволяют быстро приступать к последующим этапам работ, что для застройщиков зачастую критично [3].

Экономия, как аспект применения полусухой стяжки, проявляется не только в стоимости материалов, но и в трудозатратах. Использование такого метода требует меньшего количества воды, что существенно экономит ресурсы. Кроме того, нет необходимости в сложных водяных системах, поскольку стяжка уходит в уже существующие конструкции, минимизируя дополнительные расходы на временные конструкции. Это делает полусухую стяжку привлекательной не только с точки зрения качества, но и с финансовой.

Полусухая стяжка удобно укладывается и позволяет добиться хороших финишных результатов. За счет ее плотной структуры обеспечивается высокая степень шумоизоляции и сохранение тепла, что особенно актуально для жилых помещений. Подобные характеристики создают комфортные условия для проживания, а также снижают затраты на отопление, что является важным аспектом для бюджета владельцев [4].

Наряду с экономическими аспектами, следует отметить и технические. Процесс выполнения полусухой стяжки основан на использовании специализированных машин, что позволяет производить укладку качественно и быстро. Обычно выполняется данная работа с применением специального оборудования, что исключает человеческий фактор и минимизирует возможность ошибок. Равномерное распределение материала, осуществляемое механизированным способом, гарантирует идеальную ровность поверхности, что в дальнейшем упрощает укладку финишных покрытий.

При выборе полусухой стяжки важно учитывать и такие аспекты, как микроклимат помещения. Стяжка быстро высыхает, что позволяет

избежать образования грибка и плесени. Это особенно важно для домов, где имеется высокая влажность. Полусухая стяжка, сохраняя воздухопроницаемость, позволяет материалу «дышать», поддерживая оптимальный уровень влажности [5].

В заключение данной работы можно подвести итоги, касающиеся способов устройства стяжки полов в жилых помещениях, а также рассмотреть важные аспекты, которые помогут читателю сделать осознанный выбор при проведении ремонтных работ. В процессе исследования были рассмотрены два основных метода стяжки: мокрая и полусухая, каждый из которых имеет свои уникальные особенности, преимущества и недостатки.

Мокрая стяжка, как один из наиболее традиционных методов, характеризуется использованием цементно-песчаной смеси, которая обеспечивает высокую прочность и долговечность. Этот метод, несмотря на свою трудоемкость и длительное время высыхания, позволяет добиться идеальной ровности поверхности, что особенно важно для последующей укладки напольных покрытий. Важно отметить, что мокрая стяжка требует тщательной подготовки основания и соблюдения всех технологических процессов, что в конечном итоге влияет на качество и долговечность укладки.

С другой стороны, полусухая стяжка представляет собой более современный подход, который сочетает в себе эффективность и экономию. Использование специальной смеси с низким содержанием воды позволяет значительно сократить время высыхания и ускорить процесс укладки. Полусухая стяжка также обладает хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами, что делает ее привлекательной для использования в жилых помещениях. Однако, несмотря на свои преимущества, этот метод требует особого внимания к выбору материалов и технологии выполнения работ, чтобы избежать возможных проблем в будущем [6].

Таким образом, подводя итог, можно сказать, что выбор способа устройства стяжки полов в жилых помещениях – это комплексный процесс, который требует внимательного подхода и учета множества факторов. Независимо от того, какой метод будет выбран, важно следовать всем рекомендациям и технологиям, чтобы обеспечить высокое качество и долговечность укладок. Это не только повысит комфорт проживания, но и позволит избежать дополнительных затрат на ремонт в будущем. Надеемся, что данная работа поможет читателям лучше понять процесс устройства стяжки и сделать правильный выбор при ремонте своих жилых помещений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ермакова Ю.И. Устойчивость стяжек полов: проблемы и решения // *Строение и пространство*, 2020 № 8 с. 36–40.
2. Зайцева Л.В. Этапы и технологии устройства сухих стяжек //

Строительные материалы, 2018 № 6 с. 48–54.

3. Иванов А.П. Технологии устройства стяжек для полов // Строительные технологии, 2018 № 4 с. 23–28.

4. Смирнов И.В. Особенности устройства стяжки в жилых помещениях // Жилищное строительство, 2020 № 7 с. 45–52.

5. Лаврентьев Д.А. Технология укладки стяжки с учетом климатических условий // Научные труды, 2022 Т. 15 № 1. с. 18–25.

6. Тарасенко В.Н., Соловьева Л.Н. Проблемы звукоизоляции в жилищном строительстве // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2013. № 4 С. 48-51.

Ван Сяонин, магистрант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Аддитивное производство представляет собой технологию создания объектов путем последовательного нанесения материала слой за слоем. Эта технология имеет огромный потенциал для применения в строительной отрасли, поскольку она может существенно ускорить процесс строительства, снизить затраты на материалы и рабочую силу, а также повысить качество и точность строительных работ.

Аддитивное производство (АМ) было определено Американским обществом по испытаниям и материалам (ASTM) как «процесс соединения материалов для создания объектов из данных 3D-модели, обычно слой за слоем». Несмотря на то, что материалы и способы различаются, основной процесс делит модель CAD на слои и конструирует их как прототипы или конечные продукты. Первоначально технология была ограничена созданием прототипов для поддержки деятельности по проектированию новых продуктов [1-3]. В настоящее время все методы аддитивного производства были успешно приняты для производства функциональных конечных продуктов. Среди этих методов – стереолитография, струйная наплавка связующего, струйная наплавка материалов, сплавление порошкового слоя, экструзия материалов, ламинирование листов и направленное энергетическое осаждение. Эти методы позволяют создавать твердые объекты слоями, используя различные материалы и методы их соединения вместе. Подробное описание методов представлены в стандартах ASTM F2792 [4].

В строительной отрасли постоянный рост аддитивного производства привел к широкому спектру его применения. Аддитивное производство – это процесс, при котором трехмерные детали изготавливаются слой за слоем на основе моделей автоматизированного проектирования (САПР). Аддитивное производство получило широкое распространение в аэрокосмической и медицинской промышленности, и ее использование в настоящее время считается революционным. За последние несколько лет использование технологии аддитивного производства расширилось и в настоящее время приводит к прорывам в строительной отрасли.

Contour Crafting (CC) – это технология послойного изготовления, представленная Хошневисом в 1986 г. В работе [5] Хошневис описал Contour Crafting как процесс, который использует компьютер для использования способности формования поверхности лезвийным шпателем для создания гладких и точных поверхностей со сложными элементами. Отличительной чертой Contour Crafting является его способность изготавливать крупномасштабные объекты. Процесс основан на объединении системы экструзии с процессом заполнения для создания бетонных объектов, как показано на рис. 1. Когда материал выдавливается через экструзионное сопло, верхний и боковой шпатели работают с материалом, чтобы создать гладкий внешний край обода. Процесс заполнения состоит из заливки материала для заполнения области, образованной экструзионным соплом.

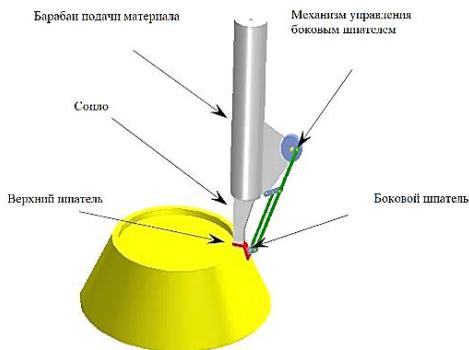


Рис. 1. Схема процесса создания контура

В 2014 г. китайская инженерно-проектная компания WinSun добилась успеха в строительстве бетонных домов, показанных на рис. 2, с использованием технологии Contour Crafting. В ходе этого проекта в Шанхае за один день было построено 10 бетонных домов. Площадь каждого дома составляла 195 м². Строительство велось с использованием четырех принтеров. Каждый принтер имеет ширину около 10 метров и высоту 6,7 м. Основные компоненты каждого дома были изготовлены за пределами строительной площадки, а затем собраны на месте.



Рис. 2. Бетонные дома от WinSun

В 2015 г. эта же компания построила самую высокую 3D-печатную конструкцию. Этот проект заключался в строительстве пятиэтажного жилого дома (рис. 3). Общая площадь этого проекта составила около 1100 м². По данным WinSun, использование этой технологии сократило время строительства на 50-70 %, стоимость рабочей силы на 50-80 % и стоимость материалов на 30-60 % [6].



Рис. 3. Жилой дом, возведенный компанией WinSun



Рис. 4. Двухэтажная вилла компании Huashang Tengda

В 2016 г. другая китайская компания Huashang Tengda построила двухэтажную виллу (рис. 4), используя похожую технологию печати, за 45 дней. Общая площадь этого проекта составила 400 м². Проект начался после того, как были установлены все водопроводные трубы и стальная арматура. Стены виллы выполнены из 20 т бетона марки С30 толщиной 250 мм, что делает конструкцию исключительно прочной. По оценкам сейсмологов, эта вилла может выдержать землетрясение силой 8,0 баллов [7].

Российская станкостроительная компания «СПЕЦАВИА» в 2015 г. впервые запустила серийное производство строительных 3D-принтеров. На данный момент производится целый ряд порталных принтеров малых и больших форматов для осуществления различных задач. С помощью 3D-принтеров данной компании возводят как малые архитектурные формы и ландшафтные сооружения, так и жилые и общественные здания высотой до 30 этажей.

В 2016 г. исследователи из Университета Федерико II в Италии сконфигурировали 3D-принтер WASP, способный печатать бетонные

балки длиной 3 м с использованием технологии печати СС. С помощью этой системы в Таиланде был построен павильон высотой 3 м, названный Y-Box Pavilion (рис. 6).



Рис. 5. Строительные 3D-принтеры компании «СПЕЦАВИА»



Рис. 6. Павильон Y-Box

В Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова активно развиваются различные направления в области аддитивных технологий. Разрабатываются новые составы строительных смесей для 3D-печати на основе композиционных вяжущих. Также рекомендован бездобавочный портландцемент класса ЦЕМ I 42,5Н, который домалывался в лабораторной мельнице до удельной поверхности $500-550 \text{ м}^2/\text{кг}$ [8-10].

Аддитивное производство действительно обладает рядом преимуществ, которые могут существенно улучшить строительную отрасль. Среди них – ускорение процесса строительства, снижение затрат на материалы и рабочую силу, повышение качества и точности работ. Однако, как и любая другая технология, аддитивное производство имеет свои недостатки, такие как высокая стоимость оборудования, необходимость обучения персонала и ограниченность материалов [11-13].

Перспективы развития аддитивного производства в строительстве выглядят многообещающими. С развитием технологий и снижением стоимости оборудования эта технология может стать более доступной и широко используемой в строительной отрасли. Это может привести к

созданию новых рабочих мест, повышению эффективности строительных работ и улучшению качества жизни людей.

Таким образом, применение аддитивного производства в строительной отрасли представляет собой перспективное направление, которое может принести значительные выгоды. Однако для успешного внедрения этой технологии необходимо решить ряд проблем, связанных с ее стоимостью, обучением персонала и доступностью материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Огнев Н.В. Оценка возведения стен здания с помощью 3D-принтера в сравнении с традиционным строительством из бетонных блоков // Университетская наука. 2017. № 2 (4). С. 13-15.

2. Крушельницкая Е.А., Огнев Н.В., Чжан Цзяньдун, Ди Се, Сулейманова Л.А. Материалы для строительных 3D-принтеров и варианты конструктивного решения зданий // Международный студенческий строительный форум 2018 (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова): сб. докладов, г. Белгород, 2018. С. 255-259.

3. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А. Аддитивные технологии в строительстве / Учеб. пособие: изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. 237 с.

4. ASTM. (2012). F2792. Standard terminology for additive manufacturing technologies. West Conshohocken, PA: ASTM International. URL: www.astm.org

5. Khoshnevis B. Toward total automation of on-site construction: an integrated approach based on contour crafting. Los Angeles: University of Southern California, 2003.

6. Xia M., Nematollahi B., Sanjayan J. Printability, accuracy, and strength of geopolymer made using powder-based 3D printing for construction applications // Automation in Construction. 2019. Vol. 101. Pp. 187–199.

7. Gao H., Li X., and Xu W. (2019). Research on the application of 3D printing technology in building construction. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 569, No. 4, p. 042036). IOP Publishing.

8. Агеева М.С., Матюхина А.А., Никулина А.С. Аддитивные технологии- эпоха инноваций в строительстве//«Наука и инновации в строительстве» (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов Международной научно-практической конференции. Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017. С. 57-61.

9. Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Шапиро А.Э. Геоника. Геомиметика и аддитивные технологии // Научно-технологические инновации: эл. сб. докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 121-124.

10. Елистраткин М.Ю., Когут Е.В., Вырмаскин А.В., Белашова А.Н., Джамиль А.Н., Аль-Бу-Али У.С.Д. Разработка методики оценки пригодности смесей для строительной печати//Теоретические основы создания эффективных композитов: сб. материалов Российской онлайн-конференции, посвященной Дню науки. 2018. С. 98-104.

11. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В. Сущность аддитивных технологий в строительстве // Университетская наука. 2018. № 2 (6). С. 70-74.

12. Сулейманова Л.А., Темурзиева Р.Н., Рябчевский И.С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий // В сб.: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 121-127.

13. Сулейманова Л.А., Атапина Н.А. Особенности применения 3D-печати в строительстве // В сб.: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. С. 48-53.

Владькин А.Ю., магистрант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ТОРКРЕТИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В результате агрессивного воздействия окружающей среды, а также механических повреждений, возникает необходимость в восстановлении защитного слоя поврежденных длительно эксплуатируемых железобетонных конструкций.

Торкретирование является одной из основных технологий, применяемых при восстановлении защитного слоя. Суть торкретирования заключается в нагнетании бетонной смеси по шлангу в сопло под действием высокого давления, при этом в качестве среды используется сжатый воздух. Существует сухой и мокрый способ торкретирования. Основное различие между этими способами заключается в том, что при мокром способе бетонная смесь приготавливается заранее и транспортируется по одному соплу, в то время как при сухом способе используются два шланга. По одному из шлангов подается сухая смесь, а по-другому вода. Компоненты под давлением поступают в распылитель, а их замешивание происходит непосредственно перед выбросом бетонной смеси. Под действием давления частицы бетона вылетают со скоростью около 90 м/с, что позволяет добиться высокой адгезии, уменьшенной пористости и увеличенной прочности бетона, а также высокой стойкости к агрессивной окружающей среде [1-4].

Объединение метода торкретирования и строительных аддитивных технологий позволит роботизировать процесс восстановления защитного слоя поврежденных железобетонных конструкций.

3D-торкретирование начинается с создания цифровой модели поврежденной конструкции. Роботизированная установка для торкретирования должна быть оснащена двумя катушками для изучения поверхности восстанавливаемой конструкции. Определение защитного слоя бетона основано на принципе электромагнитной индукции (рис.1). При попадании арматуры в зону действия магнитного поля катушек на арматурных стержнях образуются вихревые токи, индуцирующие магнитное поле в противоположном направлении. На основе разницы магнитных полей прибор определяет расположение арматуры в бетоне [5].

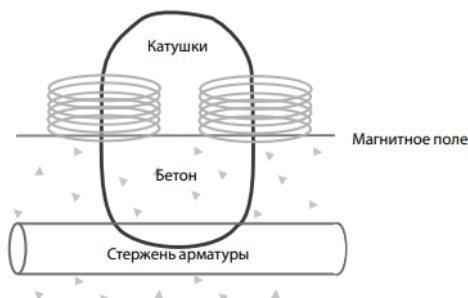


Рис. 1. Принцип электромагнитной индукции при определении расположения арматурных стержней в бетоне

На основе измерений создается цифровая модель, затем происходит ее разбитие на слои. Каждый слой будет соответствовать одному проходу установки 3D-торкретирования.

Следующим этапом является монтаж специализированного оборудования. Для надземных конструкций, таких как мосты, в качестве базы целесообразно использование порталных строительных принтеров, размещаемых на направляющих. Для ремонта наземных и подземных конструкций в стесненных условиях допускается использование колесных установок манипуляторного типа, подобных системе торкретирования GSC-2515 (рис. 2) [6-8].



Рис. 2. Система торкретирования GSC-2515

Особое внимание необходимо уделить подготовке поверхности поврежденной железобетонной конструкции, она должна быть жесткой и выдерживать механическое воздействие струи [9].

Поверхность нанесения можно обработать несколькими способами: механизированным, струйно-эрозионным, гидродинамическим или, в исключительных случаях, огневым способом. В случае 3D-торкретирования целесообразно и наиболее просто использовать струйно-эрозионный способ. При такой очистке поверхности применяется абразивный материал и сжатый воздух. В качестве абразива можно использовать кварцевый песок, чугунную дробь, мелкорубленную стальную проволоку. Под действием давления зерна абразива вылетают из сопла, ударяясь о поверхность конструкции, при этом откалывая небольшие куски бетона, обеспечивая шероховатую поверхность. При использовании дроби в качестве абразива, можно оснастить установку 3D-торкретирования вакуумной системой отсоса абразива. Так отработанная дробь будет оставаться в системе и сможет повторно использоваться для струйно-эрозионной обработки [9, 10].

На основе созданной цифровой модели производится послойное нанесение торкрет-смеси. Толщина слоя не должна превышать 3см.

Для получения торкретбетона должны использоваться следующие основные компоненты: вяжущие, заполнители, добавки, вода. При обосновании в состав торкрет-бетонной смеси могут быть введены также армирующие компоненты - фибры и для создания декоративной поверхности - пигменты. В качестве вяжущего для торкрет-бетона могут быть использованы портландцемент, шлакопортландцемент, сульфатостойкий портландцемент, белый портландцемент. В качестве заполнителей в торкрет-бетоне могут быть использованы песок, щебень, гравий, легкие заполнители.

Добавление фибры в смесь позволит получить более прочную и стойкую к агрессивной окружающей среде поверхность бетона. Сухие смеси должны производиться в заводских условиях. При добавлении фибры необходимо предотвращать образование комков из-за сцепления фибр, для этого уменьшают длину волокон [10].

Интервал между наносимыми слоями торкретбетона должен составлять не менее 40 мин с ускорителями схватывания и не менее 4 ч без использования ускорителей.

На период схватывания бетон должен быть защищен от замораживания, высыхания, механических и химических воздействий в течение 6 ч с применением ускорителей схватывания и в течение 3 сут без применения таких добавок.

Объединение метода торкретирования и аддитивных технологий в рамках восстановления защитного слоя поврежденных железобетонных конструкций позволяет получить прочную и износостойкую поверхность бетона, при этом сам процесс становится быстрее и качественнее. Автоматизированные системы позволяют точно выявлять поврежденные места, а также контролировать количество используемых материалов, снижая вероятность перерасхода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гомкцяц, Г. К. Торкрет-бетон в современном строительстве / Г. К. Гомкцяц // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 2-2(70). – С. 75-77. – EDN GGDDVN.
2. Быков, А. В. Современные технологии крепления выработок набрызгбетоном / А. В. Быков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 2. – С. 48-52. – EDN IFAAPL.
3. Саусь, А. А. Торкретирование бетона в современном строительстве. Разновидности, преимущества, сфера применения / А. А. Саусь, В. В. Панченко, В. В. Оплачко // Достижения науки и образования. – 2019. – № 2(43). – С. 36-37. – EDN YXXFBZ.
4. Нахаев М. Р. Аддитивная технология изготовления изделий и сооружений из армобетона // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/additivnaya-tehnologiya-izgotovleniya-izdeliy-i-sooruzheniy-iz-armobetona> (дата обращения: 26.11.2024).
5. Глазков, Р. А. Анализ методов неразрушающего контроля качества бетонных изделий / Р. А. Глазков, А. И. Коломыцева, А. В. Череватова // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации : Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции, Омск, 23–24 ноября 2023 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2023. – С. 520-526. – EDN EPGCTQ.
6. Сулейманова, Л. А. Сущность аддитивных технологий в строительстве / Л. А. Сулейманова, И. А. Погорелова, М. В. Марушко // Университетская наука. – 2018. – № 2(6). – С. 70-74. – EDN YWCZZZ.
7. Применение мобильного торкрет-аппарата для ремонта строительных конструкций / В. Я. Соловьева, Ю. А. Филонов, А. Н. Коньков [и др.] // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2023. – № 11(1071). – С. 36-39. – EDN KAWPEB.
8. Горяйнова, Д. О. Мобильный узел для производства торкрет-бетона / Д. О. Горяйнова // Дни студенческой науки : сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2023. – С. 224-226. – EDN TKKESY.
9. Евсеев, Б. А. Подготовка поверхности в технологии торкретирования фибробетона / Б. А. Евсеев, Г. А. Пикус, И. С. Казанцева // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2010. – № 2. – С. 76-79. – EDN MTEXNX.
10. Букенова, Г. Ж. Технология приготовления и нанесения на обрабатываемую поверхность торкрет-фибробетона / Г. Ж. Букенова // Вестник науки. – 2024. – Т. 1, № 11(80). – С. 957-968. – EDN TNXOLO.

Губин Д.В., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Фролов Н.В.

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

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ КАК МЕТОД ЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ

Гидроизоляция является одним из важных аспектов при строительстве и эксплуатации подземных сооружений, таких как туннели, подземные парковки, склады и т.д. (рис. 1). Она направлена на предотвращение проникновения воды в конструкции, что может негативно сказаться на их состоянии и надежности.

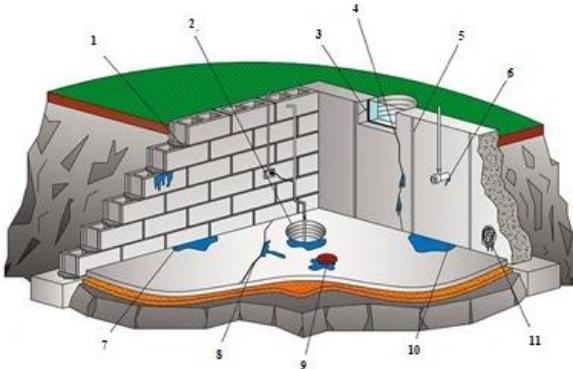


Рис. 1. Зоны проникновения влаги в подземных сооружениях: 1 – кладочный шов; 2 – колодец для насоса; 3 – оконный проем; 4 – трещина стены подвала; 5 – рабочий шов бетонирования; 6 – место ввода коммуникаций; 7 – стык конструкций; 8 – трещина пола; 9 – водоотводная воронка; 10 – стык конструкций; 11 – дефекты бетона

Классификация гидроизоляции подземных железобетонных сооружений определяется по нескольким основным критериям: расположению изоляции, типу используемых материалов и методам их нанесения [3]. Рассмотрим эти виды классификаций более подробно.

1. По расположению гидроизоляции:

– наружная гидроизоляция – наносится на внешние поверхности подземных конструкций, защищая их от проникновения грунтовых вод и влаги. Это основной способ, предотвращающий попадание воды внутрь ЖБ сооружений.

– внутренняя гидроизоляция – применяется на внутренних поверхностях подземных конструкций. Используется в случаях, когда

наружная гидроизоляция не была выполнена или требует ремонта. Позволяет защитить внутренние помещения от проникновения воды через трещины и поры в бетоне.

2. По типу материалов:

– рулонные и мембранные материалы – включают различные рулонные материалы, такие как битумные, полимерные мембраны или ПВХ. Они могут быть приклеены или наплавлены на поверхность, создавая водонепроницаемую оболочку.

– мастичные и жидкие материалы – наносимые мастики и покрытия на основе битума, полимеров или полиуретана образуют бесшовные гидроизоляционные слои. Подходят для создания защитного слоя сложных по форме поверхностей.

– проникающие составы – химически активные материалы, которые проникают в структуру бетона и кристаллизуются в его порах, создавая водонепроницаемую структуру. Примеры – пенетрон или другие проникающие смеси.

– инъекционные материалы – включают полимерные, акрилатные и цементные растворы, которые вводятся через отверстия в бетонной конструкции для заполнения трещин и пустот, герметизируя их.

3. По способу применения:

– пропиточная гидроизоляция – повышает водонепроницаемость бетона путем заполнения пор водоустойчивым веществом. Преимущество таких изделий в морозоустойчивости, повышенной прочности и стойкости к агрессивным водам. В качестве пропиточных материалов используются термопластичные материалы и полимеры в расплавленном виде (битум, каменноугольный пек, полиэтилен).

– окрасочная гидроизоляция – распространенный и дешевый способ защиты от коррозии и влажности поверхности бетонных сооружений. В качестве окрасок применяются нефтяные битумы, этинолево–битумные шали и полимербитумные мастики, наносимые механическим путем в горячем виде или в виде холодных эмульсий и растворов [2].

– штукатурная гидроизоляция – представляет собой водонепроницаемое покрытие толщиной от 5 до 50 мм, наносимое в несколько слоев или наметов штукатурным способом. Цементная штукатурная гидроизоляция представляет собой покрытие из цементно-песчаного раствора состава от 1:1 до 1:2, наносимого методом торкретирования или другим способом на увлажненную поверхность.

– оклеечная гидроизоляция – представляет собой водонепроницаемое покрытие из нескольких слоев рулонных материалов. В качестве наиболее привычного оклеечного рулонного материала для гидроизоляции подземных конструкций применяется рубероид на гнилоустойкой основе (стеклоткань, асбокартон) с толстым слоем битума с обеих сторон.

Для повышения срока эксплуатации необходимо также регулярно проводить мониторинг уровня грунтовых вод и состояния дренажной системы [4].

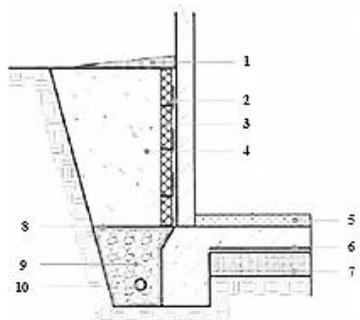


Рис. 2. Схема гидроизоляции подземного сооружения с использованием всех видов гидроизоляции: 1 – отмостка; 2 – вертикальная гидроизоляция; 3- дренажная плита; 4 – грунт обратной засыпки; 5 – пол сооружения; 6 – горизонтальная изоляция; 7 – бетонная подготовка; 8 – геотекстильное фильтрующее полотно; 9 – песчано-гравийная обсыпка; 10 – дренажная труба

Однако, со временем гидроизоляция может подвергаться различным воздействиям, что приводит к ее нарушению [6]. Существует несколько основных причин, которые могут способствовать этому процессу:

1. Механическое воздействие - подземные сооружения подвержены постоянным нагрузкам и деформациям. Это может вызвать разрывы и повреждения гидроизоляционных слоев.

2. Ультрафиолетовое излучение - если гидроизоляция расположена вне сооружения, она подвержена воздействию ультрафиолетовых лучей. Они способны разрушать материалы, в результате чего гидроизоляция становится менее эффективной со временем.

3. Подземные воды - гидроизоляция должна предотвращать проникновение воды в конструкции, но высокий уровень подземных вод или неправильное выполнение гидроизоляционных работ могут вызвать проникновение воды и нарушить ее функциональность.

Нарушение гидроизоляции может вызвать серьезные проблемы с конструкцией и эксплуатацией сооружения. Основные последствия:

1. Коррозия арматуры: Влага проникает в бетон, вызывая коррозию арматуры, что приводит к растрескиванию бетона и снижению несущей способности [1].

2. Снижение долговечности: Вода вымывает цемент, ослабляя бетон, что может потребовать капитального ремонта или замены.

3. Повышенная влажность и плесень: Влага способствует росту плесени, ухудшая микроклимат и ускоряя износ отделки и оборудования.

4. Рост затрат: Нарушения требуют частого ремонта, что увеличивает эксплуатационные расходы и может привести к временной остановке эксплуатации.

Гидроизоляция является важнейшим методом защиты железобетонных конструкций подземных сооружений от воздействия агрессивной среды [5]. Она предотвращает проникновение влаги и химически активных веществ, что сохраняет прочность, долговечность и эксплуатационные характеристики сооружений, снижая риски повреждений и затрат на ремонт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Румянцева В.Е. Строительство и реконструкция. Ингибирование коррозии железобетонных конструкций / Румянцева В.Е., Коновалова В.С., Виталова Н.М. - №4, 2014.
2. Зайцев А.А.: Современные технологии защиты в строительстве. Теория и практика. Вторичная защита бетона от коррозии / Зайцев А.А., Максимовских А.В., Калошина С.В. - №1, 2016.
3. Пономарев А.Б., Винников Ю.Л. Подземное строительство. – ПНИПУ, 2014.
4. Чунюк Д.Ю. Гидроизоляция и защита подземных и геотехнических объектов от подземных вод / Чунюк Д.Ю., Абелев М.Ю. – НИУ МГСУ, 2023.
5. Сивоконь Ю.В., Касимов В.Р. Конспект лекций по строительным конструкциям (железобетонные конструкции). – НГАСУ, 2019.
6. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Закономерности сопротивления бетона различным разрушающим факторам // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. №5. Ч.1. С. 254-262.

Гусаров К.О., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Кочерженко В.В.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ОПАЛУБОЧНЫХ СИСТЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЯДЕР ЖЕСТКОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСНО-МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ И ПРИНЦИПЫ ИХ РАБОТЫ

В последние десятилетия жилищное строительство переживает значительные изменения, ставя перед архитекторами и инженерами новые задачи, связанные с эффективностью и безопасностью возведения зданий. Одной из ключевых конструктивных элементов многоэтажных каркасно-монолитных зданий является ядро жесткости, которое обеспечивает устойчивость и противостоит различным нагрузкам, включая ветровые и сейсмические. Качество и скорость возведения этого элемента напрямую зависят от применения современных методов опалубки [5].

Методы опалубки, используемые в строительстве, постоянно эволюционируют, учитывая потребности времени и технологии. На сегодняшний день наиболее распространенными являются скользящая, самоподъемная, подъемно-переставная и блочная опалубки. Каждая из этих систем имеет свои уникальные особенности и преимущества, которые позволяют оптимизировать процессы монтажа и демонтажа, повысить качество бетонирования и сократить сроки строительства [3].

Скользящая опалубка позволяет создавать монолитные конструкции с минимальными стыками, что увеличивает прочность ядра жесткости. Самоподъемные элементы обеспечивают высокую подвижность и эффективность за счет автоматизации процессов. Подъемно-переставная опалубка предоставляет гибкость в адаптации под требования проектирования, а блочная система ускоряет процесс возведения благодаря простоте монтажа и универсальности.

В целом, применение различных методов опалубки при возведении ядра жесткости многоэтажных каркасно-монолитных зданий позволяет оптимизировать строительные процессы, повышать качество и прочность конструкций. Выбор подходящего метода зависит от особенностей проекта, условий работы и требований к скорости выполнения работ. Рассмотрим более подробно разные методы и принципы их работы.

Скользящая опалубка значительно сложнее и дороже стационарной, так как, помимо стенок, в ее конструкцию входят два яруса подмостей (рабочий пол и штукатурные подвесные подмости) и подъемные механизмы. Однако, несмотря на сравнительно высокую первоначальную стоимость, применение скользящей опалубки при возведении железобетонных высотных сооружений дает значительную экономию, поскольку с одним комплектом опалубки высотой 1,1 м можно возводить стены высотой 100 м и более, что для одного сооружения соответствует 90 оборотам и более [1].

Принцип работы скользящей опалубки:

Скользящая опалубка (рис. 1) представляет собой систему, состоящую из панелей, которые перемещаются вверх по мере затвердевания бетона. Основной принцип работы заключается в том, что опалубка устанавливается на нижней части конструкции и постепенно поднимается, позволяя заливать бетон поэтапно. Это создает непрерывный процесс строительства и минимизирует количество необходимых временных остановок [2].

Принцип работы самоподъемной опалубки

Самоподъемная опалубка (СПО) представляет собой систему, предназначенную для вертикального монолитного бетонирования, особенно эффективную при строительстве ядра жесткости многоэтажных каркасно-монолитных зданий. Ядро жесткости, в свою очередь, является основным элементом, обеспечивающим устойчивость всей конструкции, так как оно выполняет функции каркаса и противостоит вертикальным и горизонтальным нагрузкам.

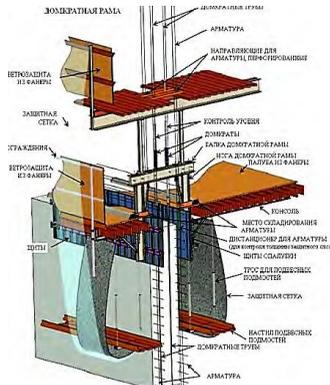


Рис. 1. Элементы и конструкция скользящей опалубки

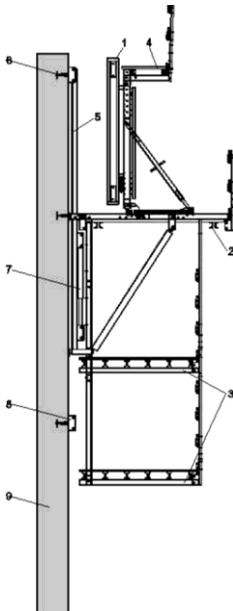


Рис. 2. Схема самоподъемной опалубки: 1 – наружная опалубочная панель; 2 – рабочие подмости; 3 – нижние подмости; 4 – подмости для бетонирования; 5 – направляющие балки; 6 – анкер; 7 – гидравлический домкрат; 8 – навесной башмак с гравитационным механизмом; 9 – монолитная стена

Принцип работы самоподъемной опалубки основан на ее способности подниматься по мере возведения этажей здания. Конструкция СПО включает гидравлические или электрические подъемные механизмы, которые позволяют опалубке подниматься вверх по вертикальным направляющим. Опалубка закрепляется на ядре жесткости здания и поднимается на следующий уровень после завершения бетонирования очередного яруса.

Процесс работы с самоподъемной опалубкой (рис. 2) включает следующие этапы:

1. Установка и закрепление опалубки на начальном уровне: после установки опалубки на уровне первого яруса заливается бетон для ядра жесткости.

2. Демонтаж и подъем: после застывания бетона опалубка освобождается и перемещается на следующий уровень с помощью подъемного механизма.

3. Повторение цикла: процесс продолжается на каждом новом уровне, пока здание не достигнет проектной высоты.

Принцип работы подъемно-переставной опалубки

Подъемно-переставная опалубка (ППО) – это система опалубки, используемая для монолитного строительства высоких сооружений, включая многоквартирные каркасно-монолитные здания с ядром жесткости (рис. 3). Принцип ее работы состоит в том, что опалубочные панели, после завершения бетонирования каждого яруса, поднимаются и перемещаются на новый уровень с помощью специального подъемного механизма или крана. Ядро жесткости в конструкции здания играет ключевую роль, обеспечивая устойчивость к вертикальным и горизонтальным нагрузкам.

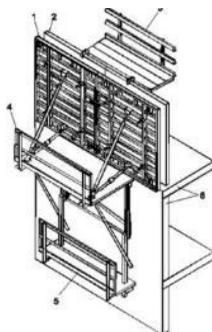


Рис. 3. Схема устройства подъемно-переставной опалубки наружных стен:

- 1 – наружная опалубочная панель; 2 – внутренняя опалубочная панель;
- 3 – навесные подмости; 4 – рабочие подмости; 5 – нижние подмости;
- 6 – монолитные конструкции (может дополнительно устанавливаться верхний – стабилизирующий канат)

Процесс бетонирования с использованием подъемно-переставной опалубки включает следующие этапы:

1. Установка опалубки на первом уровне: на стартовом этапе опалубочные щиты закрепляются на фундаменте или нижнем ярусе ядра жесткости.

2. Заливка бетона и выдержка: бетон заливается в подготовленную форму и выдерживается до набора необходимой прочности, что обычно занимает от одного до нескольких дней.

3. Подъем и перестановка: после затвердевания бетона опалубка освобождается, поднимается краном или с помощью гидравлических подъемников и закрепляется на следующем уровне.

4. Повторение процесса: этапы установки, заливки и перестановки продолжаются до завершения ядра жесткости на проектной высоте.

Принцип работы блочной опалубки

Блочная опалубка – это система опалубочных форм, состоящая из отдельных блоков, которые используются для монолитного строительства, в том числе для возведения ядра жесткости многоквартирных каркасно-монолитных зданий. Ядро жесткости представляет собой центральную несущую часть здания, обеспечивающую его устойчивость и жесткость,

выполняя функции противодействия горизонтальным и вертикальным нагрузкам.

Принцип работы блочной опалубки заключается в создании жесткой каркасной конструкции, которая служит временной формой для заливки бетона. Каждый блок опалубки представляет собой отдельный модуль, который собирается и закрепляется в определенной конфигурации для достижения требуемой геометрии стен ядра. После заливки бетона и его застывания блоки демонтируются и перемещаются на новый ярус или строительный участок.

Этапы работы с блочной опалубкой:

1. Сборка блоков на строительной площадке: блоки собираются в нужной конфигурации и крепятся, создавая форму для заливки бетона.

2. Заливка бетона и выдержка: после завершения сборки в опалубку заливается бетон, который выдерживается до набора прочности.

3. Демонтаж и перестановка: после затвердевания бетона блоки опалубки снимаются и устанавливаются на следующем уровне.

4. Повторение цикла: процесс повторяется на каждом новом ярусе до достижения проектной высоты ядра жесткости.

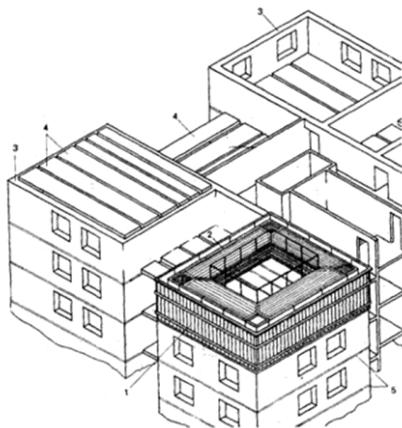


Рис. 4. Возведение здания в крупнощитовой и блочной опалубках:
1 – крупнощитовая опалубка; 2 – блочная опалубка; 3 – монолитная стена;
4 – сборные плиты перекрытия; 5 – горизонтальный технологический шов
наружной стены

Анализируя все вышесказанное можно сделать следующие выводы: выбор оптимального типа опалубки для возведения ядра жесткости многоквартирного дома зависит от архитектурных требований, высоты здания, бюджета и условий на строительной площадке

Разные методы опалубки предлагают разнообразные преимущества, в зависимости от типа проекта, местоположения и бюджета. Использование

автоматизации в отборе и эксплуатации опалубочных систем может значительно снизить трудозатраты и повысить безопасность. [4].

Разработка новых, легких и высокопрочных материалов для опалубки, использование цифровых технологий для улучшения планирования и исполнения работ может революционизировать строительство в будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочерженко В.В. Технология и организация возведения высотных зданий и сооружений из монолитного железобетона: учеб. пособие / В.В. Кочерженко, Л.А. Сулейманова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 224 с.
2. Абрамян С.Г. Современные опалубочные системы: учебное пособие / С. Г. Абрамян, А. М. Ахмедов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т Волгоград: ВолгГАСУ, 2015. - 71с.
3. Атаев С.С. Технология индустриального строительства из монолитного бетона / С.С. Атаев. – М.: Стройиздат, 2016. – 336 с.
4. Анпилов С.М. Опалубочные системы для монолитного строительства. / С.М. Анпилов. - М.: Издательство АСВ, 2015. С. 141–143.
5. Киянец А.В. Современные опалубочные системы: учебное пособие / А.В. Киянец. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 52 с.

Зубкова М.Н., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Кочерженко В.В.**

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

РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УСТРОЙСТВА ГРУНТОВЫХ АНКЕРОВ

Классификация грунтов является важным аспектом и основана на физических, механических и химических свойствах грунтов. Правильная классификация грунтов позволяет эффективно оценивать их характеристики и выбирать подходящие методы строительства [1].

Существует несколько систем классификации грунтов, но наиболее распространенными являются следующие методы:

Классификация по гранулометрическому составу:

Крупные грунты: включают гравий и песок. Они характеризуются хорошей дренируемостью и высокой прочностью.

Мелкие грунты: включают илы и супеси. Эти грунты имеют меньшую проницаемость и большую водоудерживающую способность, что может привести к увеличению риска пучения.

Смешанные грунты: представляют собой комбинации крупных и мелких частиц и могут вести себя по-разному в зависимости от содержания компонентов.

Классификация по физическим свойствам:

Сухие и влажные грунты: наличие влаги существенно влияет на свойства грунта, что необходимо учитывать при проектировании.

Плотные и рыхлые грунты: плотный грунт имеет высокую несущую способность, тогда как рыхлый может быть подвержен осадке и сжатию.

Классификация по механическим свойствам:

Коэффициент трения: определяет, насколько хорошо грунт может удерживать нагрузку и противостоять скольжению.

Модуль деформации: указывает на способность грунта менять свою форму под нагрузкой.

Классификация по химическому составу:

Песчаные, глинистые и вулканические грунты отличаются по своему составу, что влияет на их механические и физические свойства. Глинистые грунты, например, могут иметь высокую пластичность и значительные объемы усадки.

Грунтовые анкеры – это важный элемент в современном строительстве, обеспечивающий устойчивость различных инженерных сооружений [2]. Они используются для укрепления оснований зданий, подпорных стен, склонов и других конструкций. В последние годы произошел значительный прогресс в технологиях устройства грунтовых анкеров, направленный на повышение их надежности, долговечности и эффективности.

Сегодня уже доступно большое разнообразие технологий изготовления грунтовых анкеров, каждая из которых имеет свои характеристики и свою область применения. В целом их классифицируют следующим образом:

- по направлению тяги (вертикальные, горизонтальные, наклонные);
- по способу устройства скважин (бурением с обсадными трубами, с промывкой глинистым раствором, шнеком; с погружением обсадной трубы забивкой или вдавливанием);
- по методу заделки анкера (инъекционные с подачей цементного раствора под низким или высоким давлением в корневую часть или по всей длине, цилиндрические, с уширениями);
- по типу анкерной тяги (из стержневой или канатной (прядевой) арматуры);
- по сроку службы (временные – до 2 лет, постоянные – для всего срока службы усиливаемого здания или сооружения);
- по предварительному натяжению (предварительно напряженные и без предварительного напряжения);
- по типу связи анкерной тяги с цементной заделкой (с замоноличенной или со свободной тягой в зоне заделки).

Наиболее распространенными являются буроинъекционные анкеры. В данной технологии в предварительно пробуренную скважину

закачивается специальный цементный раствор, создающий анкеровку в грунте [3]. Современные разработки в этой области направлены на использование высокопрочных цементных составов с добавлением полимеров, повышающих адгезию к грунту и скорость схватывания. Также применяются методы контроля качества инъектирования, например, с использованием акустических датчиков для мониторинга заполнения скважины.

Грунтовые буроинъекционные анкеры могут устраиваться разными способами, например:

- по разрядно-импульсной технологии, или РИТ: после заполнения скважины мелкозернистой бетонной смесью, установки электродной системы и армокаркаса смесь подвергается воздействию высоковольтных электрических разрядов там, где требуется по расчетам, в результате чего диаметр зацементированной конструкции может быть увеличен в 2–3 раза с уплотнением грунта вокруг ствола или корня анкера, причем при необходимости – с уширением в одной или нескольких требуемых зонах;

- по технологии типа «Атлант»: путем бурения (без обсадных труб, но с промывкой жидким цементным раствором) с помощью полых буровых штанг с гладкой наружной поверхностью, оставляемых в скважине в качестве армирующего элемента анкера, при этом струйная цементация может выполняться при низком или высоком давлении (в последнем случае диаметр конструкции увеличивается);

- по технологии типа «Буран»: путем бурения (без обсадных труб, но с промывкой жидким цементным раствором) с помощью полых винтовых буровых штанг, оставляемых в скважине в качестве армирующего элемента анкера, с последующим инжектированием более густого цементного раствора с забоя (для устройства анкерных свай малого диаметра, например по технологиям TITAN («ТИТАН»), GEWI, GEWI Plus, GEOIZOL-MP).

Еще одной из часто используемых технологий устройства грунтовых анкеров является использование анкеров с расширяющимися элементами.

Основной принцип работы анкера с расширяющимся элементом заключается в создании силы сопротивления путем увеличения объема элемента внутри грунта [4]. Это достигается различными механизмами, в зависимости от типа анкера:

- гидравлическое расширение. В этом случае, расширение происходит за счет закачивания жидкости под давлением в полость анкера. Давление жидкости приводит к расширению специальных элементов, которые плотно прижимаются к стенкам скважины;

- механическое расширение. В анкерах с механическим расширением используется конус, шнек или другие элементы, которые раздвигаются при вращении или затягивании анкера. Это приводит к надежной фиксации в грунте;

- винтовое расширение. Анкер вкручивается в грунт, при этом специальные винтовые лопасти или ребра создают сопротивление за счет сжатия грунта вокруг анкера.

Фрикционные анкеры представляют собой вид крепежных элементов, обеспечивающих надежное соединение в различных строительных материалах за счет сил трения. В отличие от анкерных болтов, которые создают крепление за счет заклинивания или расширения, фрикционные анкеры полагаются на силу сцепления между анкером и материалом основания. Эта сила трения достигается за счет специальной конструкции анкера, материала и способа установки.

Фрикционный анкер, как правило, имеет гладкую или слегка шероховатую поверхность. При затяжке анкера в предварительно подготовленное отверстие, возникает значительное усилие сжатия между анкером и стенками отверстия [5]. Это усилие создает высокое трение, которое противодействует вытягиванию анкера. Эффективность фрикционного анкера напрямую зависит от качества поверхности отверстия, материала основания и коэффициента трения между ними.

Существует несколько разновидностей фрикционных анкеров, отличающихся по конструкции и применению:

- анкеры с конической резьбой. Эти анкеры имеют коническую резьбу, которая при затяжке создает высокое давление на стенки отверстия. Их простота и эффективность делают их распространенными в различных приложениях;

- анкеры с насечкой. Поверхность анкера покрыта насечкой, увеличивающей площадь контакта с материалом основания и, соответственно, силу трения. Это позволяет использовать их в материалах с более низкой прочностью на сжатие;

- химические анкеры (частично фрикционные). Хотя химические анкеры первично полагаются на схватывание химического состава с основанием, они также используют силу трения для дополнительной фиксации. В этом случае, трение возникает между затвердевшим химическим составом и анкерным стержнем;

- комбинированные анкеры. Они сочетают в себе преимущества инъекционных и фрикционных анкеров, обеспечивая высокую надежность и несущую способность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочерженко В.В., Сулейманов А.Г. Устойчивость армированных грунтов в отвалах, насыпях и подпорных стенах // В сборнике: Научные технологии и инновации. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 51-59.

2. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А. Увеличение устойчивости стенок траншей, заполненных глинистым раствором, при возведении зданий и сооружений вблизи существующих зданий // В сборнике: Безопасность строительного фонда России проблемы и решения. материалы Международных академических чтений. 2019. С. 69-75.

3. Соколов Н.С., Соколов С.Н. Применение буроинъекционных свай при закреплении склонов // Новое в архитектуре, проектировании

строительных конструкций и реконструкции: материалы V Всерос. конф. НАСКР – 2005. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2005. С. 292–293.

4. Еремин В.Я., Еремин А.В., Соколов В.А., Обозов В.И., Тихонов М.С. Опыт усиления фундамента сваями-РИТ // Вестник строительного комплекса Подмосковья. Информационный сборник. 2010. № 4. С. 66-67.

5. Вахрушева Г.В., Кучукбаева К.А., Калошина С.В. Технологии устройства грунтовых анкеров. // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2017. С.166-173.

Калинин И.В., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.

Косухин М.М.

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

ОСОБЕННОСТИ ПРИЕМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ЖИЛОГО ФОНДА

Современные и перспективные требования к организации жилого пространства характеризуются сложным составом условий для их практической реализации. Эволюция представлений о формировании функционального качества жилища, как одной из базовых потребностей человека, привела к пониманию необходимости долговременного учета особенностей функционирования жилого образования, как самостоятельного объекта обеспечения процессов жизнедеятельности, так и предмета (способа) организации взаимодействия с окружающим искусственным и естественным пространством.

Направления архитектурно-строительной, организационно-технологической и эксплуатационной деятельности, связанные с концепцией энергоэффективности организованной жилой среды, способны привести к формированию и функционированию устойчивого и эффективного архитектурного пространства [1].

Особенностью современных представлений об организации устойчивой и эффективной жилой среды становится процесс постепенного, но непрерывного и масштабного привнесения принципов «зеленого строительства» («зеленой архитектуры») в инвестиционно-строительную и эксплуатационную деятельность [2, 3].

Формирование условий для устойчивости и эффективности функционирования современных строительных объектов жилого фонда (как нового жилого строительства, так и эксплуатируемых жилых образований) является комплексной, междисциплинарной задачей, которая требует применения сложных и компромиссных подходов к разработке практических решений.

Системный и многофакторный анализ возможностей и условий реализации инновационных и энергоэффективных технологий отображает современные тенденции в архитектурной и строительной деятельности в отношении формирования устойчивой, комфортной и безопасной жилой среды городских и сельских систем расселений [4].

К числу наиболее полно и системно проработанных концепций энергоэффективности организованного жилого пространства относятся: «активный» и «пассивный» дом; «умный» («интеллектуальный») дом; «адаптивный» дом; «зеленый» дом.

Каждая из данных концепций в определенной мере ориентирована на практическую реализацию свойства энергоэффективности организованного архитектурного пространства и достижения гармонии взаимодействия с окружающей природной средой (рис. 1).

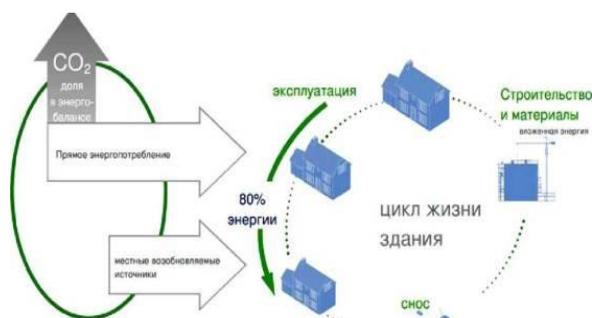


Рис. 1. Возможности применения концепций энергоэффективности для основных этапов жизненного цикла жилого образования

Практически каждый этап жизненного цикла жилых образований (рис. 1) сопровождается потреблением энергии, необходимой для формирования и функционирования материальной структуры жилого пространства. Необходимая энергия преимущественно вырабатывается при сжигании органических топлив, таких как уголь, нефть и природный газ, которые при сгорании выделяют большое количество вредных и опасных веществ (включая окислы азота, углекислый, сернистый и угарный газы, аэрозоли и твердые частицы ртути).

Соответственно, осмысленное и обоснованное снижение энергопотребления способствует не только снижению материальных затрат на генерацию и доставку энергии, но и заметному снижению нагрузки на окружающее пространство. В теоретическом плане задача формирования устойчивой и энергоэффективной жилой среды сводится к организации такой материальной структуры, в которой приоритетное значение отводится превентивному применению структурных элементов, способствующих эффективному использованию ресурсов [5, 6].

На рис. 2 приведены основные типы современных инновационных технологических решений, направленных на обеспечение условий

энергоэффективности малоэтажных жилых образований, характерных для систем расселений сельского типа.



Рис. 2. Основные типы инновационных технологий, предназначенных для обеспечения условий энергоэффективности малоэтажных жилых домов: а – грунтовые тепловые насосы; б – солнечные батареи; в – ветровые генераторы

Достижение условий энергоэффективности и устойчивости жилого пространства характеризуется минимизацией количества и состава нефункциональных процессов, а также энергетических затрат на поддержание параметров микроклимата внутренней среды [7, 8].

Именно эффективное (рациональное, экономное) расходование всех видов ресурсов (энергетических, конструктивных, информационных) является основным критерием оценки качества организации жилого пространства (рис. 3).

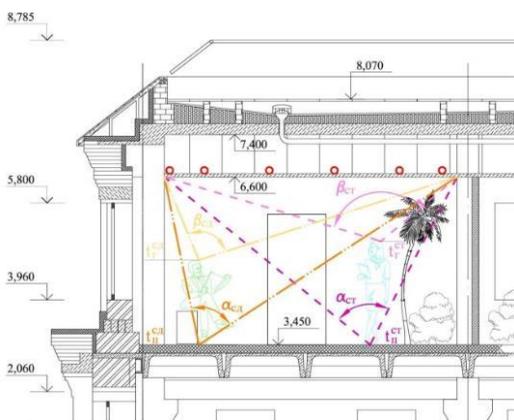


Рис. 3. Условия формирования жилой среды в концепции энергоэффективной и устойчивой архитектуры

Практически постоянный поиск решений и разработки прогрессивных (инновационных, эффективных) технологий и приемов архитектурной организации жилого пространства, направленных на обеспечение условий энергоэффективности и устойчивости жилой среды, тем не менее, не

привели к созданию формализованного, верифицированного и обоснованного алгоритма (методики) проектирования энергоэффективного жилого образования.

Можно говорить о полученных результатах в определенных направлениях деятельности, например, в отношении разработки и внедрения «зеленых» стандартов; развитии теплотехнических характеристики строительных материалов, применяемых для устройства ограждающих конструкций; совершенствовании технологических устройств генерации и управления потреблением энергии [9].

Вместе с тем, полученные результаты требуют методической проработки, систематизации и приведения к формату, пригодному для использования в практической деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никоноров, С.М. Стратегические подходы к строительству энергоэффективного жилья в России / С.М. Никоноров, А.А.Сардарлы // Стратегирование: теория и практика. 2023. Т. 3. № 3. С. 336-347.

2. Гиря М.А. Перспективы применения зеленых стандартов и технологий в жилищном строительстве / М.А. Гиря, Л.В. Гиря // Инженерный вестник Дона. 2018. № 3. С. 21-29.

3. Jorgensen, S. How going green builds trusting beliefs. / S. Jorgensen, L.J.T. Pedersen, S. Skard // Business strategy and the environment. 2022. Vol. 31. pp. 297-311.

4. Халиуллин А.Р. Эко-устойчивая архитектура, как симбиоз энергоэффективного и адаптируемого строительства / А.Р. Халиуллин // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 1 (23). С.61-69.

5. Косухин М.М., Косухин А.М., Шарапов О.Н., Богачева М.А. Вопросы энергосбережения в условиях устойчивого функционирования, модернизации и развития жилищного фонда / М.М. Косухин, А.М. Косухин, О.Н. Шарапов, М.А. Богачева // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 51-61.

6. Kosukhin, M.M. Increasing of the energy efficiency in civilian buildings applying fixed type of facade systems / M. M. Kosukhin, A.M. Kosukhin, K.S. Komarova // IOP Conference Series: Journal of Physics. Vol. 1066. 2018. С. 49-54.

7. Mohamed, M.A. Saving Energy through Using Green Rating System for Building Commissioning / M.A. Mohamed // Energy Procedia. 2019. Vol. 162. pp.369-378.

8. Лига, М.Б. Качество жизни в современной науке и практике: теория и эмпирия / М.Б. Лига, И.А. Щеткина, Е.Ю. Захарова // Гуманитарный вектор. 2019. Т. 14. № 4. С.39-46.

9. 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.

**Козлов Е.Е., магистрант,
Моторькина А.А., студент**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

РЕКОНСТРУКЦИЯ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ С УСТРОЙСТВОМ МАНСАРДЫ ИЗ ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ

В современном мире, где урбанизация и рост населения становятся все более актуальными проблемами, вопрос эффективного использования городского пространства приобретает особую значимость. Одним из способов решения этой задачи является реконструкция гражданских зданий с устройством мансарды из газобетонных блоков.

Реконструкция зданий представляет собой процесс обновления и модернизации существующих строений с целью улучшения их функциональных характеристик, повышения энергоэффективности и продления срока службы. Устройство мансарды является одним из наиболее популярных методов реконструкции, позволяющим увеличить полезную площадь здания без необходимости строительства новых объектов [1-4].

Газобетонные блоки, благодаря своим уникальным свойствам, таким как легкость, прочность, теплоизоляция и звукоизоляция, становятся все более популярным материалом для устройства мансард. Они позволяют создавать надежные и долговечные конструкции, которые обеспечивают комфортные условия проживания и работы [5-8].

На сегодняшний день в России стоит проблема реконструкции кровель 5-этажных зданий как постройки 1950-1960-х гг., так и более новые строения, поскольку они имеют значительные повреждения конструкций крыши, кровли не соответствуют конструктивным, ограждающим, теплоизоляционным требованиям строительных норм. Предлагается разработанный вариант реконструкции кровель 5-этажных зданий с применением строительных систем из газобетонных блоков. Данные решения позволяют увеличить полезную площадь здания и дают возможность использовать чердачные помещения в качестве жилых или нежилых помещений домов.

При этом необходимо учесть, что густота застройки и, в некоторых случаях, продолжительный срок эксплуатации многоэтажных жилых домов не позволяет использовать массивные строительные системы с громоздким оборудованием для его устройства.

Поэтому наиболее оптимальным способом устройства мансардного этажа является реконструкция с использованием газобетонных блоков (рис. 1), так как для устройства ограждающих конструкций стен и перегородок не требуется дополнительное подъемное оборудование (в

отличие от металлических каркасов) и, принимая во внимание малый вес блоков, исключается необходимость усиления несущих конструкций существующего здания.

Также данные газобетонные блоки можно использовать при обустройстве кровли (рис. 2). В этом случае обеспечивается теплоизоляция кровли и однородность всей строительной системы, используемой в реконструкции, что напрямую влияет на недопущение образования наледи на кровле.



Рис. 1. Примеры реконструированных зданий с надстройкой мансардного этажа с использованием газобетонных блоков



Рис. 2. Использование газобетонных блоков при обустройстве кровли

Процесс реконструкции состоит из нескольких этапов:

- демонтаж существующей кровли;
- укладка наружных несущих стен из газобетонных блоков по периметру существующего здания (высотой 1,2-1,5 м) и внутренней несущей стены вдоль здания (для последующего опирания на нее конструкции кровли);
- устройство фронтонов на торцах зданий (в зависимости от конструктивного решения реконструируемого мансардного этажа);
- устройство конструкций кровли (слой газобетонных блоков, толщиной 100 мм, 2 слоя минераловатных плит, кровельный материал);
- внутренняя и наружная отделка.

Таким образом, реконструкция кровель 5-этажных зданий с применением строительных систем из газобетонных блоков является наиболее перспективным направлением для улучшения качества условий жизнедеятельности человека и повышения архитектурной выразительности жилых зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марушко М.В., Рябчевский И.С., Чакры В.В. Применение ресурсосберегающих материалов и технологий при реконструкции жилых зданий // V Международный студенческий строительный форум - 2020 : Сборник докладов. В 2-х томах, Белгород, 26 ноября 2020 года. Том 2. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. С. 70-73.

2. Сулейманова Л.А., Марушко М.В., Лукьяненко А.К. Строительная система из газобетона для реконструкции зданий // Университетская наука. 2018. № 1(5). С. 21-24.

3. Сулейманова Л.А. Ячеистый бетон для малоэтажного строительства // В сборнике: Строительство-2009: Материалы юбилейной международной научно-практической конференции. Ростовский государственный строительный университет, Международный корпоративный технический университет, Союз строителей Южного Федерального округа, Ассоциация строителей Дона, Южное региональное отделение Российской академии архитектуры и строительных наук, Институт подготовки и переподготовки специалистов. 2009. С. 139-141.

4. Сулейманова Л.А., Ищенко К.М. Теплоизоляционные материалы. Формированные теплоизоляционные материалы с использованием вспученного перлитового песка и отходов его производства. – Saarbrücken : LAP LAMBERT, 2012. 148 с.

5. Сулейманова Л.А., Ширина Н.В., Ищенко К.М., Башлыкова К.А. Теплоизоляционные материалы на перлитовом сырье // В сб.: Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения). Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 238-243.

6. 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.

7. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В., Лукьяненко А.К. Наружная и внутренняя отделка стен из ячеистобетонных блоков // Университетская наука. 2019. № 1 (7). С. 58-62.

8. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Эффективное воспроизводство жилищного фонда России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 98-104.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010616561 Российская Федерация. Автоматизированное проектирование структуры ограждающих конструкций для энергоэффективного строительства: № 2010614930: заявл. 12.08.2010 / И.А. Шурлаев, Л.А. Сулейманова; заявитель ООО "Управление ОПТИМА".

Коломиец М.Р. студент

Научный руководитель: ассистент

Руденко О.Л.

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

РАЗВИТИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ

Лесная промышленность исторически была и остается одной из важнейших отраслей народного хозяйства России. Современный лесопромышленный комплекс (ЛПК) построен по традиционной линейной модели потребления (заготовка – использование – утилизация), что привело к низкому уровню освоения исходного сырья. Таким образом, на сегодняшний день актуально стоит вопрос о более эффективном и рациональном использовании лесных ресурсов.

Ключевой задачей в развитии ЛПК края является максимально эффективное использование лесных ресурсов путем увеличения глубины переработки и степени использования древесного сырья, что сигнализирует об острой необходимости смены устаревшей модели потребления на принципиально новую устойчивую модель – циркулярную экономику. Суть данной концепции заключается в контексте развития лесопромышленного комплекса заключается в циклическом использовании древесных ресурсов на основе комплексного подхода к организации процесса переработки сырья с привлечением существующих направлений использования древесных отходов. В основе концепции лежит идея сокращения потребления первичных ресурсов за счет повторной переработки отходов на всех уровнях потребления ресурсов. На наш взгляд, одним из основных приоритетных направлений внедрения циркулярной экономики является лесопромышленный комплекс ввиду больших объемов потребления природных ресурсов и наличия большого количества направлений их использования.

Решение данной проблемы заключается в организации процесса производства продукции из древесных отходов с использованием технологий смежных отраслей. Обеспечение взаимодействия различных отраслей промышленности возможно за счет усовершенствования законодательной нормативно-правовой базы обращения с древесными отходами, что позволит внедрить безотходные технологии переработки древесных ресурсов и позволит выпускать инновационную продукцию с высокой добавленной стоимостью.

В основе концепции циркулярной экономики лежит принцип нулевых отходов и стремление повторить замкнутую природную систему, что и отличает данную концепцию от концепции устойчивого развития и концепции зеленой экономики. Циркулярная экономика не ограничивается только решением задачи переработки отходов в конце жизненного цикла продукции и сокращением воздействия на окружающую среду; она дает

толчок для технологических, организационных и социальных инноваций по всей цепи создания стоимости, начиная с экологического дизайна продукции и предотвращения образования отходов.

Ключевые преимущества от реализации модели циркулярной экономики: формирование дополнительной финансовой выгоды от реализации продукции их повторно используемого сырья; улучшение социальной ситуации за счет повышения уровня экологической ответственности среди населения; инновационный рост промышленности по причине развития направлений циркулярной переработки ресурсов.

Развитие лесопромышленного комплекса на основе принципов циркулярной экономики заключается в циклическом использовании древесных ресурсов на основе комплексного подхода к организации процесса переработки сырья с привлечением существующих направлений использования древесных отходов.

Некоторые принципы такой концепции:

- принцип комплексности использования древесных ресурсов. Заключается во внедрении безотходных технологий переработки древесины на всех фазах производства.

- принцип закрепления на законодательном уровне обязательств по переработке древесных отходов.

- принцип экологической ответственности. Основывается на идее рационального и не истощительного использования лесных ресурсов и предполагает снижение экологической нагрузки и антропогенного воздействия на окружающую среду.

- принцип формирования добавленной стоимости. Предполагает создание дополнительной добавленной стоимости, что повышает эффективность деятельности комплекса в целом и отдельного предприятия.

- принцип кластеризации. Концепция заключается в агломерации экономической деятельности, пространственной концентрации

Соблюдение принципов циркулярной экономики в лесопромышленном комплексе позволит:

- сохранить имеющиеся лесные ресурсы за счет эффективного и рационального использования запасов насаждений;

- повысить уровень комплексности использования древесных ресурсов путем их вовлечения во вторичный цикл потребления (переработка древесных отходов на всех этапах производственного процесса и в смежных отраслях);

- повысить доходность лесопромышленного комплекса за счет производства продукции с высокой добавленной стоимостью;

- сократить объемы вырубki лесных насаждений за счет повышения уровня потребления первичного и вторичного сырья (полученного из древесных отходов);

- снизить уровень загрязнения окружающей среды за счет переработки древесных отходов путем внедрения инновационных промышленных технологий;

– повысить уровень экологической ответственности предприятий-заготовителей за счет обязательной переработки древесных отходов.

Концепция циркулярной экономики является подходящим инструментом для формирования перспективных направлений развития промышленных отраслей. Так, развитие лесопромышленного комплекса напрямую зависит от эффективности использования природных ресурсов региона. Ориентация ЛПК региона на принципы циркулярной экономики имеет ряд положительных экологических, технологических и экономических эффектов. С экологической точки зрения произойдет сокращение объемов вырубки лесных насаждений за счет повышения уровня потребления первичного и вторичного сырья (полученного из древесных отходов); снизится уровень загрязнения окружающей среды за счет переработки древесных отходов путем внедрения инновационных промышленных технологий; повысится уровень экологической ответственности предприятий-заготовителей за счет обязательной переработки древесных отходов. К технологическим эффектам ориентации ЛПК на принципы циркулярной экономики можно отнести развитие технологий переработки древесного сырья с целью получения инновационных и конкурентоспособных видов продукции; формирование бизнес-связок из представителей различных промышленных отраслей, позволяющих использовать древесные отходы не только в лесопромышленном комплексе, но и смежных отраслях, таких как химическая, сельскохозяйственная и строительная промышленность. Экономическим эффектом перехода ЛПК региона на модель циркулярной экономики является получение экономической выгоды от производства продукции и экономии на сырье за счет вовлечения в производственный процесс максимального объема древесных отходов. Таким образом, развитие лесопромышленного комплекса позволит повысить показатели эффективности деятельности комплекса, а также повысить уровень престижности лесной отрасли для инвесторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шимова О.С. Бизнес-модели циркулярной экономики как инструменты реализации «зеленого» развития // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользования: Материалы IX Международной НПК. Москва, 2019. – с. 298–303.

2. Абезин Д.А., Анисимов А.П. Теория циркулярной экономики и перспективы ее влияния на законодательство об отходах производства и потребления // Гуманитарные и юридические исследования. – 2018. – № 3. – с. 143–149.

3. Кудрявцева О.В., Митенкова Е.Н., Солодова М.А. Циркулярная экономика как инструмент устойчивого развития России // Экономическое возрождение России. – 2019. – № 3 (61). – с. 115–126.

4. 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: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. - Ч. II. - С. 236-241.

5. Александрова В.Д. Современная концепция циркулярной экономики // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 5–1. – с.87–93.

Кочерженко А.А., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Кочерженко В.В.

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ВОЗВЕДЕНИЯ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК ДВОЙКОЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ КРИВИЗНЫ

В настоящее время известно несколько способов возведения сборных железобетонных оболочек двойкой положительной кривизны. Небольшие и довольно легкие оболочки размером 18×18 м собирают на земле с использованием стенда и с помощью двух монтажных стреловых кранов устанавливают на 4 колонны [1-3]. Оболочки больших размеров 24×24, 30×30, 36×36 как правило монтируют на проектных отметках с использованием передвижных телескопических кондукторов. Схема инвентарного кондуктора и монтаж плит оболочки показаны на рис. 1 [4].

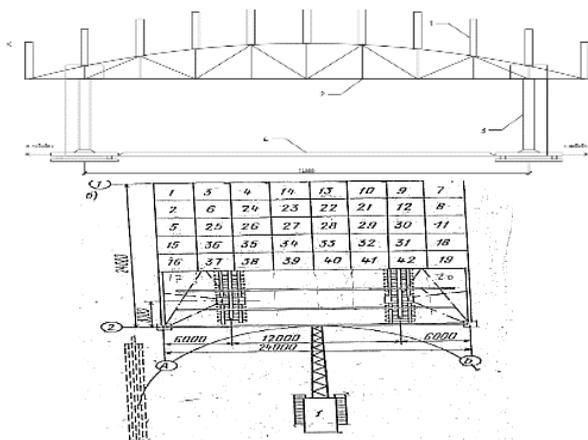


Рис. 1. Инвентарный телескопический кондуктор для монтажа оболочек двойкой положительной кривизны (а) и последовательность монтажа плит оболочки по прогонам кондуктора: 1 – кружальные прогоны; 2 – главные фермы; 3 – телескопические опоры; 4 – жесткие распорки; 5 – гусеничный кран с «гуськом»

Известен способ возведения оболочек с использованием монтажной опоры и фермы, представленный на рис. 2 [5-7].

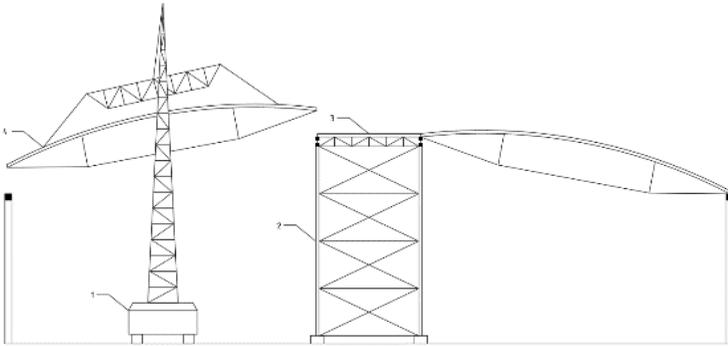


Рис. 2. Монтаж оболочки с использованием монтажной опоры и фермы:
1 – монтажный кран; 2 – монтажная опора (средняя); 3 – монтажная ферма;
4 – монтируемый блок плит

Большепролетные и тяжелые оболочки размером 42×42 м и более монтируют с помощью грузоподъемных устройств (ленточные подъемники). Подъем оболочки с помощью монтажных подъемников приведен на рис. 3 [8].

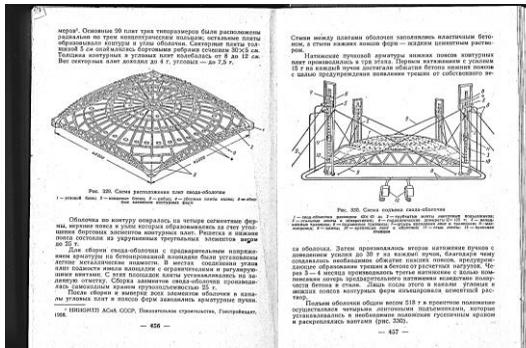


Рис. 3. Схема подъема оболочки двоякой положительной кривизны с помощью ленточных подъемников: 1 – оболочка размером 40×40 м; 2 – трубчатые матчи ленточных подъемников; 3 – стальные ленты с отверстиями; 4 – гидравлические домкраты; 5 – неподвижные траверсы; 6 – подъемные траверсы; 7 – штырь крепления лент к траверсам; 8 – маслопровод; 9 – ванты; 10 – крепление лент к оболочке; 11 – стык ленты; 12 – насосная станция

Нами предложен способ возведения сборных железобетонных оболочек с помощью башенного крана, выполняющего роль грузоподъемного механизма и временной монтажной опоры, показанный на рис. 4.

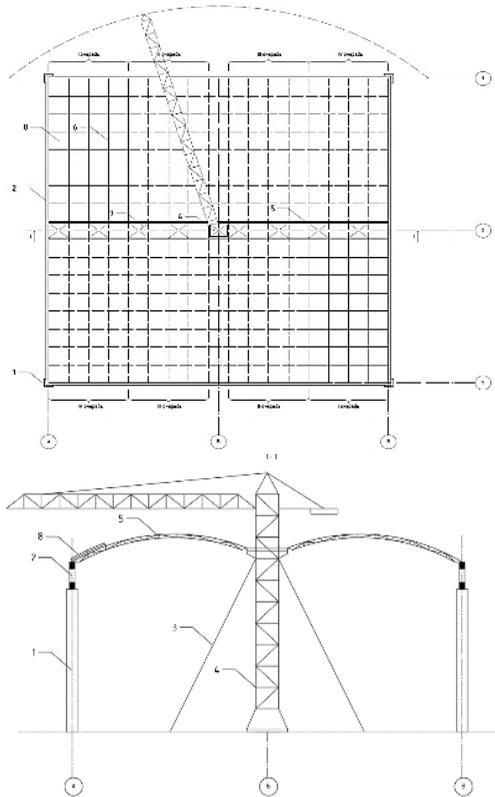


Рис. 4. Схема монтажа оболочки с использованием башни крана в качестве монтажной опоры: 1 – колонны; 2 – контурные железобетонные фермы; 3 – вантовые растяжки; 4 – башенный кран; 5 – металлические фермы; 6 – прогоны; 7 – временные связи; 8 – железобетонные плиты покрытия

Технология возведения сборных железобетонных оболочек двоякой положительной кривизны с использованием башенного крана в качестве монтажной опоры, предусматривает установку в центре оболочки на фундамент башню крана и раскрепляют ее 4-мя вантовыми растяжками. На заданной отметке на башне крана устанавливают консоль, на которую опирают по цифровым осям 4 металлические фермы, повторяющие кривизну оболочки вдоль цифровых осей. Кривизну вдоль буквенных осей создают металлические прогоны, укладываемые одним концом на металлические фермы, другим концом на контурные фермы. Они переключаются согласно намеченным очередям, после набора прочности бетоном в стыках между железобетонными плитами покрытия.

По окончании возведения оболочки, демонтируют башенный кран по частям, вырезав консоль и оставив ее в оболочке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочерженко В.В. Технология, организация и механизация строительного производства: учебное пособие / В.В. Кочерженко, В.М. Лебедев, М.Ф. Популов. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – 317 с.
2. Кочерженко В.В. Технология возведения зданий и сооружений: учебное пособие / В.В. Кочерженко -2-е изд., перераб. и доп. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. – 240 с.
3. Кочерженко В.В. Основы технологии возведения зданий и специальных сооружений: учебное пособие / В.В. Кочерженко, А.В. Кочерженко. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. – 235 с.
4. Кочерженко В.В. Технология и организация возведения большепролетных и высотных зданий и сооружений: учебное пособие / В.В. Кочерженко, Л.А. Сулейманова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. – 178 с.
5. Глуховской К.А. Технология возведения сборных железобетонных оболочек. – Л.: Стройиздат (Ленинградское отделение), 1974. – 200 с.
6. Жуковский Э.З., Шаблия В.Ф. Оболочки двоякой кривизны в гражданском строительстве Москвы. – М.: Стройиздат, 1980. – 112 с.
7. Курочкин Л.И., Иосилевич Б.И. В помощь монтажнику сборных железобетонных оболочек. – Л.: Стройиздат (Ленинградское отделение), 1971. – 111 с.
8. Лейбфрейд Ю.М., Швиденко В.И. Монтаж строительных конструкций. – М.: Госстройиздат, 1962. – 46

**Лавриненко Л.И., магистрант,
Смыслова Д.А., магистрант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Косухин М.М.**

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

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ АВТОСТОЯНОК В ГУСТОНАСЕЛЕННЫХ РАЙОНАХ

Современные города сталкиваются с множеством проблем, связанных с размещением личного автотранспорта. Ситуация осложняется бесконтрольной парковкой транспортных средств, в связи с чем проезжая часть большинства улиц в центральной части городов используется для движения только на 30-50 %, а это в свою очередь приводит к соответствующему снижению пропускной способности улично-дорожной сети [1, 2]. В густонаселенных районах, где территория ограничена, а количество автомобилей постоянно растет, проектирование автостоянок становится важной и актуальной задачей. В этой статье рассматриваются

инновационные подходы к проектированию автостоянок, способствующие оптимизации использования пространства, уменьшению автомобильного трафика и улучшению качества жизни горожан.

Многоуровневые и вертикальные парковки. Одним из самых распространенных решений для плотных городских застроек является строительство многоуровневых и вертикальных парковок. Многоуровневые паркинги возводят как в отдельно построенном здании, в отведенной части жилого или промышленного помещения, так и под землей. Для перемещения автомобилей используют лифтовые подъемники, механизированные и автоматизированные подъемники и манипуляторы. Применение современных материалов и технологий, таких как легкие металлоконструкции и бетонные панели, делает парковки более устойчивыми и долговечными.

К преимуществам многоуровневых и вертикальных парковок можно отнести следующие показатели.

Оптимизация использования пространства. Многоуровневые парковки позволяют разместить значительное количество автомобилей на относительно небольшой площади. Строя парковочные уровни вверх, такие конструкции минимизируют требуемую площадь земли. Это особенно важно в городах, где земельные ресурсы ограничены и земля имеет высокую стоимость.

Снижение загруженности улиц. Создание многоуровневых стоянок может существенно уменьшить трафик в городских районах, так как водители смогут быстрее находить свободные места и избегать бесконечных поисков парковки. Это способствует снижению времени, проведенного в пробках, и уменьшает уровень выхлопных газов.

Автоматизация процесса парковки. Автоматизированные многоуровневые парковки (АПП) становятся все более популярными. В таких системах водители оставляют свои автомобили в специальном приемном устройстве, а затем автоматизированная система паркует автомобиль в свободное место. Это не только экономит время, но и минимизирует риск повреждения автомобиля при маневрировании.

Безопасность и контроль. Многоуровневые парковки могут быть оснащены современными системами видеонаблюдения и контроля доступа. Это создает более безопасную среду для владельцев автомобилей, что особенно важно в центральных районах, где риск кражи автомобиля может быть повышен.

Так же при проектировании важно правильно подобрать материалы для строительства многоуровневых и вертикальных парковок. Использование легких и прочных, таких как сталь и композитные, делает многоуровневые парковки более эффективными и долговечными. Новые технологии также позволяют конструкциям быть более устойчивыми к воздействию различных климатических условий.

Энергоэффективность – один из значимых показателей при строительстве любого здания и сооружения, в том числе и парковок.

Интеграция «умных» технологий позволяет устанавливать системы солнечных панелей, освещения на основе датчиков движения и зарядные станции для электромобилей. Это не только снижает энергозатраты, но и способствует развитию устойчивой городской инфраструктуры.

Интеграция с общественным транспортом. Инновационным подходом является создание интегрированных парковочно-транспортных узлов (Park and Ride), которые сочетают в себе автостоянки и остановки общественного транспорта. Перехватывающая парковка представляет собой точку, в которой автовладелец делает выбор, каким способом продолжить свою поездку. Целью каждой парковки является обеспечение условий для выбора в пользу систем общественного транспорта [3].

Преимущества интеграции автостоянок с общественным транспортом:

Снижение автомобильного трафика. Интегрированные парковочно-транспортные узлы, такие как Park and Ride (P+R), позволяют водителям оставлять свои автомобили на парковках на окраинах города и продолжать поездку на общественном транспорте. Это снижает количество автомобилей в центре города, уменьшает заторы и улучшает общую транспортную ситуацию.

Удобство для горожан. Наличие автостоянок, расположенных вблизи остановок общественного транспорта, предоставляет жителям возможность легко и быстро переключаться между личным автомобилем и общественным транспортом. Это особенно актуально для тех, кто живет в отдаленных районах и часто использует городские автобусы, трамваи или метрополитен для поездок.

Экономия времени и ресурсов. Интеграция автостоянок с общественным транспортом способствует экономии времени и ресурсов. Водители могут оставить свои автомобили на специализированной стоянке, не теряя время на поиск парковочного места в центре города. Это также снижает затраты на топливо и сокращает вредные выбросы, так как уменьшается общее количество поездок на автомобиле.

Основные компоненты интеграции:

Размещение и проектирование парковок. Правильное расположение парковок на окраинах города, вблизи транспортных узлов, является ключевым аспектом успешной интеграции. Проектирование таких стоянок должно включать комфортные проходы и переходы к общественному транспорту, а также четкое обозначение маршрутов.

Многофункциональные транспортные узлы. Создание многофункциональных узлов, где сосредоточены разные виды транспорта – автобусы, трамваи, метро и такси, может улучшить переходы между ними. Такие узлы должны быть хорошо организованы, чтобы жители могли легко и быстро пересеживаться с одного вида транспорта на другой.

Системы платежной интеграции. Для повышения удобства пользователей важна реализация единой системы оплаты, когда пассажиры могут оплачивать проезд на общественном транспорте и парковку с

помощью одной карточки или приложения. Это сократит время на оформление платежей и сделает процесс более удобным.

Интеграция автостоянок и общественного транспорта становится важным шагом к созданию более устойчивых и эффективных транспортных систем в городах. Такой подход позволяет не только сократить количество автомобилей на городских улицах, но и улучшить качество жизни граждан. Грамотное проектирование и реализация интегрированных парковочно-транспортных узлов служат основой для оптимизации мобильности, повышая как удобство, так и безопасность передвижения. В конечном итоге, успешная интеграция - это не только про транспорт, но и про создание комфортной городской среды, где люди могут легко и удобно перемещаться.

Умные технологии и мобильные приложения. Существует множество умных технологий, которые могут значительно улучшить процесс парковки. Системы поиска парковочных мест в реальном времени, доступные через мобильные приложения, позволяют водителям быстро находить свободные места. Это снижает количество автомобилей, круживших в поисках парковки, и, соответственно, уменьшает загруженность дорог.

Кроме того, использование датчиков и камер для мониторинга занятости парковочных мест немаловажно. Данные в реальном времени могут передаваться в мобильные приложения, что создает более удобные условия для пользователей.

Зеленая инфраструктура. При проектировании автостоянок необходимо учитывать экологические аспекты. Интеграция зеленых насаждений, таких как вертикальные сады или крыши с растительностью, помогает уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Такие решения также способствуют улучшению микроклимата и повышают эстетическую привлекательность парковок.

Кроме того, внедрение систем сбора дождевой воды и ее использование для полива зеленых насаждений позволяет существенно экономить ресурсы и снижает нагрузку на городскую канализацию [4].

Инициативы по совместному использованию транспорта. Совместное использование автомобилей становится все более популярным в современных мегаполисах. Проектирование стоянок, предназначенных для каршеринг и карпулинг сервисов, позволяет оптимизировать использование транспортных средств и сократить общее количество автомобилей на дорогах. Если существенная часть жителей города откажется от личных автомобилей и перейдет на каршеринг, потребность в парковках как вблизи жилых домов, так и в центре города упадет [5].

Создание удобных мест для таких услуг, а также информационных платформ, которые помогут людям находить попутчиков, позволит значительно снизить потребность в индивидуальных автомобилях.

Инновационные подходы к проектированию автостоянок в густонаселенных районах не только способствуют оптимизации пространства, но и помогают решать множество социальных и экологических проблем. Объединение современных технологий, устойчивой

архитектуры и концепций мобильности нового поколения является ключом к созданию комфортных и доступных городов будущего. Важно помнить, что успешное проектирование автостоянок – это не только о местах для автомобилей, но и о создании более гармоничной среды, где человек остается в центре внимания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ягузинская И.Ю. Современные автоматизированные системы парковки автомобилей / Ягузинская И.Ю., Типушова И.О. // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2015. Т. 35. С. 156–160.
2. Науменко Е. Ю. Организация парковочного пространства в общей системе дорожного движения в городах: Автореф. ... дис. канд. техн. наук. [Текст] / Е.Ю. Науменко. – Волгоград., 2012. – 16 с.
3. Данилина Н. В., Власов Д. Н. Система транспортно-пересадочных узлов и перехватывающие стоянки. Saarbrucken : Lap Lambert Academic Publishing, 2013. 82 с.
4. Важность сбора дождевой воды в городской ландшафтной архитектуре [Электронный ресурс].- Режим доступа URL: <https://dzen.ru/a/ZUK1EgudX2sd3LRD> (Дата обращения 31.10.2024).
5. Каршеринг: технологии, которые меняют города [Электронный ресурс].- Режим доступа URL: https://sibnovo.info/articles/transport/karshering_tekhnologii_kotorye_menyayut_goroda/.

Ньямитамбу М., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Никитин А.И.**

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

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ МОНОЛИТНЫХ, СБОРНЫХ И СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КАРКАСНЫХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

С ростом потребности возведения зданий для жилья и осуществления деятельности человека все актуальнее становится строительство каркасных зданий, возведение которых реализуется с применением монолитных или сборных железобетонных элементов. В целом, данная конструктивная система является более эффективной, так как она обеспечивает возможность реализации в зданиях «свободной планировки» внутреннего пространства. Основные особенности ее применения связаны с конструктивным решением в виде вертикальных колонн и горизонтальных балочных или безбалочных перекрытий. В каждом конструктивно-технологическом решении (монолитное, сборное и сборно-монолитное)

можно выделить ряд преимуществ и недостатков, которые оправдывают конкретный выбор либо отвергают его.

В данном обзоре, будет проведен сравнительный анализ конструктивных и технологических особенностей возведения монолитных, сборных и сборно-монолитных каркасных гражданских зданий. Под технологическим решением, в контексте данной статьи, понимаются технологические особенности процесса возведения зданий, а под конструктивным решением понимается совокупность проектных особенностей конструирования несущего каркаса возводимого здания [1].

Рассмотрим, в чем заключаются достоинства и недостатки применения монолитного железобетона при возведении каркасных зданий.

В настоящее время, использование монолитного железобетона является наиболее распространенным при возведении многоэтажных каркасных зданиях. Это обусловлено возможностью осуществления гибких архитектурных и планировочных решений.

Такой каркас включает в себя монолитные железобетонные конструкции фундаментов, а также вертикальных и горизонтальных несущих элементов. При возведении одного этажа монолитного каркаса, в первую очередь, бетонируются колонны. После набора прочности колонн, что занимает в среднем 5-7 дней (при осуществлении строительства в летний период), приступают к установке опалубки и к бетонированию перекрытия следующего этажа. Такая система имеет высокие показатели надежности и экономичности, так как каркас является рамным в обоих направлениях (что придает зданию большую жесткость и устойчивость).

Главный недостаток возведения монолитного каркаса состоит в большей трудоемкости по сравнению с его сборным аналогом, и в негативном влиянии отрицательной температуры воздуха на процессы бетонирования и выдерживания бетона, что приводит к увеличению длительности процессов возведения зданий. Зависимость производства работ от сезонных факторов особенно характерна для России, где часто строительство осуществляется в суровых природно-климатических условиях [2, 3].

Размеры монолитных фундаментов, колонн, балок и плит унифицированы в целях широкого применения стандартной инвентарной опалубки для возведения монолитных конструкций. Элементы монолитного каркаса изготавливают из тяжелого бетона классов от В15 до В25 и армируют сварными каркасами и сетками. В некоторых случаях применяются предварительно-напряженные железобетонные конструкции.

Широкий выбор доступных технологий позволяет возводить различные типы монолитного каркаса (рис. 1).

В прошлом веке в отечественном строительстве характерным было применение сборного железобетона. Начиная с 90-х гг., его место постепенно занимал монолитный железобетон, оставив лишь

ограниченную область – сборные блоки фундаментов, сваи, перемычки, многопустотные плиты перекрытий и т.п. [4].

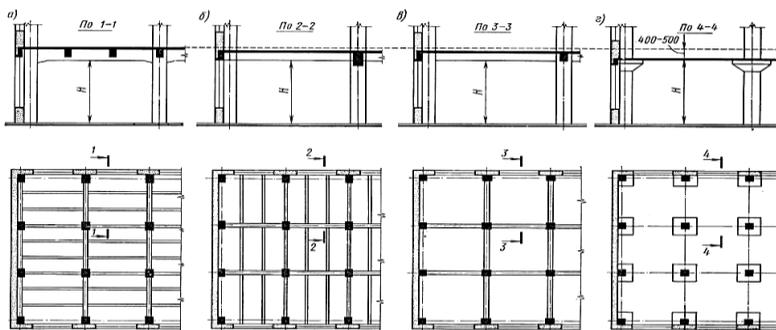


Рис. 1. Схемы монолитных железобетонных каркасов: а – с поперечными главными рамами; б – то же, продольными; в – с плитами, опертыми по контуру; г – с безбалочными перекрытиями

При использовании сборного железобетона увеличивается скорость строительства и влияние сезонных факторов на процесс возведения каркаса становится незначительным.

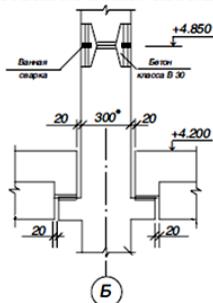


Рис. 2. Узел сопряжения сборных железобетонных колонн с ригелями по серии 1.020-1/87, имеющими специальные вырезы под прямоугольные консоли [6]

Сборные железобетонные каркасы возводят с применением сборных конструкций заводского изготовления. Классический вариант сборного железобетонного каркаса подразумевает использование в качестве несущих элементов вертикальных колонн, выполненных со скрытыми консолями (рис. 2), горизонтальных ригелей, свободно опертых на консоли колонн, балочных элементов жесткости, расположенных поэтажно, и многопустотных плит перекрытий [5]. Производство данных элементов и соответствующих узловых соединений было унифицировано в 80-х гг. в виде Серии 1.020-1/87 (Конструкции каркаса межвидового применения для

многоэтажных общественных и производственных зданий (на основе серии ИИ-04)) со специально разработанной индустриальной номенклатурой. Данная серия является эффективной и практичной для возведения гражданских зданий.

Железобетонные каркасы из сборного железобетона со временем стали меньше применяться в связи с распространением монолитного строительства, которое позволило решить большинство вопросов,

касающихся ресурсосбережения отдельных конструктивных узлов, таких как надежное сопряжение перекрытий с колоннами [7] и существенное сокращение объемов сварочных работ.

Совмещение каркасных зданий и монолитных несущих элементов при возведении каркасных зданий является комбинацией конструктивно-технологических решений, в которой с учетом технико-экономических обоснований исключаются главные недостатки двух ранее рассмотренных вариантов конструктивных схем.

С точки зрения экономичности, при возведении многоэтажных зданий следует применять пространственные несущие каркасы сборно-монолитного железобетона с плоскими дисками перекрытий. В серии Б1.020.1-7 (белорусская серия) представлен пример такого каркаса. Плоские диски перекрытия образованы сборными железобетонными многопустотными плитами с незначительными конструктивными изменениями и монолитными железобетонными ригелями (рис. 2).

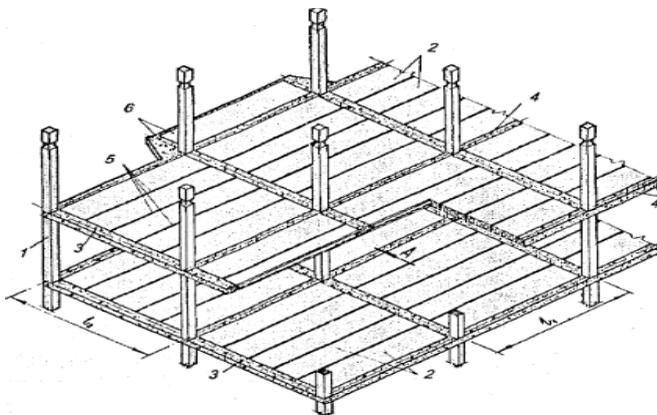


Рис. 2. Конструкция каркаса с монолитными ригелями и сборными дисками перекрытий: 1 – колонны; 2 – сборные многопустотные плиты; 3 – монолитные несущие ригели; 4 – монолитные связевые ригели; 5 – межплитные швы замоноличивания; 6 – консоли для балконов и эркеров

Существуют различные варианты сборно-монолитных каркасов отечественной и зарубежной разработки: каркас ИМС с применением натяжных канатов в двух направлениях и минимальным количеством сборных элементов, объединение которых не требует закладных деталей и сварочных работ; сборная каркасная система «РСТ» с преднапряженными перекрытиями из широких пустотных плит высотой 24 см и одно-, многоэтажными колоннами сечением 40×40 см; каркас «Сочи», разработанный в СССР, где применены промышленные типовые круглопустотные плиты, между торцами которых в пределах толщины плиты делают монолитные железобетонные главные балки (ригели), а в

колоннах на уровне перекрытий для пропуска арматуры монолитного ригеля должны быть незабетонированные участки [8]. Несмотря на разнообразие конструктивных решений, перспективы развития и совершенствования сборно-монолитных каркасов определенно существуют.

Применение какого-либо варианта решения (монолитное, сборное или сборно-монолитное) должно рассматриваться в индивидуальном порядке исходя из соображений экономичности и технической целесообразности.

В каркасах из сборного железобетона показатели расхода арматуры и бетона выше, чем в монолитном аналоге (экономия арматурных изделий в монолитных конструкциях достигает 30-40 % по отношению к сборным конструкциям, а экономия бетона может достигать 10-15 %) [2]. Возведение монолитного каркаса получается более трудозатратным [8, 9] и дольше осуществляется, если сравнивать с аналогами из сборного и сборно-монолитного железобетона.

Сборно-монолитный вариант каркаса может быть рассмотрен как оптимальное решение железобетонного каркаса, особенно, если речь идет о многоэтажном строительстве [9]. По показателям экономии бетона, можно утверждать, что такое решение выгоднее по сравнению со сборным аналогом. Содержание арматуры в сборно-монолитном каркасе, как правило, на 7...10 % больше, чем в монолитном варианте, но по сравнению с полносборным каркасом экономия арматуры составляет до 15 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зотева Е.Э., Фомин Н.И. Новые технологические и конструктивные решения по устройству монолитных и сборно-монолитных перекрытий гражданских зданий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. Материалы X Всероссийской молодежной конференции аспирантов, молодых ученых и студентов. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2018 (0,32 / 0,16 п.л.).
2. Зубков, Н. А. Сравнение сборного и монолитного железобетонного каркаса многоэтажного гражданского здания на примере проекта BIM 5-D // Аллея науки. – 2023. – Т. 2, № 11(86). – С. 243-247.
3. Галумян, А.В. Организационно-технологическая модель скоростного строительства зданий из монолитного железобетона: дис. к-та техн. наук: 05.23.08 / А. В. Галумян. – Москва, 2010. – 195 с.
4. Круглова, Н.В. К вопросу о применении сборных железобетонных каркасов в современном многоэтажном строительстве / Н. В. Круглова, Н. А. Митякина // Будущее науки - 2013: материалы Международной молодежной научной конференции. Том 2. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2013. – С. 156-159.
5. Котова, А.С. Особенности возведения высотных зданий со сборным железобетонным каркасом / А.С. Котова // VI Международный студенческий строительный форум - 2021: Сборник докладов. В 2-х томах, Белгород. Том 1. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 167-172.

6. Шерешевский, И.А. Конструирование гражданских зданий: Учеб. пособие. – М.: «Архитектура-С», 2005.– 176 с.
7. Никулин, А.И. Методы расчета и защиты монолитных железобетонных конструкций безригельных каркасов многоэтажных зданий при аварийных воздействиях / А.И. Никулин, С.В. Коуркин // Инженерный вестник Дона. – 2023.– № 1 (97).– С. 309-321.
8. Семченков, А.С. Обоснование регионально-адаптируемой индустриальной универсальной строительной системы «РАДИУСС» / А.С. Семченков / Бетон и железобетон. – 2008.–№4 – С. 2-6.
9. Косарев, В. Н. Особенности технологии сборно-монолитного многоэтажного домостроения / В.Н. Косарев // Современное строительство и архитектура. – 2023. – №4 (35).

**Пасынок М.А., студент,
Павлова А.С., студент**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

БЕТОННАЯ ЛАНДШАФТНАЯ СТЕНА

В современном мире, где города становятся все более густонаселенными и урбанизированными, проблема озеленения городских пространств становится особенно актуальной. Зеленые насаждения не только улучшают качество воздуха и создают комфортные условия для жизни горожан, но и способствуют снижению уровня стресса, повышению эстетического восприятия окружающей среды.

Одним из инновационных решений в области городского озеленения является использование аддитивных технологий для создания стен, предназначенных для вертикального озеленения. Эти технологии позволяют создавать сложные конструкции с высокой точностью и минимальными отходами, что делает их идеальным инструментом для реализации проектов по озеленению городских пространств.

Проектирование и строительство стен для вертикального озеленения с использованием аддитивных технологий (рис.) имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать для успешной реализации проекта.

При проектировании стен для вертикального озеленения важно выбрать материалы, которые будут устойчивы к воздействию влаги, солнечного света и других факторов окружающей среды. Аддитивные технологии позволяют создавать конструкции из различных материалов, таких как бетон, пластик или металл, что дает возможность подобрать оптимальный вариант для конкретного проекта.



Рис. Бетонная ландшафтная стена, напечатанная на 3D-принтере, WINSUN

Для обеспечения растений достаточным количеством воды конструкция панели оснащена системой капельного орошения для полива растений.

Панели для вертикального озеленения интегрируются в различную городскую инфраструктуру. Они занимают относительно мало места, очень хороши для маленьких пространств, а на больших улицах панели можно использовать в различных конфигурациях.

Важно учитывать экологические аспекты при выборе материалов и методов строительства. Например, использование экологически чистых материалов может снизить негативное воздействие на окружающую среду. Так, например, выделяется возможность печати сооружений 3D-принтерами, используя смесь из строительных отходов (стекло, сталь, цемент) [1-3].

Преимущества использования аддитивных технологий в создании стен для вертикального озеленения:

Высокая точность и детализация. Аддитивные технологии позволяют создавать конструкции с высокой точностью и детализацией, что особенно важно при проектировании сложных форм и узоров на стенах. Это дает возможность создавать уникальные и эстетически привлекательные стены, которые гармонично вписываются в окружающую среду.

Экономия материалов. Благодаря точности аддитивного производства, отходы материалов сводятся к минимуму. Это не только снижает затраты на строительство, но и способствует более рациональному использованию ресурсов.

Быстрое прототипирование и производство. Аддитивное производство позволяет быстро создавать прототипы и переходить к массовому производству. Это ускоряет процесс реализации проектов по озеленению городских пространств и позволяет оперативно вносить изменения в проект на основе обратной связи от пользователей.

Возможность создания сложных конструкций. Аддитивные технологии предоставляют возможность создавать сложные конструкции, которые трудно или невозможно реализовать традиционными методами.

Это открывает новые горизонты для дизайна и архитектуры стен для вертикального озеленения.

Интеграция с системами автоматизации и IoT. Аддитивные технологии могут быть интегрированы с системами автоматизации и интернета вещей (IoT), что позволяет создавать умные стены для вертикального озеленения. Такие системы могут автоматически контролировать полив, освещение и другие параметры, обеспечивая оптимальные условия для роста растений и снижая необходимость ручного вмешательства.

Устойчивость к воздействию окружающей среды. Материалы, используемые в аддитивном производстве, могут быть специально подобраны для обеспечения устойчивости к воздействию влаги, солнечного света и других факторов окружающей среды. Это обеспечивает долговечность и надежность конструкций, а также снижает необходимость в регулярном обслуживании и ремонте [4-6].

Таким образом, данная работа представляет собой комплексное исследование, направленное на изучение возможностей применения аддитивных технологий в сфере городского озеленения и создание эффективных и устойчивых зеленых пространств в городах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Огнев Н.В. Оценка возведения стен здания с помощью 3D-принтера в сравнении с традиционным строительством из бетонных блоков // Университетская наука. 2017. № 2 (4). С. 13-15.

2. Крушельницкая Е.А., Огнев Н.В., Чжан Цзяньдун, Ди Се, Сулейманова Л.А. Материалы для строительных 3D-принтеров и варианты конструктивного решения зданий // Международный студенческий строительный форум 2018 (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова): сб. докладов, г. Белгород, 2018. С. 255-259.

3. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А. Аддитивные технологии в строительстве / Учеб. пособие: изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. 237 с.

4. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В. Сущность аддитивных технологий в строительстве // Университетская наука. 2018. № 2 (6). С. 70-74.

5. Сулейманова Л.А., Темурзиева Р.Н., Рябчевский И.С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий // В сб.: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 121-127.

6. Сулейманова Л.А., Атапина Н.А. Особенности применения 3D-печати в строительстве // В сб.: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. С. 48-53.

Романенко Е.Д., студент

Научный руководитель: ст. преп.
Горягин П.Ю.

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ СТЕКЛА

В настоящее время актуальной проблемой является образование больших объемов промышленных и твердых коммунальных отходов (ТКО) [1]. Доля стеклобоя в морфологическом составе ТКО составляет 15÷20% (рис. 1). Особенно актуально стоит вопрос утилизации стеклобоя в современных реалиях, т.к. во время строительства или ремонта появляется большое количество стеклянных отходов.

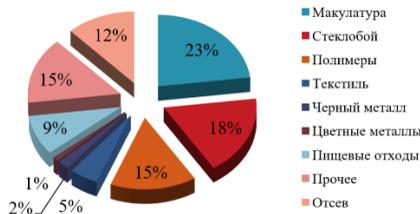


Рис. 1. Морфологический состав ТКО

Наиболее перспективным способом утилизации стеклобоя является его механотермическая переработки с последующем производством новых изделий. Особенностью стекла является возможность его многократной переработки без потери качества производимых изделий. Такая особенность материала дает основание развитию ресурсосберегающих технологий вторичной переработки стеклобоя и позволяет существенно сократить объемы использования природных ресурсов при производстве стекольных изделий. Дополнительно, переработка стеклобоя несет экономическую выгоду, так как она снижает производственные издержки по сравнению с изготовлением стекла из первичных материалов.

Переработка стеклобоя состоит из следующих основных стадий: очистка стеклобоя от загрязнений, сортировка по цвету и типу, измельчение и переплавка в новые изделия. Из вторичных стекольных материалов изготавливают различные емкости, стекловолокно, строительные материалы, добавки в асфальт и бетон. Перспективным направлением является использование вторсырья при производстве пеностекла, которое применяется как тепло- и шумоизоляционный материал.

Одним из энергозатратных этапов переработки стеклобоя является измельчение отходов до нужной фракции с помощью валковых дробилок.

Валковая дробилка – это оборудование для измельчения материалов, состоящее из двух вращающихся в противоположные стороны валков, которые могут быть гладкими или с развитой рабочей поверхностью (рис. 2) [2-4].

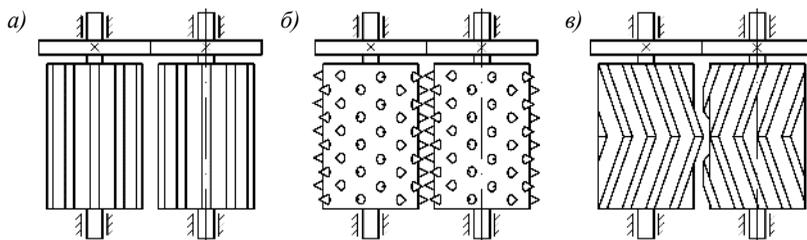


Рис. 2. Валковые дробилки с развитой рабочей поверхностью: а – с параллельными пластинами; б – с коническими шипами; в – с шевронными выступами

Дробление происходит за счет сжатия материала между двумя вращающимися валками, которые своим усилием разрушают стеклобой, обеспечивая равномерное и контролируемое измельчение.

Научным коллективом БГТУ им. В.Г. Шухова разработана дробилка с шипованными валками (рис. 3.) [5] Представленная конструкция позволяет достичь следующих преимуществ: увеличение эффективности и производительности оборудования, повышение эксплуатационной надежности за счет обеспечения оптимальных условий захвата материала, компактность дробилки и др.



Рис. 2. Валковая дробилка с шипованными валками

Развитие ресурсосберегающих технологий и конструктивно-технологическое совершенствование оборудования для переработки стеклобоя позволяют вторично использовать его при производстве новых изделий, тем самым значительно сокращается потребность в природных минеральных ресурсах и снижается экологическая нагрузка на окружающую среду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванова А.С., Смирнов П.В. Преимущества вторичной переработки стекла в контексте устойчивого развития // Экология и промышленность России. 2020. – С. 45–53.
2. Севостьянов М.В. Ресурсосберегающее оборудование для комплексной переработки техногенных материалов. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – №4. – С.140-145.
3. Иванов С.И., Смирнов Л.П., Соколов Е.В. Разработка конструкций валковых дробилок для измельчения стеклобоя. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2021. – №5. – С.45-52.
4. Михайлов А.Б., Сергеев П.К. Совершенствование процесса дробления стеклянных отходов на валковых дробилках // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2022. – №8. – С. 39-44.
5. Горягин П.Ю., Севостьянов В.С. Расчет основных параметров пресс-валкового уплотнителя для предварительной деформации полимерных отходов. // Научные технологии и инновации (XXV научные чтения). Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгород, 2023. – С. 1140-1144.

Романенко Е.Д., студент

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Дубинин Н.Н.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МОДЕРНИЗАЦИЯ СМЕСИТЕЛЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Качество автомобильных дорог сегодня приобретает все большее значение, поскольку интенсивность транспортных потоков постоянно растет, сеть автодорог расширяется, а объем ремонтных работ значительно увеличивается. Эти факторы требуют существенного повышения надежности и долговечности дорожного покрытия, что, в свою очередь, связано с улучшением свойств асфальтобетона. Высокое качество асфальтобетона становится одним из ключевых условий для создания прочного и износостойкого дорожного покрытия, способного выдерживать высокие нагрузки и разнообразные климатические воздействия.

Одним из важнейших факторов, влияющих на качество асфальтобетона, является не только состав асфальтобетонной смеси, но и процесс ее приготовления на асфальтобетонных заводах. Правильное перемешивание компонентов играет здесь критически важную роль, так как именно оно определяет однородность смеси, качество сцепления компонентов и устойчивость готового покрытия к внешним воздействиям.

Основной машиной, используемой на асфальтобетонных заводах для перемешивания компонентов, является двухвальный смеситель непрерывного действия. Этот тип смесителя оснащен двумя лопастными валами, которые вращаются в противоположных направлениях, обеспечивая интенсивное перемешивание и перемещение материала к выходу. Благодаря такому механизму работы достигается равномерное распределение всех компонентов в смеси и полное обволакивание частиц битумом, что способствует повышению прочности и эластичности готового покрытия.

Процесс перемешивания смеси выполняет ряд важнейших функций, среди которых можно выделить:

- создание оптимальной поверхности для взаимодействия реагентов;
- изменение физического состояния вещества, например, для достижения растворения или кристаллизации;
- ускорение химических реакций и обеспечение более эффективного теплопереноса;
- получение устойчивых суспензий, эмульсий и пастообразных веществ, необходимых для формирования стабильного покрытия.

Каждый из этих процессов в конечном итоге влияет на долговечность, прочность и устойчивость дорожного покрытия, что делает качество перемешивания и правильность выполнения всех этапов производства важными элементами в строительстве современных дорог.

Бетоносмеситель непрерывного действия (рис. 1) состоит из корытообразного корпуса 8, в котором в разные стороны вращаются два вала 6 с закрепленными на них лопастями 7. Лопастные валы приводятся во вращение двигателем 1 через ременную передачу 2, редуктор 3, муфту 4 и зубчатую цилиндрическую передачу 5. Смеситель и его привод смонтированы на общей раме 9, которая с помощью специальных болтов 10 может быть установлена под разным углом к горизонту.

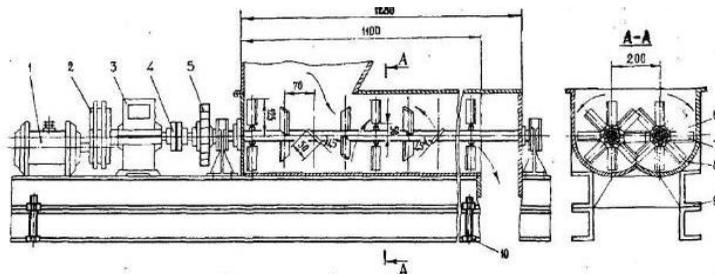


Рис. 1. Бетоносмеситель непрерывного действия: 1 – двигатель; 2 – ременная передача; 3 – редуктор; 4 – муфта; 5 – зубчатая цилиндрическая передача; 6 – валы; 7 – лопасти; 8 – корпус; 9 – рама; 10 – специальные болты

Основное направление усовершенствования конструкции смесителя направлено на оптимизацию его рабочих элементов, в частности, на

уменьшение размеров лопастных валов и внедрение комбинированной конфигурации лопастей. Данная модернизация позволяет значительно снизить удельную металлоемкость агрегата, что положительно сказывается на экономической эффективности производства за счет сокращения затрат на эксплуатацию и ремонтные работы.

Применение смешанной схемы лопастей в смесителе обеспечивает улучшенное перемешивание и более равномерное распределение компонентов в смеси. Это достигается благодаря изменению угла наклона лопастей и их чередованию, что способствует увеличению турбулентности потока и более равномерной циркуляции материала.

Таким образом, данное техническое решение повышает производительность смесительного оборудования в процессе формования изделий, улучшая качество конечного продукта и снижая время производственного цикла [1].

Анализ существующих конструкций и схем установки лопастей на валах в двухвальных смесителях непрерывного действия позволили предложить эффективно действующую смешанную схему установки лопастей, позволяющую интенсифицировать массообмен в зоне смешивания в осевом направлении. Схема предусматривает наличие на одном из валов противоточных лопастей, создающих локальные встречные потоки массы смеси (лопасти 6, 8, 9 рис. 2). Концевые противоточные лопасти на разгрузочных концах валов (лопасти 10, 11) создают общий подпор массы, обеспечивая тем самым равномерное заполнение ею всей зоны смешивания и равномерную загрузку, и работу всех лопастей по длине смесителя [2].



Рис. 2. Схема установки лопастей на валах

Такая схема установки лопастей позволила уменьшить длину и массу бетоносмесителя при практически неизменившейся производительности и потребляемой мощности. Кроме того, уменьшились расходы на содержание и эксплуатацию оборудования за счет сокращения затрат на наплавку лопастей (меньше расход электродов), на экономию трудовых затрат при замене брони, очистке смесителя и наплавке лопастей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чемеричко Г. И., Е. В. Порядина Совершенствование конструкции рабочих органов двухвального лопастного смесителя непрерывного действия // Научно-технические инновации : юбилейная Международная научно-практическая конференция,

посвященная 60-летию БГТУ им. В. Г. Шухова, XXI научные чтения. (Белгород, 09–10 окт. 2014 г.). – Белгород, 2014. – Т.4. – С.181–184.

2. Гарабажиу, А. А. Интенсификация процессов перемешивания сухих сыпучих материалов в современных конструкциях смесителей // Строительная наука и техника. – 2010. – № 4. – С.27–42.

3. Кикин, Н. О. Совершенствование конструкции рабочих органов смесителей с горизонтальным расположением валов с целью повышения интенсификации смешивания // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова: Посвящена 165-летию В. Г. Шухова. – Белгород, 2018. – С. 2145–2149.

**Савельева И. Д., магистрант,
Покушалова П. Ю., магистрант,
Сиденко И. В., магистрант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Суворова М. О.**

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА И ОГРАНИЧЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ: АНАЛИЗ ПРИМЕРОВ И ВЫЯВЛЕНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВ

Искусственный интеллект (ИИ) – одно из наиболее прогрессивных изобретений человечества, еще меньше ста лет назад люди не могли представить машинный разум вне фантастических новелл, и уже с начала 2020-х гг. искусственный интеллект применяется практически во всех сферах жизни и секторах экономики.

Согласно ГОСТ Р 59277–2020 «Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта», искусственный интеллект - комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение, поиск решений без заранее заданного алгоритма и достижение инсайта) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека [3].

Внедрение искусственного интеллекта в такой крупный сектор экономики, как строительство способствует большему экономическому росту и оптимизации данной сферы. Машинный разум способен исключить ошибки, вызванные человеческим фактором, сократить время и повысить качество выполняемых проектов.

Целью данной статьи является анализ примеров использования ИИ в строительстве и определение преимуществ, недостатков применения в строительной отрасли, а также перспектив его дальнейшего развития.

Применение искусственного интеллекта в строительстве охватывает широкий спектр задач, включая проектирование, планирование, управление проектами, контроль качества и безопасность.

Распространение ИИ в строительстве происходит в следующих направлениях:

- проектирование зданий и сооружений;
- управление строительными процессами;
- контроль качества и безопасности на строительных площадках;
- мониторинг строительных объектов и рабочих;
- применение автономной техники.

В строительной индустрии используются различные направления развития искусственного интеллекта, рассмотрим подробнее наиболее распространенные (табл. 1).

Таблица 1

Наиболее распространенные направления искусственного интеллекта в области строительства [6]

№ п/п	Направление	Преимущество	Применение
1	2	3	4
1	Машинное обучение	Методика, позволяющая создавать алгоритмы, которые облегчает процесс обучения компьютеров посредством анализа данных без необходимости в прямом кодировании.	Изучение архивной информации о расходах на реализацию строительных проектов и оценка предстоящих финансовых затрат.
1.1	Регрессия	Прогнозирование количественных показателей, включая расходы на строительство и время, необходимое для завершения проекта.	Изучение информации о расходе энергии в зданиях и прогнозирование энергоэффективности вновь построенных объектов, принимая во внимание различные элементы, такие как архитектурные особенности, материалы, местоположение и другие факторы.
1.2	Кластеризация	Классификация предметов по их общим признакам.	Классификация строительных материалов в зависимости от их характеристик, таких как прочность, теплопроводность, срок службы и прочие параметры.
1.3	Анализ текста	Обработка массивов текстовой информации.	Изучение технической документации, включая схемы, характеристики и инструкции.
1.4	Алгоритмы обнаружения аномалий	Обнаружение аномальных или неожиданных явлений в данных.	Используются в системах слежения и охраны для выявления возможных угроз или неисправностей.
2	Компьютерное зрение	Создание модели человеческой зрительной системы, которая дает возможность машинам анализировать и интерпретировать цифровые изображения и видео.	Данное решение предоставляет возможность руководителям строительных проектов быстро реагировать на потенциальные угрозы, решая различные вопросы, такие как выявление неисправностей, минимизация рисков для безопасности и улучшения общей продуктивности.

1	2	3	4
3	Робототехника	Способность выполнять работы автономно, полностью или частично заменяя труд человека.	Применение робототехники на строительных площадках с целью повышения производительности труда, сокращения затрат на оплату рабочей силы и обеспечения своевременной сдачи проекта.
4	Интеграция цифровых двойников и ИИ	Искусственный интеллект способен обрабатывать информацию с датчиков для обнаружения тенденций, предсказывать поведение конструкций, следить за работой оборудования и улучшать строительные процессы.	Изучение и предсказание реакций конструктивных систем в различных условиях их использования.

Рассмотрим конкретные примеры применения каждого направления:

Одним из примеров применения машинного обучения в строительстве является разработка программного модуля RhinoCircular, который дает возможность оценить эколого-технические характеристики строительных материалов прямо в процессе проектирования.

Данный модуль предоставляет инструменты для анализа жизненного цикла строительных материалов и вычисления индекса, который учитывает срок эксплуатации материала, его способности к переработке, а также долю вторичных ресурсов в составе.

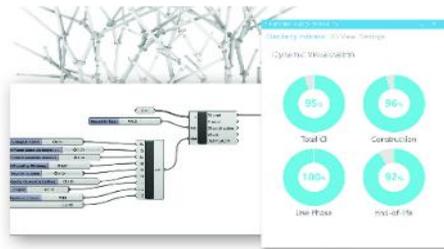


Рис. 1. Интерфейс программного модуля RhinoCircular

Компьютерное зрение применяется для видеомониторинга в целях обеспечения безопасности на объекте. ИИ определяет работника, нарушившего правила соблюдения техники безопасности, при интеграции в данную систему навыка распознавания лиц, ИИ может выписывать штрафы автоматически.

Внедрение робототехники продемонстрировала группа компаний «Самолет», которая осуществляет тестирование робособак для мониторинга строительных объектов. Эти роботы будут проверять соответствие строительных работ проектной документации, контролировать соблюдение норм безопасности на рабочей площадке, а также проводить необходимые измерения. Внедрение такого вида работа позволит сократить время проведения работ, при этом увеличить точность.

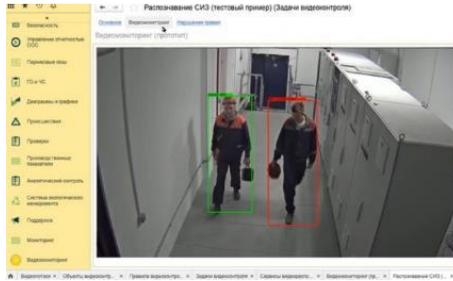


Рис. 2. Видеомониторинг с элементами ИИ



Рис. 3. Робособа, тестируемая группой компаний «Самолет»

Рассмотрим также результативность внедрения ИИ для решения конкретных задач (табл. 2).

Таблица 2

Результативность внедрения ИИ для решения конкретных задач [4]

Проблема	Решение	Результат
1	2	3
Мониторинг строительных объектов и рабочих		
Слабая эффективность строительных процессов обусловлена нарушением рабочими установленных норм, задержками в выполнении задач и недостаточно оперативным уведомлением руководства.	Мониторинг хода строительства, поступления материалов и объемов ресурсов с помощью дронов и видеокамер. Запись времени, проведенного с работниками в простое, осуществляется с сопоставлением с установленным расписанием через анализ данных, полученных от носимых гаджетов и стационарных камер.	Рост производительности на 30%.
Прогнозирование рисков и автоматизация типовых операций		
При ручном проектировании возникает необходимость повторно выполнять стандартные действия, что увеличивает риск ошибок и требует больше времени. Также из-за отсутствия автоматизированных систем невозможно учесть все потенциальные риски в процессе долгосрочного планирования.	Интеграция искусственного интеллекта в процессы планирования и администрирования: составление бюджета, тщательная оценка, выявление рисков на основе первоначальных данных, предсказание и так далее; Использование искусственного интеллекта в различных аспектах типового проектирования: создание инженерных сетей, детализация компонентов, проверка на соответствие строительным регламентам, а также сбор и экспорт данных и так далее.	Рост производительности на 20%, снижение издержек на 10%, сокращение времени проектирования на 40%.

1	2	3
Применение автономной техники		
Для эффективного управления сложными строительными машинами необходимо наличие высококвалифицированных специалистов, что создает проблемы из-за недостатка кадров на рынке труда.	Освоение беспилотной строительной техники, способной выполнять комплексные задачи круглосуточно и без перерывов, значительно упрощает труд работников и увеличивает продуктивность строительных процессов.	Снижение эксплуатационных расходов на 50%, повышение скорости возведения зданий на 50%.

Несомненно, применение ИИ в строительной сфере имеет огромное количество положительных аспектов, таких как оптимизация трудозатрат, снижение эксплуатационных расходов, сокращение времени трудопроизводства, минимизация погрешностей и рисков. Стоит отметить, что искусственный интеллект все еще в процессе совершенствования, то есть большинство плюсов – перспектива внедрения и обучения алгоритмов, процесс которого требует большого труда и высокой квалификации специалистов.

Помимо уже упомянутого трудного процесса интегрирования алгоритмов в работу, включающего в себя необходимость обучения алгоритмов на больших объемах данных, возможность допущения ошибок при интерпретации данных и необходимость защиты конфиденциальности информации, к негативным аспектам можно добавить также значительные затраты на оборудование и программное обеспечение.

На основании приведенных данных можно сделать вывод, что предприятия строительной области уже на данном этапе развития искусственного интеллекта активно внедряют алгоритмы для решения различных задач от проектирования до охраны труда, на что, согласно статистике, получают положительные результаты динамики показателей производительности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Князева Н. В., Левина Д. А. Использование BIM-сценариев в работе служб эксплуатации // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2019. №5. С. 99-105.
2. Наумов А. Е., Юдин Д. А., Долженко А. В. Совершенствование технологии проведения строительно-технических экспертиз с использованием аппаратно-программного комплекса автоматизированной дефектоскопии // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2019. №4. С. 61-69.
3. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 59277-2020 "Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта" (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23.12.2020 г. N 1372-ст) // Официальный интернет-портал правовой информации Консорциум Кодекс URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200177292?ysclid=m2ladpe8xw740710006> (дата обращения 22.10.2024)

4. Нейросеть на стройке. Как ИИ помогает в строительстве и ЖКХ // СБЕР Про URL: <https://sber.pro/digital/publication/nejroset-na-strojke-kak-ii-pomogaet-v-stroitelstve-i-zh-kh/?ysclid=m2kk51gtgn871236480>

5. Самые передовые информационные системы и технологии в строительстве в 2024 году // ЦУС Академия URL: <https://academy.tsus.ru/samye-peredovye-informacionnye-sistemy-i-tehnologii-v-stroitelstve/>

6. Федорова, Д. В. Использование технологий искусственного интеллекта в строительстве: современные тенденции и перспективы развития / Д. В. Федорова // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16. – № 3. – URL: <https://esj.today/PDF/19SAVN324.pdf>

Стативко К.А., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Кочерженко В.В.**

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

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ МОНТАЖУ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Технологии в области возведения большепролетных зданий сделали огромный скачок в своем развитии. На сегодняшний день современные стадионы имеют самые разнообразные и сложные архитектурные формы, а также имеют внушающие пролеты. Разнообразие большепролетных зданий и сооружений объясняется различными технологическими требованиями, предъявляемыми к ним, назначением здания, климатическими и сейсмическими воздействиями и прочими многими факторами. Стадионы являются сложными сооружениями, которые требуют особых инженерных решений [1]. Важной задачей при возведении большепролетных стадионов является обеспечение надежности и безопасности, при минимизации временных и трудовых затрат [2].

На сегодняшний день ключевым вектором совершенствования технологии возведения большепролетных покрытий над стадионами становится внедрение автоматизированных технологий монтажа. Данное направление позволяет открыть новые перспективы для повышения эффективности и качества выполнения строительно-монтажных работ. Для объектов с большими пролетами важно учитывать особенности и особый уровень ответственности при сборке и монтаже конструкций, поэтому применение современных технологий на строительной площадке играет важную роль. Например, использование роботизированных систем, инновационного оборудования и автоматических кранов сокращает сроки монтажа, а также снижает влияние человеческого фактора, уменьшая ошибки в производстве.

Для автоматизации монтажа большепролетных покрытий над стадионами применяют специализированные автоматизированные краны,

роботизированные подъемные платформы и другие высокоточные механизмы. Одной из наиболее распространенных технологий является внедрение кранов и оборудования с системой позиционирования. Применение позиционирования позволяет производить перемещение крана в указанные координаты без участия оператора. Данная технология может быть интегрирована с системой управления строительным процессом, что позволяет отслеживать выполнение задач в реальном времени и оперативно корректировать план в случае непредвиденных обстоятельств.

Применение дронов на строительной площадке позволяет отслеживать перемещение людей и техники на территории строительной площадки, управлять строительными процессами и планировать дальнейшие работы. Данная технология особенно удобна, при возведении масштабных и габаритных объектов. С помощью фотограмметрии или лидаров можно ускорить рабочий процесс, так как точные сведения о строительной площадке значительно упрощают логистику и помогают контролировать опасные зоны.

Для монтажа и сбора металлических конструкций покрытий могут внедряться роботы-сварщики. Основу механизма составляет «рука» – нескольких металлических балок, соединенных с помощью подвижных элементов. На конце манипулятора находится рабочая головка, которая и осуществляет сварку. К устройству крепится оптический наводчик, позволяющий точно выбирать место для наложения шва. Робот подключен к пульта управления, в котором установлено соответствующее ПО. Оно пишется для каждого проекта отдельно, что позволяет тонко кастомизировать возможности машины. Данная технология позволит сократить время возведения покрытия, выполняя монтаж металлических ячеек для последующей установки.

Использование автоматизированных технологий при монтаже большепролетных покрытий над стадионами имеет ряд своих преимуществ. Автоматизация позволяет снизить время выполнения строительных работ, что особенно важно при возведении стадионов в сокращенные сроки. Во-вторых, автоматизированный монтаж повышает уровень безопасности на строительной площадке. Поскольку в процессе задействовано меньшее количество рабочих на высоте, снижается риск производственных травм и несчастных случаев. Помимо этого, автоматизация способствует улучшить качество сборки конструкций. Программное обеспечение, управляющее монтажными механизмами, учитывает мельчайшие отклонения в проектном положении элементов, и позволяет избежать ошибок, возникающих в процессе ручной установки. Это особенно важно для большепролетных конструкций, где неточности могут привести к деформациям и снижению эксплуатационных характеристик. К недостаткам стоит отнести дороговизну оборудования, квалификацию сотрудников, а также сложность адаптации автоматизированных систем к уникальным условиям строительных площадок.

Несмотря на имеющиеся недостатки и ограничения, автоматизация монтажа большепролетных конструкций продолжает свое внедрение и развитие на строительных площадках. Несмотря на существующие вызовы и ограничения, дальнейшее развитие этой области позволит преодолеть текущие трудности и обеспечить более широкое применение автоматизации в строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочерженко, В. В. Технология и организация возведения большепролетных и высотных зданий и сооружений / В. В. Кочерженко, Л. А. Сулейманова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. – 178 с.

2. Агеева Е.Ю., Филиппова М.А. Большепролетные спортивные сооружения: архитектурные и конструктивные особенности.: Учебное пособие. – Н. Новгород: Издательство Нижегородского гос. архит.–строительного университета, 2014. –84 с.

3. Робототехника в современном строительстве: возможности и перспективы / [Электронный ресурс] // Школа для электрика: [сайт]. – URL: <https://electricalschool.info/robot/2970-robototehnika-v-sovremennom-stroitelstve.html> (дата обращения: 14.11.2024).

4. Сварочные роботы: применение и возможности / [Электронный ресурс] // : [сайт]. – URL: <https://top3dshop.ru/blog/welding-robots-advantages-and-abilities.html> (дата обращения: 14.11.2024).

5. Мурадова А.О. Худайбердиева Н.А. Гарлыев С. Автоматизация в строительной отрасли: вызовы и перспективы / Мурадова А.О. Худайбердиева Н.А. Гарлыев С. [Электронный ресурс] // Научная

э
л
е
к
т
р
о
н
н
а
я

Су Хунсюань, магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Погорелова И.А.

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

РОБОТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

б

Строительная отрасль является одной из ключевых сфер экономики, обеспечивающей развитие инфраструктуры и создание комфортной среды для жизни людей. В условиях постоянного роста объемов строительства и повышения требований к качеству работ актуальным становится вопрос о внедрении новых технологий, способных оптимизировать рабочие процессы и повысить эффективность строительных компаний.

Одним из перспективных направлений в этой области является применение промышленных роботов, которые представляют собой

а

«
К
и
б

передовое техническое решение, способное значительно ускорить процессы строительства, повысить качество выполняемых работ и обеспечить безопасность на строительной площадке. Внедрение роботизированных систем может привести к оптимизации рабочих процессов, снижению затрат на труд и уменьшению вероятности ошибок, связанных с человеческим фактором.

Роботы в строительстве уже не фантастика. Еще в 1984 году в СССР был выпущен государственный стандарт «Манипуляторы для строительно-монтажных работ. Общие технические требования» [1]. Однако в России они применяются в строительстве крайне редко. Во-первых, роботизация строительства сдерживается тем, что каждый проект уникален и требует применения различных высокотехнологичных решений. Во-вторых, применение роботов, например, при создании бетонных каркасов, связано с необходимостью использования дорогостоящих строительных смесей с высокой скоростью твердения, безопалубочных и безарматурных технологий строительства, в противном случае будет потеряна эффективность использования сложной техники. В-третьих, стоимость роботов по-прежнему высока [2-9].

Специалисты полагают, что в будущем роботы будут активно использоваться в малоэтажном строительстве [10]. Их применение позволяет в разы сократить временные и денежные затраты, а также обеспечивает высокую точность строительства. Несколько лет назад была предпринята попытка создания строительного робота, разработанного для механизации каменной кладки. Технологию разработали ученые из Лаборатории робототехники и микроэлектроники РАН.

За рубежом процесс робототехники идет очень интенсивно. Так, Фабио Грамасио и Маттиас Колер, профессора Института архитектурных технологий ETH Zurich в Швейцарии, были одними из первых, кто использовал роботов в области архитектуры и дизайна [3]. С 2006 года они исследовали различные технологии производства и применение широкого спектра различных материалов для создания зданий роботами. Их студия Gramazio & Kohler производит сложные конструкции, которые затем используются для возведения необычных сооружений в Цюрихе, Лондоне, Барселоне, Нью-Йорке и других местах (рис. 1).

Особенность данных конструкций в том, что они собираются из отдельных элементов, устанавливаемых в проектное положение с высокой степенью точности по специальному алгоритму. Ученые Японии, Великобритании и США одновременно разрабатывают строительные 3D-принтеры, которые «печатают» здания из монолитного железобетона. Есть информация о подобных исследованиях в Испании – проект «Stone Spray». Все это доказывает, что использование роботов в строительстве – перспективное направление развития отрасли.



Рис. 1. Работы студии Gramazio & Kohler

Точность и постоянство размеров заводских изделий, и их заданное расположение в конструкции здания позволяют автоматизировать процесс возведения здания. Для решения поставленной задачи необходимо предварительно определить требуемые параметры робота-манипулятора.

Промышленные роботы (ПР) характеризуются набором основных данных, таких как грузоподъемность, число степеней свободы, рабочая зона, подвижность, точность позиционирования и скорость перемещения [11].

Рассмотрим структурную и функциональную схемы промышленного робота с трехподвижным манипулятором. Основной механизм руки манипулятора состоит из неподвижного звена 0 и трех подвижных звеньев 1, 2 и 3 (рис. 2).

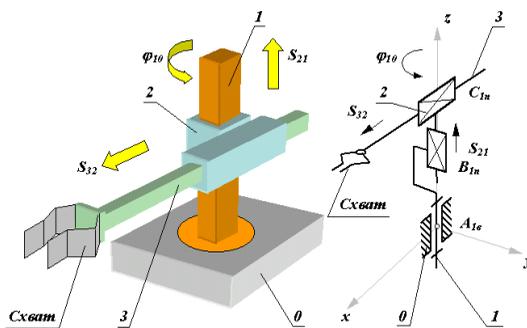


Рис. 2. Структурная схема промышленного робота

Механизм этого манипулятора соответствует цилиндрической системе координат. В этой системе звено 1 может вращаться относительно звена 0 (относительное угловое перемещение j_{10}), звено 2 перемещается по вертикали относительно звена 1 (относительное линейное перемещение S_{21}) и звено 3 перемещается в горизонтальной плоскости относительно звена 2 (относительное линейное перемещение S_{32}). На конце звена 3 укреплено захватное устройство или схват, предназначенный для захвата и удержания объекта манипулирования при работе манипулятора. Звенья

основного рычажного механизма манипулятора образуют между собой три одноподвижные кинематические пары (одну вращательную А и две поступательные В и С) и могут обеспечить перемещение объекта в пространстве без управления его ориентацией.

Механизм этого манипулятора соответствует цилиндрической системе координат. В этой системе звено 1 может вращаться относительно звена 0 (относительное угловое перемещение j_{10}), звено 2 перемещается по вертикали относительно звена 1 (относительное линейное перемещение S_{21}) и звено 3 перемещается в горизонтальной плоскости относительно звена 2 (относительное линейное перемещение S_{32}). На конце звена 3 укреплено захватное устройство или схват, предназначенный для захвата и удержания объекта манипулирования при работе манипулятора. Звенья основного рычажного механизма манипулятора образуют между собой три одноподвижные кинематические пары (одну вращательную А и две поступательные В и С) и могут обеспечить перемещение объекта в пространстве без управления его ориентацией. Для выполнения каждого из трех относительных движений манипулятор должен быть оснащен приводами, которые состоят из двигателей с редуктором и системы датчиков обратной связи. Так как движение объекта осуществляется по заданному закону движения, то в системе должны быть устройства, сохраняющие и задающие программу движения. Преобразование заданной программы движения в сигналы управления двигателями осуществляется системой управления. Эта система включает ЭВМ, с соответствующим программным обеспечением, цифроаналоговые преобразователи и усилители. Система управления, в соответствии с заданной программой, формирует и выдает на исполнительные устройства приводов (двигатели) управляющие воздействия u_i . При необходимости она корректирует эти воздействия по сигналам Dx_i , которые поступают в нее с датчиков обратной связи. Функциональная схема промышленного робота приведена на рис. 3.

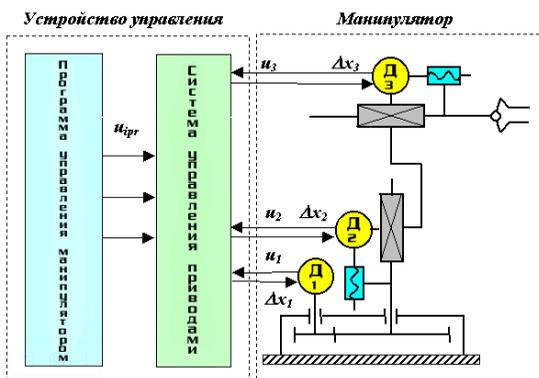


Рис. 3. Функциональная схема промышленного робота

Автоматизировать весь процесс строительства теоретически возможно, но вряд ли целесообразно на современном уровне развития технологий. Так, например, с бурением скважин или рытьем траншей под фундаменты легко справиться робот, а вот засыпку удобнее делать традиционным способом.

Отдельные действия по устройству инженерных сетей в здании легче выполнить человеку. Можно указать и другие операции, где применение роботов экономически невыгодно. Так, речь идет о совместной работе роботов и человека, как это организовано в ряде промышленных производств.

Круглосуточное роботизированное строительство предполагает трехсменную работу персонала, поэтому стандартная бригада строителей вряд ли будет сокращена, но существенное сокращение сроков строительства позволит снизить затраты на обеспечение рабочими и расходы, связанные с эксплуатацией строительной техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Манипуляторы строительные. Общие технические требования, ГОСТ 26055-84 (Москва, Издательство стандартов, 1984).

2. Костюк Ю. Л., Кулешов В. С., Кулаков Ф. М. Перспективы применения роботов и манипуляторов в строительстве // Механизация строительства. 2017. № 9. С. 50-53.

3. Bogue R. Industrial robots in construction: A review // Automation in Construction. 2007. Vol. 16, Pp. 721-731.

4. Сулейманова Л.А. Роботизация в производстве строительных материалов, изделий и конструкций. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 100 с.

5. Сулейманова Л.А., Строкова В.В., Сумин А.В. Информационные технологии в науке и технике. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 38 с.

6. Сулейманова Л.А., Огнев Н.В. Оценка возведения стен здания с помощью 3D-принтера в сравнении с традиционным строительством из бетонных блоков // Университетская наука. 2017. № 2 (4). С. 13-15.

7. Сулейманова Л.А., Погорелова И. А., Огнев Н.В. Особенности проектирования и возведения здания с применением аддитивных технологий строительства // Сборник докладов Zbornik Radova Visoke tehnicke Skole strukovnih studija, Сербия, 2018. С. 182-186.

8. Погорелова И.А. Компьютерное моделирование технологико-экономических задач. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. 183 с.

9. Волков С. А., Чулков В. О., Кузнецов С. М. Применение роботов в строительстве // Вестник МГСУ. 2014. № 10. С. 188–195.

10. Architects using robots to create amazing and beautiful structures // Informational-educational Tzoom-news project, portal. URL: <http://www.tzoom.com.ua/arxitektory-ispolzuya-robotov-sozdayut-udivitelnye-i-krasivye-stroeniya/>.

11. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Гинькин Н.С., Зайцев М.В. Организация и производство работ с применением средств роботизации при устройстве инженерных коммуникаций // В сб.: Наука и инновации в строительстве. – Белгород, 2020. С. 277-281.

Чжан Шухао, магистрант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

ОБРАЗОВАНИЕ НАЛЕДИ НА СКАТНЫХ КРЫШАХ ЗДАНИЙ С ХОЛОДНЫМ ЧЕРДАКОМ

Лед на скатных крышах представляет опасность для пешеходов и припаркованных вблизи зданий транспортных средств. Падение льда с крыш приводило к травмам и даже гибели людей. Падающий лед мог повредить транспортные средства, наружные блоки кондиционирования воздуха, козырьки, балконы и другие выступающие архитектурные элементы зданий, тротуары и дорожное покрытие. Механическое удаление льда с карнизных свесов крыш часто приводит к повреждению поверхности кровли и, как следствие, появлению протечек весной, ускоренному износу конструктивных и ограждающих элементов кровли и необходимости более частого ремонта и реконструкции [1-9].

Протечки на крышах могут стать причиной появления биоповреждений в элементах стропильных ферм [10]. Эти протечки подмачивают утеплитель чердачного перекрытия и теряют свои теплоизоляционные свойства. Протечки на крышах также приводят к промерзанию потолка (особенно заметно в угловых помещениях на стыке чердачного перекрытия с наружными стенами), образование конденсата на холодных поверхностях, появление грибка в местах с теплопроводными включениями, ухудшение параметров микроклимата на верхних этажах зданий, расположенных под холодным чердаком.

Основные причины образования наледей на крышах зданий и их негативные последствия подробно рассмотрены в работе [11]. В исследовании [12] показано, что плюсовая температура внутри неотапливаемого чердака и минусовая температура снаружи приводят к образованию наледи на карнизах. Низкий уровень теплоизоляции ограждающих конструкций, разделяющих холодный чердак и отапливаемые помещения, приводит к повышению температуры на чердаке по сравнению с рекомендуемыми значениями. Авторы [13-16] анализируют причины образования наледи на чердачных крышах отапливаемых зданий и дают конкретные предложения по предотвращению подобных наледей.

В работе [17] представлен комплекс мероприятий по ликвидации наледи на скатных кровлях. Приведен пример расчета и составления уравнения теплового баланса неотапливаемых чердачных помещений, выбора утеплителя ограждающих конструкций, разделяющих холодный чердак от помещений с нормальным тепловым режимом, и трубопроводов

системы отопления, расчета необходимой толщины утеплителя. Выявлена зависимость температуры чердачного пространства от конструктивного решения кровли, а также от вида паро- и теплоизоляции [18].

Авторы приводят оценку воздухообмена, необходимого для нормализации температурно-влажностного режима холодных чердаков [19]. Исследования показывают, что для нормализации температурно-влажностного режима без дополнительного утепления ограждающих конструкций требуется более чем восьмикратный воздухообмен чердачных помещений. Естественные режимы вентиляции не обеспечивают такого воздухообмена. В связи с этим только комплекс мероприятий, включающий утепление чердачных перекрытий, стенок вентиляционных каналов и проложенных на чердаке теплотрасс, позволяет обеспечить заданную температуру воздуха на чердаке, тем самым снижая вероятность образования наледи на скатных кровлях исторических зданий.

В исследовании рассматривается влияние формы и угла наклона скатов кровли на снегозадержание и образование льда на мансардных крышах [20]. Показано, что с увеличением угла наклона скатов кровли уменьшается вероятность застревания снега на скатах и образования льда на свесах карнизов.

В работе [21] проведен подробный сравнительный анализ потерь тепловой энергии до и после утепления наружных ограждающих конструкций зданий. В исследованиях показано, как изменяются потери при передаче тепловой энергии через наружную оболочку здания до и после ее утепления. В работах [22] рассмотрены методика и примеры расчета окупаемости инвестиций, необходимых для повышения уровня теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, в том числе чердачных перекрытий зданий со скатной кровлей и холодным чердаком.

Описанные выше методы предотвращения наледи являются так называемыми пассивными методами защиты. Они не требуют использования тепловой и электрической энергии в процессе эксплуатации. Существуют также активные способы защиты кровли от образования на ней наледи, требующие подключения к источнику электрической энергии. К ним относятся системы противогололедной защиты на основе нагревательных кабелей или матов [23]. Суть их действия заключается в следующем: при прохождении электрического тока по кабелям или матам, уложенным на холодных участках кровли, а также в местах вероятного образования снежных мешков, кабели и маты, нагреваясь током, растапливают снег и лед в местах их укладки. Как правило, системы противогололедной защиты обеспечивают обогрев свесов карнизов, желобов, водосточных воронок и водосточных труб, т. е. участков кровли, где наиболее вероятен риск образования наледи.

Суть технического решения, предлагаемого авторами [24], заключается в использовании вторичного тепла для нагрева воды в трубах для плавки льда и снега на кровле ледового дворца спорта «Татнефть Арена» (Санкт-Петербург, Россия), рассмотрены факторы, влияющие на

температурно-влажностный режим скатных крыш с холодными чердаками.

Следует отметить, что при реализации активных методов устранения наледи на крышах мы боремся не с причиной, а со следствием. Кроме того, реализация активных методов защиты крыш от наледи требует энергоресурсов, что противоречит принципам энергосбережения. Жители многоквартирных домов часто не одобряют активные методы из-за высоких постоянных затрат на обслуживание и эксплуатацию [25].

В связи с этим, пассивный метод борьбы с гололедом, рассматриваемый в данной работе, является наиболее предпочтительным. Его реализация не требует затрат энергетических ресурсов в процессе эксплуатации здания. Повышение уровня теплозащиты чердачного перекрытия и других ограждающих конструкций (входных дверей, стен вентиляционных камер, перегородок лифтовых шахт и т.п.), отделяющих холодный чердак от отапливаемых помещений, способствует снижению потерь тепловой энергии при передаче. Высокий уровень теплозащиты также снижает энергозатраты и улучшает параметры микроклимата в холодный и теплый периоды года на верхнем этаже, расположенном под холодным чердаком [26].

Исследования [27] показывают, что основной причиной образования наледи на скатных кровлях является несоблюдение температурно-влажностного режима в неотапливаемых чердачных помещениях. Это происходит, когда наружная температура в течение значительного периода держится ниже нуля, а температура воздуха в холодных чердачных помещениях остается положительной. Низкий уровень теплоизоляции ограждающих конструкций и изоляции трубопроводов, уплотнение насыпной изоляции чердачных перекрытий, недостаточная кратность воздухообмена чердачных помещений приводят к тому, что температура воздуха на чердаке оказывается существенно выше температуры наружного воздуха. Температура воздуха внутри чердака, особенно под коньком стропильной фермы и вблизи выходов вентиляционных каналов, оказывается положительной, что приводит к таянию нижних слоев снега на кровле здания. Талая вода стекает на холодный карнизный свес кровли, где постепенно образуется ледяной затор (рис. 1), перетекает через затор, замерзает и тем самым образует наледь (сосульки), свисающую с карнизов и водосточных воронок. Процесс льдообразования наиболее интенсивно происходит в местах расположения водосточных воронок, а при их зарастании льдом начинается и на остальных участках свесов карнизов (рис. 2).

Низкий уровень теплоизоляции ограждающих конструкций неотапливаемых чердаков, отсутствие воздухообмена в необходимом объеме, несвоевременная уборка снега на скатных кровлях способствуют повышению температуры воздуха в неотапливаемых чердаках, что приводит к образованию наледи на карнизных скатах и элементах водосточной системы зданий со скатной кровлей и холодным чердаком.



Рис. 1. Наледь на холодном участке карнизного свеса



Рис. 2. Сосульки на карнизном свесе крыши

Образование наледи – это серьезная проблема, которая может привести к повреждению кровли, протечкам и другим негативным последствиям. Основными причинами ее появления являются перепады температуры, высокая влажность воздуха и недостаточная теплоизоляция крыши.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рябчевский И.С. Устранение наледи на скатных крышах с неотапливаемым чердаком // Молодежь и научно-технический прогресс: Сборник докладов XII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т., Губкин, 18 апреля 2019 года. Том 1, 2019. С. 388-390.

2. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Зиятдинова А.Н. Технология монтажа теплоизоляционного слоя энергоэффективной эксплуатируемой кровли // Строительное производство. 2021. № 3. С. 55-60.

3. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Медведев С.А. Применение инновационных технологий при реконструкции кровель гражданских зданий // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов III Международной научно-практической конференции к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. С. 275-279.

4. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С. Основы технической эксплуатации зданий и сооружений. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. 200 с.

5. Сулейманова Л.А., Обайди А.А.Х. Прогнозирование энергопотребления здания на основе нейронных сетей // Университетская наука. 2023. № 2 (16). С. 65-67.

6. 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.

7. 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. 111-117.

8. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Есипов С.М. Контроль качества проектирования и строительства с применением технологий цифрового моделирования. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. 88 с.

9. Сулейманова Л.А., Амелин П.А., Рябчевский И.С. Технология информационного моделирования на этапе проектирования объекта капитального строительства. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. 126 с.

10. Dement'eva, M. Factors of Quality Reduction of Exploitation of Pitched Roofs with a Cold Attic in Conditions of Dense Urban Development // *MATEC Web of Conferences*. 2017. Vol. 106.

11. Roels, S., Langmans, J. Highly Insulated Pitched Roofs Resilient to Air Flow Patterns: Guidelines Based on a Literature Review // *Energy and Buildings*. 2016. Vol. 120. P. 10–18. doi: 10.1016/j.enbuild.2016.03.071.

12. Megri, A. C., Ali, A. A. A. Investigation of Attic Space Airflow and Temperature Distribution Using a Computational Fluid Dynamics Program // *ASHRAE Conference*. 2015. Vol. 121. Pp. 375-392.

13. Tariku, F., Iffa, E. D. Temperature and Air Flow Patterns in Attic Roofs // *Journal of Architectural Engineering*. 2017. № 23.

14. Сулейманова Л.А., Медведев С.А. Анализ причин и способов реконструкции кровель гражданских зданий // В сб.: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов III Международной научно-практической конференции к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 271-275.

15. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С. Образование и устранение наледи на скатных крышах с неотапливаемым чердаком // В сб.: Научные технологии и инновации. сб. докл. Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 94-98.

16. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Феодосов С.В. Устройство холодных крыш с учетом излучательной способности поверхности // В сб.: Наука и инновации в строительстве. сб. докл. VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. С. 223-228.

17. Ge, H., Wang, R., Baril, D. Field Measurements of Hygrothermal Performance of Attics in Extreme Cold Climates // *Building and Environment*. 2018. Vol. 134. Pp. 114–130.

18. Puthipiroj, P. A Comparative Study of the Efficiency in Reducing Heat Gain through Roof between Using Attic Ventilation and Using Aluminium Foil // *Sun, Wind and Architecture – The Proceedings of the 24th Int. Conf. on Passive and Low Energy Architecture, PLEA 2007*. 2007. Pp. 513-518.

19. Wang, R., Ge, H., Baril, D. Moisture-Safe Attic Design in Extremely Cold Climate: Hygrothermal Simulations // *Building and Environment*. 2020. Vol. 182.

20. Olenets, M., Piotrowski, J. Z. A Model of Heat and Air Transfer in a Ventilated, Rectangular Space // *J. of Building Physics*. 2017. № 40. Pp. 334-345.

21. Pihelo, P., Kalamees, T. The Effect of Thermal Transmittance of Building Envelope and Material Selection of Wind Barrier on Moisture Safety of Timber Frame Exterior Wall // *Journal of Building Engineering*. 2016. № 6. Pp. 29-38.

22. Carlos, J. S. Simulation of the Influence of an Attic on the Building Energy Efficiency in the Portuguese Climate // Indoor and Built Environment. 2016. Vol. 25. Pp. 674-690.

23. Roodvoets, D.L. Practical Implications of the Elimination of Natural Attic Ventilation in Mixed Climates // Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings, 2001.

24. Alshayji, A.; Ebrahim, S. Numerical Simulation of Heat Transfer Process in Inclined Roofs with Radiant Barrier System // Journal of Engineering Research (Kuwait) 2020, Vol. 8, Pp. 305–323.

25. Nik, V.M.; Sasic Kalagasidis, A.; Kjellström, E. Assessment of Hygrothermal Performance and Mould Growth Risk in Ventilated Attics in Respect to Possible Climate Changes in Sweden // Building and Environment 2012, Vol. 55, Pp. 96-109.

26. Hansen, T.; Møller, E.B.; Tvedebrink, T. Hygrothermal Performance of Cold Ventilated Attics above Different Horizontal Ceiling Constructions: Full-Scale Test Building // Journal of Building Physics 2020, Vol. 44, Pp. 67-91.

27. Shen, Z.; Wang, S. Investigating Self-Cooling Effects of Ventilated Attics under Different Roof and Ambient Temperatures in Summer // Journal of Civil Engineering and Management 2014, Vol. 20, Pp. 674-685.

**Шаповалов М.М., магистрант,
Артемова К.А., магистрант,
Трошкина В.Б., магистрант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Абакумов Р. Г.**

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

ПРОГРЕССИВНЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Организационно-технологические решения при проектировании строительства всегда находятся в стадии постоянного улучшения и поиска возможных путей решения проблем. Большинство современных перспективных тенденций заключается в применение BIM технологий информационных моделей зданий, использование облачных технологий и вычисления где происходит постоянный обмен данными между участниками проекта, а также применение современной техники и современных материалов и использование автономных систем управления и контроля позволяющие постоянно обновлять и совершенствовать подходы к проектированию с целями оптимизации строительства в целом [1].

Строительная отрасль находится на переднем крае внедрения новых технологий и методов работы. Прогрессивные организационно-технологические решения меняют традиционные подходы, делая процессы более эффективными и сокращая затраты. В этом тексте мы рассмотрим

основные направления, в которых происходят изменения, а также преимущества внедрения новых решений.

С развитием технологий в строительстве происходит кардинальная оптимизация различных процессов. Цифровизация позволила внедрить новейшие программные решения, которые значительно упрощают планирование, управление и контроль. Одной из ключевых технологий является Building Information Modeling (BIM). Система позволяет создавать 3D-модели зданий, которые содержат всю необходимую информацию - от архитектурных решений до стоимости материалов [2].

BIM не только улучшает визуализацию проекта, но и облегчает междисциплинарное взаимодействие. Например, архитектор, инженер и сметчик могут одновременно редактировать один и тот же проект, что значительно снижает вероятность ошибок. Более того, использование BIM снижает временные затраты на проектирование и строительство, что особенно важно в условиях современных реалий, когда время – ключевой фактор успеха.

Автоматизация на строительных площадках становится все более распространенной. Современные машины и устройства, такие как роботизированные экскаваторы и 3D-принтеры для бетона, позволяют сократить время выполнения задач. Например, 3D-печать в строительстве дает возможность практически мгновенного возведения конструкций. Это особенно актуально для удаленных и труднодоступных мест, где традиционные методы неприменимы или требуют значительных ресурсов [2].

Внедрение автономных машин, функционирующих на основе искусственного интеллекта, также вносит существенные коррективы в процесс строительства. Эти технологии способствуют снижению количества ошибок, обеспечивая более высокую точность выполнения работ. Использование геолокационных систем и датчиков позволяет оптимизировать перемещение техники на строительной площадке, что приводит к уменьшению расхода топлива и сокращению времени, затрачиваемого на перемещение. Управление проектами в условиях постоянных изменений. Современные строительные проекты часто подвергаются изменениям, вызванным изменениями требований клиентов, архитектурных решений или законодательства. Для эффективного управления такими динамическими проектами необходимы не только гибкие методологии, но и программные решения, которые позволяют оперативно вносить изменения в графики и бюджеты.

Методология «Agile» обычно применяемая в сфере программирования постепенно находит свое применение и в строительной отрасли. Она позволяет командам быстро адаптироваться к изменениям и при необходимости переоценивать приоритеты, что значительно повышает вероятность успешного завершения проектов в условиях неопределенности. Применение цифровых панелей управления проектами помогает командам визуализировать текущее состояние проекта, а также выявлять узкие места и оперативно принимать меры по их устранению [2].

Энергоэффективность и устойчивое строительство. С учетом мировых трендов на устойчивое развитие, энергосбережение становится ключевым аспектом новых строительных решений. Использование альтернативных и материалов, которые производятся по близости не только снижает негативное воздействие на окружающую среду, но и помогает сократить эксплуатационные расходы здания в перспективе. Такие решения, как солнечные панели и системы рециркуляции воды, становятся все более популярными.

Современные здания все чаще проектируются с учетом принципов зеленого строительства, включающих в себя возобновляемые источники энергии эффективные системы отопления и рециркуляции воздуха, а также инновационные технологии изоляции. Эти практики способствуют снижению затрат в будущем, а также улучшают качество жизни человека как в физическом, так и ментальном здоровье [5].

Внедрение цифровых технологий в управление качеством, контроль качества на строительных площадках также значительно изменился благодаря появлению цифровых решений. Системы автоматизированного акта контроля позволяют существенно упростить процесс проверки соответствия выполненным работ проектной документации, к примеру с помощью мобильных приложений специалисты могут документировать этапы выполнения работ, делать фотографии и оставлять комментарии, что позволяет в режиме реального времени отслеживать качество и соответствие стандартам [5].

Разработанная Министерством строительства Российской Федерации «Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства до 2030 года с прогнозом до 2035 года» (далее - Стратегия), а также Распоряжение Правительства РФ от 27 декабря 2021 года № 3883-р «О стратегическом направлении в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства РФ до 2030 года» содержат ключевые положения, указывающие на необходимость преобразования строительной индустрии к 2030-м годам. Эти документы провозглашают амбициозную цель: повысить производительность труда на 10% за счет внедрения передовых технологий, где в основе этого перехода лежит не только стремление к ускорению строительных процессов, но и желание шагнуть в эпоху цифровизации и инновационных проектов. По мере осуществления данных инициатив, строительный сектор обретет новые горизонты, открывая путь к современным, устойчивым и эффективным решениям в градостроительстве и жилом фонде, способствуя созданию комфортной городской среды для будущих поколений. [4].

В частности, планируется цифровая трансформация строительства, в которую войдут:

- унификация и перевод в электронный вид обязательных мероприятий в сфере строительства;
- использование технологий информационного моделирования (BIM-технологии);

- создание суперсервиса «Цифровое строительство»;
- взаимодействие в единой цифровой среде органов экспертизы и участников строительного рынка, в том числе проведение экспертизы проектной документации в рамках «одного окна»;
- создание системы управления проектами государственных заказчиков;
- формирование вертикали управления цифровой трансформацией отрасли [4].

Прогресс в области анализа данных также играет важную роль в обеспечении качества. Большие объемы данных о строительных проектах, собранные с помощью датчиков и камер, анализируются с использованием алгоритмов машинного обучения, что позволяет быстро выявлять проблемы и предупреждать о возможных рисках.

Облачные технологии и совместная работа. Использование облачных технологий в строительстве превращает работу команд в более интегрированное взаимодействие. Такие решения позволяют всем участникам проекта работать с актуальной информацией и документацией в режиме реального времени. Все данные хранятся в одном месте, что устраняет риски, связанные с устаревшей информацией и разнородностью форматов файлов. Эти технологии не только упрощают совместную работу, но и снижают затраты на оборудование и программное обеспечение. Сервисы и программы доступные в облаке позволяют компаниям гибко масштабировать ресурсы и быстро реагировать на изменения [2, 3].

Значение исследований и разработок в строительной отрасли необходимо для поддержки конкурентоспособности и эффективного внедрения новых технологий в строительстве крайне важно уделять внимание научным исследованиям и разработкам так как множество компаний уже активно инвестируют в научные изыскания, чтобы находить новые решения, которые повысят эффективность и снизят затраты.

Внедрение новых материалов таких как самовосстанавливающийся бетон и облегченные структурные элементы, значительно тормозит износ зданий и сооружений. Исследования в области устойчивых технологий, таких как зеленый водород и другие альтернативные источники энергии, обеспечивают новые подходы к энергоснабжению и сантехнике.

Будущее строительной отрасли представляется многообещающим в свете внедрения прогрессивных технологий. В свете текущих трендов можно предсказать, что в будущем будут преобладать не только цифровизация и автоматизация, но и актуальность устойчивости.

Все больше компаний будут ориентироваться на принципы комплексного устойчивого подхода, учитывающая не только прибыль, но и влияние на окружающую среду и общество. Например, из важных направлений станет интеграция всех элементов строительного процесса в единую экосистему это позволяет повысить уровень прозрачности и доверия между всеми участниками как от заказчиков так до и исполнителей. Системы мониторинга, основанные на IoT (интернет вещей)

смогут обеспечивать полное отслеживание состояния зданий и сооружений на всех этапах их жизненного цикла.

Таким образом, прогрессивные организационно-технологические решения в строительстве открывают новые горизонты для повышения эффективности и снижения затрат. Эти инновации способствуют созданию более устойчивых, комфортных и безопасных зданий. Важно продолжать идти в ногу с вызовами времени и использовать все доступные возможности для оптимизации процессов. Инвестиции в технологии, исследования и разработку станут залогом успешного будущего строительной отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тенденции совершенствования организационно-технологических решений в проектировании строительства зданий и сооружений [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-sovershenstvovaniya-organizatsionno-tehnologicheskikh-resheniy-v-proektirovani-i-stroitelstva-zdaniy-i-sooruzheniy>

2. Выбор организационно-технологических решений при реконструкции объектов без прекращения эксплуатации [Электронный ресурс] URL: <https://moluch.ru/archive/107/25595/>

3. Организационно-техническое (технологическое) проектирование [Электронный ресурс] URL: <https://studfile.net/preview/1937805/page:4/>

4. Новые технологические решения в области инфраструктуры [Электронный ресурс] URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/novye-tekhnologicheskie-resheniya-v-oblasti-infrastruktury/>

5. Абакумов Р.Г., канд. экон. наук, доц. Методология системного исследования управления воспроизводством основных средств. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова.

Ширина Д.С., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Фролов Н.В.**

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

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ УКРУПНИТЕЛЬНОЙ СБОРКИ МОНТАЖА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОЛОНН

В современных условиях строительства и промышленности важность оптимизации процессов монтажа металлических колонн становится все более очевидной. Одним из ключевых аспектов данной оптимизации является крупнительная сборка, которая позволяет значительно сократить время на монтаж и улучшить качество соединений. В данной статье мы рассмотрим основные направления оптимизации технологии крупнительной сборки, а также роль автотранспорта в этом процессе.

Укрупнительная сборка металлических колонн включает в себя предварительное соединение отдельных элементов конструкции в крупные блоки, которые затем монтируются на строительной площадке. Этот подход не только ускоряет процесс монтажа, но и позволяет повысить точность соединений, что критически важно для обеспечения прочности и надежности всей конструкции.

Оптимизация технологии укрупнительной сборки монтажа металлических колонн является ключевым аспектом в современной промышленности. Введение в укрупнительную сборку металлических колонн представляет собой процесс совмещения нескольких стандартных элементов конструкции в одну более крупную деталь. Этот метод позволяет существенно увеличить производительность и экономить время на монтаже. Такой подход особенно полезен при строительстве больших сооружений, где требуется установка множества однотипных элементов. Путем оптимизации процесса укрупнительной сборки металлических колонн можно добиться значительного улучшения производственной эффективности и качества конечного продукта.

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на скорость и качество монтажа, являются соединения между металлическими колоннами и другими элементами конструкции. Использование современных технологий сварки и крепления позволяет значительно сократить время на сборку. Например, применение высокопрочных болтовых соединений может уменьшить количество этапов монтажа и повысить надежность конструкции.

Создание стандартных элементов для укрупнительной сборки позволяет сократить время на изготовление и ускорить процесс монтажа (рис. 1). Стандартизация также упрощает логистику, так как позволяет заранее планировать заказы и поставки необходимых материалов.

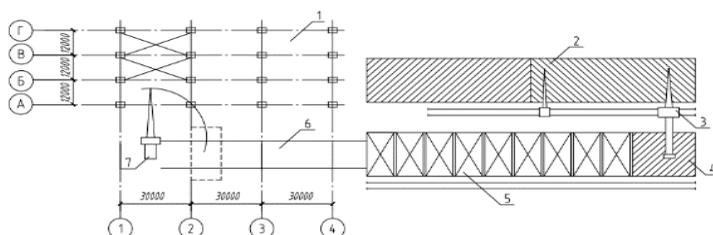


Рис. 1. Схема строительного контейнера: 1 – монтируемый цех; 2 – склад конструкций; 3 – краны, обслуживающие контейнер; 4 – площадка укрепления ферм; 5 – стоянки контейнера; 6 – пути подачи блоков к месту установки на установщик; 7 – кран для установки блока на установщик

Внедрение новых технологий и оборудования для укрупнительной сборки может значительно повысить производительность. Использование автоматизированных систем и роботизированных комплексов позволяет минимизировать человеческий фактор и увеличить точность сборки.

Эффективная логистика играет важную роль в процессе укрупнительной сборки. Автотранспорт – это один из основных способов доставки металлических колонн и других компонентов на строительную площадку. Оптимизация логистических процессов включает в себя:

Оптимизация маршрутов доставки позволяет сократить время в пути и уменьшить затраты на транспортировку. Использование современных навигационных систем и программного обеспечения для планирования маршрутов помогает избежать пробок и других препятствий на дороге.

Для перевозки металлических колонн требуются специальные транспортные средства, такие как низкорамные тралы. Они обеспечивают безопасную и надежную доставку крупных и тяжелых грузов. Оптимизация автопарка и использование специализированного транспорта способствует снижению рисков повреждения колонн в процессе транспортировки.

Важно обеспечить синхронность между поставками металлических колонн и другими строительными материалами. Это позволяет избежать задержек на строительной площадке и ускорить процесс монтажа.

Оптимизация технологии укрупнительной сборки монтажа металлических колонн – это многогранный процесс, который требует комплексного подхода. Улучшение соединений, стандартизация деталей и модернизация оборудования в сочетании с эффективной логистикой и использованием автотранспорта позволяют значительно повысить производительность и надежность сборки. В условиях современного строительства, где время и качество имеют решающее значение, такие меры становятся неотъемлемой частью успешного выполнения проектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солодов Н.В., Есипов С.М. Металлические конструкции, включая сварку // Белгород : Изд-во БГТУ, 2015 – 52 с.
2. Гинзбург А.В. Постановка задачи оптимального проектирования стальных конструкций / А. В. Гинзбург, А. А. Василькин // Вестник МГСУ, 2014. – № 6. – С. 52-56.
3. Доркин В.В. Металлические конструкции: Учебник / В.В. Доркин, М.П. Рябцева. - М.: Инфра-М, 2018. - 272 с.
4. Баранов, И. А., Петров, С. В. Оптимизация процессов укрупнительной сборки на промышленных предприятиях. / Журнал машиностроения и автоматизации. – 2020. – № 45(3). – С. 123-130.
5. Петров В.С. Технология сборки и монтажа металлических конструкций: учебное пособие / В.С. Петров – Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2010–180 с.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Аль-Згуль С.Х., аспирант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Чепурненко А.С.**

*Донской государственный технический
университет, г. Ростов-на-Дону, Россия*

РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ДЕФЕКТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН

Контроль качества железобетонных конструкций представляет собой важнейший аспект, определяющий безопасность и долговечность строительных объектов. Именно надежные характеристики бетона и арматуры играют решающую роль в устойчивости конструкций к механическим нагрузкам и воздействию агрессивной среды.

Железобетонные колонны являются наиболее важным несущим элементом каркаса здания и поэтому при оценке общей поврежденности здания [1] именно колоннам присваивается наивысший коэффициент значимости, определяемый экспертным путем с учетом социально-экономических последствий разрушения этих конструкций.

Тщательный мониторинг и оперативное выявление дефектов железобетонных колонн способны предупредить аварийные ситуации, что особенно актуально для капитальных сооружений с длительным сроком службы.

Цель данной статьи – анализ и классификация дефектов железобетонных колонн, выделение этапов разработки программного комплекса по обнаружению дефектов в колоннах. Также в работе проанализирована эволюция методов контроля и оценки долговечности железобетонных конструкций.

На протяжении последних десятилетий, подходы к контролю качества строительных конструкций претерпели глубокие изменения, что связано с прогрессом научных исследований и технологических разработок [2]. Первоначально, оценка состояния железобетонных конструкций осуществлялась вручную и включала визуальный осмотр, а также базовые методы диагностики. Однако уже к середине XX в. активное внедрение методов неразрушающего контроля, таких как ультразвуковая диагностика, рентгенография и термография позволило обнаруживать скрытые дефекты без нарушения целостности конструкций, что стало важным шагом в повышении надежности обследований и их результатов.

С развитием вычислительных технологий в конце XX в. начали внедряться автоматизированные системы мониторинга, которые применяли цифровую обработку данных для получения более точных и комплексных оценок состояния конструкций. Дополнительно, электромагнитные и химические методы, такие как карбонотестирование или анализ хлоридов, обеспечивали диагностику состояния арматуры и защитного слоя бетона.

С начала XXI в., с появлением методов искусственного интеллекта и алгоритмов глубокого обучения, открылись новые горизонты в обеспечении безопасности строительных объектов. Эти технологии позволяют моделировать сложные процессы деградации материалов и прогнозировать их остаточный ресурс, учитывая большое количество факторов воздействия. Такой подход значительно увеличил возможности по сравнению с традиционными методами анализа и диагностики для мониторинга состояния железобетонных колонн, что является важнейшим аспектом безопасности и долговечности этих конструкций.

Решения на основе искусственного интеллекта и машинного обучения, включая обработку изображений и прогнозирования остаточного ресурса, вкупе с цифровым моделированием, открывают новые горизонты в автоматизации и повышении точности обследований.

Благодаря этим технологиям становится возможным разработать комплексный подход, сочетающий традиционные и современные технологии, позволяющие наиболее эффективно и на ранних стадиях выявлять потенциальные повреждения и дефекты, что позволяет значительно повысить точность прогнозирования остаточного ресурса конструкций и снизить эксплуатационные риски.

Машинное обучение предлагает новые подходы для прогнозирования разрушения конструкций, повышая производительность и эффективность диагностики. Реляционные базы данных, такие как Microsoft SQL Server позволяют хранить большой массив информации о параметрах, изменяющихся во времени (температура, влажность, ширина раскрытия трещин и т.д.), а векторные, такие как Clickhouse, Milvus позволяют хранить большие объемы текстовой информации (отчеты об обследовании, заключения экспертов и т.д.) в виде эмбедингов. Информация, полученная из этих баз данных, может быть использована в дальнейшем для построения мультимодальных моделей.

Подобные методы обеспечивают мониторинг конструкций с минимальным участием человека, создавая более автоматизированную и надежную систему контроля. В частности, важнейшей задачей в прогнозировании прочности железобетона является учет различных видов коррозии арматуры, такие как коррозия, вызванная хлоридами (1/3 случаев) и коррозия вследствие карбонизации (2/3 случаев) [3]. Поскольку периоды появления коррозии значительно превышают периоды разрушения, критически важны ML-модели, которые способны предупреждать о вероятных дефектах на ранних стадиях.

Например, коррозионные процессы подчиняются законам диффузии, в частности, второму закону Фика, описывающему распространение хлоридов и CO_2 в бетоне. Согласно этому закону, глубина проникновения коррозии в бетон находится в прямой зависимости от квадратного корня по времени, если коэффициент проникновения остается постоянным по всей толщине бетона. Однако в реальных условиях диффузия CO_2 зависит от ряда факторов, таких как: влажность, температура и концентрация CO_2 в воздухе, что усложняет задачу точного прогнозирования. Для решения данной проблемы была предложена модель Duracrete, которая учитывает параметры окружающей среды, погодные условия и изменяющуюся концентрацию CO_2 . Однако даже наиболее продвинутое модели, включая Duracrete, не могут учесть всю сложность процессов, и их объединение в единую модель порождает значительные неопределенности.

Одним из возможных решений является внедрение адаптивных моделей машинного обучения, которые обучаются на актуальных данных, регулярно обновляемых в режиме реального времени. Такие модели позволяют оценивать состояние бетона и вероятность коррозии с учетом изменяющихся факторов окружающей среды. В контексте автономных систем важную роль играют мультиагентные системы (MAS), в которых агенты способны адаптироваться к различным начальным условиям и состояниям окружающей среды, что позволяет учесть многомерность и непредсказуемость процессов. Хотя машинное обучение постепенно становится популярным в инженерных областях, его широкомасштабное применение для оценки прочности и срока службы железобетонных конструкций пока остается ограниченным и требует дальнейшего развития.

Укрупненные этапы разработки программного комплекса по обнаружению дефектов в железобетонных колоннах представлены в виде схемы на рис. 1.

Для разработки программного комплекса по визуальному определению дефектов железобетонных колонн необходимо классифицировать наиболее распространенные дефекты и создать датасет с реальными или сгенерированными изображениями дефектов.

Классификация основных дефектов с характеристиками [4] и модельным изображением выполнена в виде таблицы (рис. 2).

Разрабатываемая программа должна поддерживать обучение нейронных сетей для задач обнаружения дефектов в колоннах.

Для создаваемой программы необходимо разработать и имплементировать алгоритмы машинного обучения и обработки данных, используя сверточные нейронные сети (CNN) (рис. 3), обучение с подкреплением (Reinforcement Learning) и пр. Примеры распознавания дефектов железобетонных колонн приведены на рис. 4 [5].

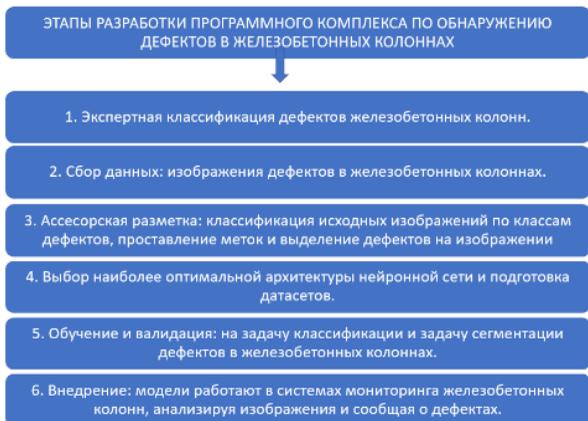


Рис. 1. Этапы разработки программного комплекса по обнаружению дефектов в железобетонных колоннах

Класс дефекта	Типы дефектов	Коэффициент условия работы (вывод о категории технического состояния)	Изображение
1	отсутствуют видимые повреждения, отдельные раковины и выбоины в пределах защитного слоя.	k=1 (нормальное)	
2	Повреждение защитного слоя и частичная коррозия арматуры (дефекты приводящие к снижению несущей способности до 5%)	k=0.85 (удовлетворительное)	
	Вертикальные трещины с шириной раскрытия в мм:		
3	0.1	k=1 (нормальное)	
	0.2	k=0.85 (удовлетворительное)	
	0.3	k=0.7 (неудовлетворительное)	
	0.4	k=0.55 (предварийное)	
	>0.4	k=0.35 (аварийное)	
4	Поперечные трещины с шириной раскрытия в мм:		
	0.1	k=1 (нормальное)	
	0.3	k=0.85 (удовлетворительное)	
	0.4	k=0.7 (неудовлетворительное)	
	0.5	k=0.55 (предварийное)	
>0.5	k=0.35 (аварийное)		
5	Уменьшение поперечного сечения колонны в %		
	5,00	k=1 (нормальное)	
	10,00	k=0.85 (удовлетворительное)	
	15,00	k=0.7 (неудовлетворительное)	
	25,00	k=0.55 (предварийное)	
>25	k=0.35 (аварийное)		
5	Уменьшение поперечного сечения арматуры в %		
	5	k=1 (нормальное)	
	10,00	k=0.85 (удовлетворительное)	
	20,00	k=0.7 (неудовлетворительное)	
	>20	k=0.35 (аварийное)	
6	Выпучивание спятой арматуры, мм		
	3,00	k=0.55 (предварийное)	
	5,00	k=0.35 (аварийное)	

Рис. 2. Классификация основных дефектов в железобетонных колоннах

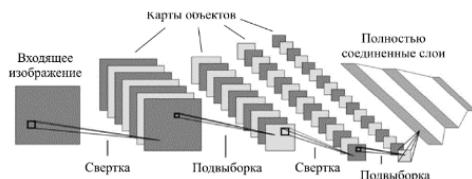


Рис. 3. Архитектура сверточной нейронной сети (CNN)

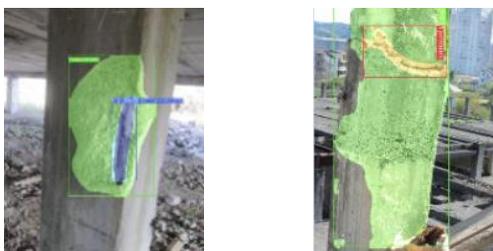


Рис. 4. Нейросетевая сегментация дефектов в колоннах

Результатом работы, полученной мультимодальной модели, будут технические характеристики дефектов, которые могут быть перенесены в одну из расчетных САД-систем для определения напряженно-деформированного состояния поврежденных колонн и оценки их остаточного ресурса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам / ЦНИИПромзданий. М., 2001.
2. С. Кумар, Н. Р. Атьям, К. Н. К., С. Авастхи, М. Коттесваран и К. С. Тирунавуккарасу. Интеллектуальная модель повышения пропускной способности и оценки для гибридных зданий с использованием облегченной модели глубокого обучения // Международная конференция по прорывным технологиям (ICDT). 2023, С. 57-62,
3. Taffese, Woubishet & Sistonen, Esko. (2017). Machine learning for durability and service-life assessment of reinforced concrete structures: Recent advances and future directions. *Automation in Construction*. 77. 1–14. 10.1016/j.autcon.2017.01.016.
4. Гликин С.М., Туголуков А.М., Ильин В.Т. Пособие по практическому выявлению пригодности к восстановлению поврежденных строительных конструкций зданий и сооружений и способам их оперативного усиления. - М.: ЦНИИПРОМЗДАНИЙ, 1996. - 99 с.
5. Степанов Д. В., Макаров А. В., Молотов А. М., Облетов Е. Н. Сверточные нейронные сети для выявления дефектов и повреждений конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2024. № 9. С. 52-58. doi: 10.33622/0869-7019.2024.09.52-5.

**Артемова К.А., магистрант,
Шаповалов М.М., магистрант,
Трошкина В.Б., магистрант**

**Научный руководитель: ассистент
Сиденко И.В.**

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

ПРАВИЛА ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Обследование зданий и сооружений представляет собой важный аспект в области строительства и архитектуры, который напрямую влияет на безопасность и долговечность объектов. В условиях постоянного роста городского строительства и увеличения числа существующих зданий, необходимость в систематическом подходе к обследованию их технического состояния становится все более актуальной. Правила обследования, как основа для оценки состояния конструкций, играют ключевую роль в предотвращении аварий и обеспечении безопасной эксплуатации объектов. В данной работе мы сосредоточимся на разработке и систематизации правил обследования и мониторинга технического состояния зданий и сооружений в соответствии с современными нормативными актами, такими как ГОСТ 31937-2024 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

Актуальность данной темы обусловлена несколькими факторами. Во-первых, недостаток знаний и единых рекомендаций по обследованию зданий и сооружений может приводить к неправильным оценкам их технического состояния, что повышает риск аварий и несчастных случаев [1]. Во-вторых, с учетом старения существующих зданий и увеличения нагрузки на инфраструктуру, необходимо разработать четкие и понятные правила, которые помогут специалистам в проведении обследований. В-третьих, современные технологии и методы обследования, такие как радиационные методы, открывают новые горизонты для контроля качества конструкций, что также требует систематизации и стандартизации подходов.

В рамках данной работы мы рассмотрим несколько ключевых аспектов, связанных с обследованием зданий и сооружений.

Процесс обследования зданий и сооружений включает в себя ряд обязательных мероприятий, направленных на выявление их текущего состояния, оценку безопасности и функциональности для дальнейшей эксплуатации [2]. Состав и объемы работ определяются в зависимости от типа объекта, его назначения, конструктивных особенностей и состояния. Необходимость обследования может быть вызвана различными факторами: от плановой оценки состояния до возникновения внешних повреждений или дефектов.

Первый этап обследования заключается в сборе предварительной информации о здании: изучение проектной документации, результатов предыдущих обследований, а также данных о проведенных ремонтах и реконструкциях. Важно узнать историю строительства, эксплуатации и характер используемых материалов. Таким образом, возможно выявить потенциальные проблемы до начала практических работ.

Физическое обследование осуществляется в несколько этапов. На начальном этапе проводится визуальный осмотр, в ходе которого фиксируются видимые недостатки, такие как трещины в стенах, коррозия металлоконструкций, повреждения покрытий, состояние окон и дверей. Важным аспектом является также оценка состояния фундамента, который наиболее уязвим к деформациям. Специалисты должны обращать внимание на изменения в рельефе местности и возможные осадки, которые могут повлиять на техническое состояние всего здания.

Если визуальный осмотр выявляет серьезные подозрения о состоянии конструкции, необходимо проводить более глубокие исследования [3]. К ним могут относиться неразрушающие методы контроля: ультразвуковая дефектоскопия, магнитная дефектоскопия, термография и другие. Эти технологии позволяют выявить скрытые дефекты и оценить физические свойства материалов, не нанося им повреждений. Неразрушающие обследования особенно важны для жизненно важных конструкций, где любые дефекты могут привести к серьезным последствиям.

Объем работ по обследованию определяется также в зависимости от назначений и сроков эксплуатации объектов. Для зданий, которые планируются к дальнейшей эксплуатации, объемы работ будут обширнее и глубже. Важно учитывать не только структурные материалы, но и соответствие зданий современным требованиям безопасности и комфорта. Для жилых и общественных зданий серьезное внимание следует уделять системам тепло-, водо- и электроснабжения, а также пожарной безопасности.

Следующий этап включает в себя анализ данных, полученных в ходе всех проведенных исследований. Специалисты должны систематизировать информацию, выявить причины обнаруженных недостатков и оценить влияние этих факторов на целостность и безопасность объекта. На основе собранной информации формируется заключение о состоянии обследуемого объекта, которое служит основой для дальнейших действий: от восстановления до полного демонтажа.

Если в результате обследования выявлены серьезные дефекты или нарушения, необходимо составить план мероприятий по устранению выявленных недостатков. Этот план должен включать не только перечень необходимых работ, но и спецификации по использованию материалов и технологий, соответствующих современным стандартам. При этом важно учитывать и сроки выполнения работ, а также финансовые затраты.

Качество выполненных обследований плотно связано с квалификацией специалистов. Необходимо, чтобы команда, проводящая

обследование, обладала соответствующими знаниями, компетенциями и опытом. Наличие современного оборудования, методы его применения и интерпретация данных также становятся важным аспектом работы.

Следует также обозначить, что правовые аспекты играют важную роль в обследовании зданий и сооружений. Специалисты должны знать требования законодательства, норм и стандартов, регламентирующие правила обследования. Соблюдение данных норм помогает обеспечить качественное и безопасное выполнение работ, а также документальное оформление результатов обследования, что в дальнейшем может быть необходимо для отчетности.

Сотрудники, проводящие обследования, должны быть хорошо осведомлены о воздействиях различных сезонов, чтобы в нужный момент принять меры предосторожности [4]. Они также должны быть проинструктированы относительно коррекции своих подходов и методов в зависимости от сезонных факторов. К примеру, применение разных инструментов может зависеть от температуры воздуха: для морозного времени года потребуются особое оборудование, способное функционировать при низких температурах.

Обследование должно быть основано на системном подходе, который позволяет оценить объект в целом, включая выявление возможных отклонений от норм проектирования и эксплуатации. Методики обследования предполагают интеграцию различных отраслей знаний, что подразумевает работу с комплексными системами. Поэтому важно, чтобы исполнители понимали не только технические, но и экономические аспекты, учитывающие стоимость ремонта и обслуживания объектов.

При планировании обследования необходимо продумать взаимодействие между различными службами и специалистами. Должны быть четко определены роли и обязанности каждого участника процесса: техников, архитекторов, инженеров-строителей, а также специалистов по охране труда и экологии. Успех в проведении обследования зависит от качественной коммуникации между всеми заинтересованными сторонами, что позволяет минимизировать риски и сроки выполнения работ.

Оценка состояния конструкций требует наличия соответствующих знаний и навыков [5]. Поэтому для проведения обследований могут потребоваться специальные лицензии и сертификаты, подтверждающие квалификацию экспертов. Образование и опыт играют решающую роль в выявлении потенциальных угроз и в составлении рекомендаций по их устранению. На этом фоне важным аспектом является непрерывное повышение квалификации специалистов, что подразумевает участие в семинарах, тренингах и выставках.

Анализ актуальности исследуемого вопроса показал, что необходимость в систематизации правил обследования зданий и сооружений остается высокой [6]. В условиях постоянного роста числа объектов и увеличения требований к их безопасности, создание единого справочника, который объединяет все аспекты обследования, является

важной задачей. Это позволит не только повысить качество обследований, но и снизить риски, связанные с эксплуатацией зданий и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов А.С. Обеспечение долговечности железобетонных конструкций // Строительные материалы, 2020. № 3. С. 34–38.
2. Сеницын А.В. Правила обследования зданий и сооружений: теория и практика, Москва: Стройиздат, 2010. 320 с.
3. Нестеров П.Н. Основания и фундаменты: обобщение и анализ правил обследования, Жилищное строительство. 2015. – 240 с.
4. Комиссаров В.И. Методика обследования зданий и сооружений // Строительные материалы и конструкции, 2012. № 3. С. 15–21.
5. Грибов А.Н. Техническое диагностирование зданий и сооружений: современный подход // Научные труды, 2018. №9. С. 101–107.
6. Лебедев В.М. Технология возведения зданий и сооружений. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. 373 с.

**Артемова К.А., магистрант,
Шаповалов М.М., магистрант,
Трошкина В.Б., магистрант**

**Научный руководитель: ассистент
Сиденко И.В.**

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

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Мониторинг технического состояния зданий и сооружений представляет собой важнейшую область в строительной отрасли, которая охватывает широкий спектр вопросов, связанных с безопасностью, надежностью и долговечностью строительных объектов. В условиях стремительного роста городов и увеличения плотности застройки, а также с учетом старения существующих зданий, необходимость в систематическом наблюдении за их состоянием становится особенно актуальным. Мониторинг позволяет не только выявлять потенциальные проблемы на ранних стадиях, но и прогнозировать возможные изменения в состоянии конструкций, что, в свою очередь, способствует предотвращению аварийных ситуаций и снижению рисков для жизни и здоровья людей.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что в последние годы наблюдается рост числа инцидентов, связанных с обрушением зданий и сооружений, что подчеркивает важность внедрения эффективных методов мониторинга. В условиях изменения климата, увеличения нагрузки на

инфраструктуру и старения строительных материалов, необходимость в постоянном контроле за состоянием объектов становится не просто желательной, а жизненно важной. В этой связи, работа будет посвящена различным аспектам мониторинга технического состояния, включая методы и технологии, используемые для оценки состояния зданий, а также лабораторные испытания прочности материалов, таких как каменная кладка и раствор [1].

Процессы мониторинга могут быть как пассивными, так и активными. Пассивный мониторинг основан на регулярных проверках и визуальных осмотрах, что дает возможность в определенной степени контролировать состояние объектов. Однако этот метод часто не позволяет выявить скрытые дефекты. Активный мониторинг подразумевает использование современного оборудования, такого как датчики, которые позволяют проводить бесконтактные измерения и получать данные в режиме реального времени. Такой подход значительно увеличивает точность и оперативность оценки состояния сооружений.

Разнообразие технологий и методов, применяемых при мониторинге, определяется особенностями объектов капитального строительства. Например, для обследования деревянных конструкций необходимы специальные датчики для определения уровня влажности, влияющей на прочность этих конструкций. Для бетонных и металлических конструктивных элементов использование ультразвуковых методов позволяет выявлять наличие трещин и дефектов на более ранних стадиях их образования. Применение таких технологий способствует организации своевременного технического обслуживания и ремонтов, что повышает долговечность объектов.

Современные системы мониторинга зачастую интегрируются с информационными технологиями, что позволяет создать единую платформу для анализа полученных данных. Использование программного обеспечения для обработки и визуализации информации повышает скорость и точность принятия решений по управлению эксплуатацией зданий.

Кроме того, крайне важно учитывать нормативно-правовые акты и стандарты в области мониторинга. Они определяют требования к оборудованию, методам измерения, а также правила безопасности в процессе контроля. Стандартизация процессов позволяет унифицировать подходы и улучшить качество проводимых работ. Это способствует развитию системы надзора за состоянием конструкций и повышает его эффективность.

Одним из основных методов мониторинга является визуальный осмотр, который часто сподручен при первичных оценках состояния конструктивных элементов здания. Этот метод позволяет быстро выявить очевидные дефекты, такие как трещины, деформации, коррозия или другие повреждения, и зависит от профессионального опыта и внимательности специалиста, а также от доступности элементов конструкции. Визуальные

осмотры могут дополняться различными инструментальными измерениями, которые повышают точность оценки состояния объекта [2].

Не менее распространенным является метод неразрушающего контроля, который включает в себя различные техники, такие как ультразвуковой, радиографический, магнитный и капиллярный инфракрасный контроль. Неразрушающий контроль позволяет обнаруживать скрытые дефекты, не повреждая материал. Например, ультразвуковой метод может выявить внутренние трещины в бетоне или стали, в то время как магнитный метод используется для обнаружения коррозии в железных конструкциях. Применение этих методов требует специального оборудования и высококвалифицированного персонала, однако они обеспечивают более полное представление о состоянии материала.

Инструментальные методы мониторинга, в отличие от визуальных проверок, основываются на измерении физических параметров конструкции. Эти методы могут включать в себя установку датчиков для регистрации деформации, температуры, вибраций и других характеристик [3]. Современные системы мониторинга могут быть оборудованы беспроводными и сетевыми технологиями, что позволяет в реальном времени передавать данные о состоянии сооружения. Также возможно интегрирование мониторинга с системами управления зданием, что позволяет операторам более эффективно реагировать на изменения.

Комплексный подход, объединяющий разные методы мониторинга, дает наиболее полное представление о состоянии зданий и сооружений. Например, комбинация визуальный осмотр – неразрушающий контроль – инструментальный мониторинг позволит выявить слабые места объекта и предсказать потенциальные проблемы и заранее предпринять меры. Такие системы также могут включать в себя автоматизированные технологии, такие как мониторинг с помощью дронов (беспилотных летательных аппаратов) или с использованием лазерной сканирующей технологии, что значительно ускоряет процесс обследования и улучшает качество получаемых данных.

Информационное моделирование и компьютерные технологии также играют важную роль в процессе мониторинга зданий. Создание цифровых моделей зданий и сооружений позволяет выполнять анализ состояния на основе данных, полученных от датчиков и приборов. Метод конечных элементов применяется для прогнозирования поведения конструкции под действием различных нагрузок и условий эксплуатации. Сравнение результатов моделирования с данными, полученными в ходе мониторинга, позволяет оперативно оценивать отклонения и принимать обоснованные решения о необходимости проведения ремонта или усиления.

Лабораторные испытания прочности материалов являются важной частью оценки физического износа строительных конструкций и способны обеспечить надежные данные для мониторинга технического состояния зданий и сооружений. Эти испытания охватывают широкий спектр

методик, позволяющих определить механические характеристики материалов: прочность на сжатие, растяжение, изгиб, а также другие параметры, которые непосредственно влияют на долговечность и безопасность конструкций.

Одной из ключевых методик является испытание на сжатие. Данные испытания проводятся на образцах (бетонные кубики или цилиндры), вырезанных из строительных элементов или полученных в ходе лабораторного производства. В процессе лабораторных испытаний образец помещается в пресс, и на него оказывается гидравлическое или механическое давление до момента разрушения. Полученные данные позволяют оценить прочность материала на сжатие, что является критически важным для понимания его поведения под действием нагрузок.

Испытания на растяжение осуществляются для определения прочности материалов, которые могут подвергаться растягивающим усилиям, например, стальной арматуры или композиционных материалов. Процесс испытания включает в себя растяжение образца до его разрыва, а также измерение деформации. Эти данные позволяют рассчитать необходимые характеристики, такие как предел текучести, относительное удлинение и модуль упругости [4].

В заключении отметим, что мероприятия мониторинга технического состояния зданий и сооружений связаны с дальнейшим развитием технологий и методов, а также с повышением осведомленности о важности этой процедуры. Внедрение инновационных решений, таких как искусственный интеллект и большие данные, может значительно улучшить процесс мониторинга и сделать его более доступным и эффективным. С учетом всех вышеперечисленных факторов, мониторинг технического состояния зданий и сооружений станет неотъемлемой частью строительной отрасли, что позволит обеспечить безопасность и надежность объектов на долгие годы вперед [5, 6]. Результаты проведенного исследования должны способствовать дальнейшему развитию этой области и помогут привлечь внимание к важности систематического наблюдения за состоянием объектов капитального строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов А.С. Обеспечение долговечности железобетонных конструкций // Строительные материалы, 2020. № 3. С. 34–38.
2. Иванов А.С. Актуальные проблемы мониторинга состояния зданий и сооружений // Строительство и архитектура, 2021. № 3. С. 15–22.
3. Кузнецов А.П. Системы мониторинга и управления состоянием строительных объектов // Научно-технические идеи в строительстве, 2022. № 2. С. 45–50.
4. Петрова О.В. Инновационные методы диагностики зданий // Архитектурное наследие, 2023. № 1. С. 23–29.
5. Федоров В.М. Мониторинг состояния бетонных конструкций:

методические рекомендации // Строительство и эксплуатация зданий, 2018. № 6. С. 11–19.

6. Лебедев В.М. Технология возведения зданий и сооружений. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. 373 с.

Бандюков Д.Н., магистрант

Научный руководитель: ст. преп.
Косухин А.М.

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

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА В СТРУКТУРЕ ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА

В условиях продолжающейся урбанизации и автомобилизации общества и увеличения нагрузки на транспортную инфраструктуру и улично-дорожную сеть в удовлетворении транспортных потребностей населения все большую роль играют городские транспортные системы. При этом первостепенным остается вопрос экологической напряженности городских территорий, включая как влияние используемого городского транспорта [1], так и самой улично-дорожной сети [2].

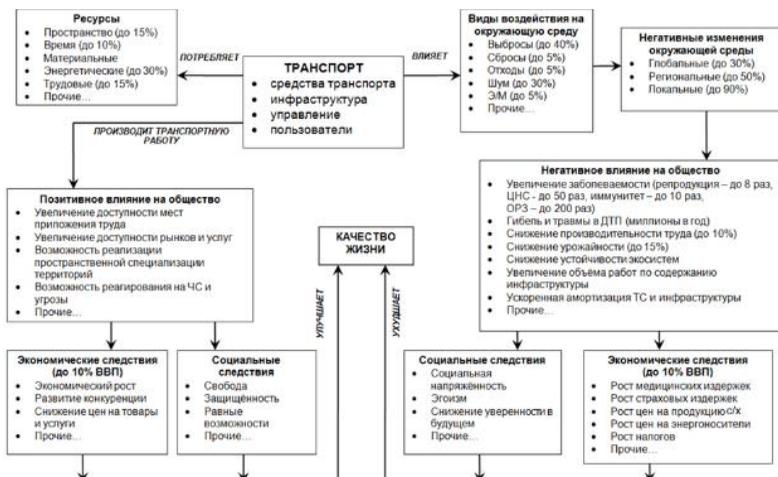


Рис. 1. Влияние транспортного комплекса на качество жизни [1]

Решением транспортных и экологических проблем крупнейших городов может стать последовательная реализация принципов устойчивой городской транспортной политики, увязывающей развитие и

функционирование городских транспортных систем с градостроительным планированием, вопросами охраны окружающей среды и здоровья населения [3].

Наибольшую экологическую нагрузку от автотранспорта несут большие густонаселенные города. По этой причине региональные власти, обновляя автопарки, делают ставку на те виды общественного транспорта, от которых меньше выбросов в атмосферу выхлопных газов, например, на автобусы, работающие на газомоторном топливе (ГМТ) или электричестве [4].

Автобусы на газомоторном топливе – это автобусы, в которых топливом является природный газ, а не бензин или дизельное топливо. Использование природного газа для транспорта становится все популярнее. За последние 10 лет, по информации ПАО «Газпром», потребление ГМТ выросло более чем в четыре раза. В 2022 г. оно достигло 1,5 миллиарда кубометров. Растет и газомоторный автопарк: с 2017 г. – на 142 %. На начало 2024 г. в России насчитывалось около 260 тыс транспортных средств на ГМТ [4].



Рис. 2. Автобус на газовом топливе

К преимуществам этого вида транспорта можно отнести то, что газомоторное топливо, особенно сжатый природный газ или сжиженный природный газ, сжигается чище, чем дизель, что приводит к уменьшению выбросов углекислого газа, оксидов азота и твердых частиц в атмосферу; небольшую стоимость газа, использование которого способствует снижению зависимости от нефти и нефтепродуктов. Двигатели на газомоторном топливе работают тише, чем дизельные. Работа двигателя на газомоторном топливе снижает износ деталей и повышает его долговечность.

Недостатками использования газового топлива являются: соблюдения более строгих мер безопасности, ввиду хранения топлива под высоким давлением в резервуарах; в отдельных случаях высокая мощность двигателя транспортного средства на газомоторном топливе, по сравнению с дизельным; применяемые на общественном транспорте газовые баллоны, занимающие значительное место, и, в зависимости от конструкции, запас

хода на одной заправке может быть значительно ниже, чем у транспорта с дизельным двигателем.

Электробусы – безрельсовое механическое транспортное средство общего пользования с электрическим приводом, предназначенное для перевозки людей по установленному маршруту [5].



Рис. 3. Электробус

Московские власти активно развивают электротранспорт, которого на конец 2022 г. насчитывалось 1050 машин, и за 2023 и 2024 гг. городские власти намерены закупить еще 1000 машин. Одно из главных их преимуществ – экологичность. Замена одного дизельного автобуса на современный электробус позволяет снизить выбросы углекислого газа на 60,7 т в год [4].

Рассмотрим основные преимущества использования этого вида пассажирского транспорта: экологичность; минимальное шумовое воздействие; минимальное расходование денежных средств на эксплуатацию в долгосрочной перспективе; независимость от использования контактной сети, в отличие от троллейбусов и трамваев; обеспечение плавного хода движения. Проблемами использования электробусов являются: использование емких аккумуляторов, электрического заряда которых хватает на небольшое количество времени, и производство, переработка и утилизация которых вызывает трудности; трудности отопления большого по объему салона машины, ввиду использования в большом объеме электроэнергии от аккумуляторной батареи, которые не рассчитаны на дополнительные длительные нагрузки и быстро разряжаются; разрядка аккумулятора прямо на маршруте следования. Нестабильная работа аккумуляторной батареи в зимний период при отрицательных температурах наружного воздуха; необходимость организации инфраструктуры для электробусов без динамической подзарядки от троллейбусных сетей (пантографы, пистолеты для зарядки, хранение аккумуляторов).

Троллейбусы – безрельсовое механическое транспортное средство пассажирского, грузового и специального назначения, контактного типа с электрическим приводом, получающее электрический ток от внешнего источника питания (от центральных электрических станций) через

двухпроводную контактную сеть постоянного тока с помощью штангового токоприемника и сочетающее в себе как преимущества, так и недостатки трамвая и автобуса [6].



Рис. 4. Троллейбус

Основные преимущества использования троллейбуса в городской транспортной сети (по сравнению с автобусом): экологичность; возможность работы по системе многих единиц для увеличения количества перевозимых людей; большой срок службы при своевременном обслуживании всех узлов и агрегатов; использование для торможения на спусках системы рекуперации (возврата) электроэнергии в контактную сеть; минимальное шумовое воздействие; вместительность салона; возможность автономного хода за счет аккумуляторных батарей. Недостатки, по сравнению с автобусом: зависимость от состояния контактной сети и дорожного покрытия; невозможность обгона одного троллейбуса другим при движении в одном направлении, ввиду использования одной контактной сети; конструкция специальных вставок троллейбусной контактной сети, требующая проходить их на пониженной скорости; необходимость снижения скорости движения во избежание схода штанг с проводов контактной сети при значительном их отклонении.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что каждый из перечисленных видов общественного транспорта обладает своими положительными и отрицательными показателями. Эти показатели позволяют определить востребованность и перспективу для долгосрочного использования того или иного вида транспорта в городских автопарках общественного транспорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Экотранспорт: учеб. пособие / С.В. Шелмаков. – М.: МАДИ, 2018. – 160 с. ISBN 978-5-7962-0232-6.
2. Косухин М.М. Обеспечение долговечности, эксплуатационной надежности, комфортности и экологической безопасности улично-дорожной сети путем использования цементобетонных дорожных покрытий на модифицированном вяжущем / М.М. Косухин, А.М. Косухин,

Ю.А. Шарапова, О.Н. Шарапов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 3. С. 31-37.

3. Косухин М.М. 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 БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 11. С. 212-218.

4. Российские регионы переходят на более экологичный транспорт [Электронный ресурс] URL: <https://rg.ru/2023/06/05/reg-pfo/avtobusy-roedut-na-zelenyj.html> (дата обращения 22.10.2024).

5. Электробус [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%81> (дата обращения 5.10.2024).

6. Троллейбус [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%B9%D0%B1%D1%83%D1%81> (дата обращения 5.10.2024).

**Болотских Ю.Ю., магистрант,
Бондаренко Р.А., магистрант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

УЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

Безопасность зданий – одно из основных аспектов при их проектировании и эксплуатации, обеспечении оценки физического износа и мониторинга показателей. В настоящее время требования безопасности становятся более жесткими, в связи с этим актуализируется анализ показателей безопасности зданий при эксплуатации. Это способствует предотвращению аварий, а также оптимизации эксплуатационных характеристик [1].

Показатели безопасности зданий – это характеристики, определяющие уровень защиты зданий от пожаров, землетрясений, наводнений и т.д.

Основными показателями являются:

1. Структурная прочность – способность здания выдерживать внешние воздействия и нагрузки;
2. Пожарная безопасность – обеспечивается наличием систем противопожарной защиты, соблюдением требований при эвакуации;
3. Безопасные условия для проживания и пребывания человека – анализирует качество воздуха и уровень шума в помещениях;

4. Эвакуационная безопасность – наличие запасных выходов и соответствие их требованиям проекта (по количеству, ширине и обозначениям).

Система мониторинга позволяет осуществлять сбор и анализ данных о физическом состоянии инженерных систем и зданий в целом, что способствует снижению вероятности аварий и обеспечению безопасности и комфорта [2].

Для мониторинга технического состояния здания проектируется его информационная модель. Она позволяет использовать различные технологии для анализа, оптимизации и управления эксплуатации зданий на протяжении всего жизненного цикла [3, 4].

ВМ (с англ. Building Information Modeling – информационное моделирование здания) – это комплексный процесс создания трехмерных моделей зданий, которые визуализируют проект на всех этапах жизненного цикла.

Информационная модель здания создается на основе проектной документации, которая выполняется с использованием стандартных компьютерных инструментов. Разработка модели включает в себя следующие разделы проектной документации: АР (архитектурные решения), КР (конструктивные решения), система электроснабжения, система водоснабжения и водоотведения, вентиляция и кондиционирование, тепловые сети [5].

После подробного изучения имеющихся данных разрабатывается техническое задание, важным пунктом которого является указание уровня детализации проекта. Чаще всего LOD300 выбирают в качестве основного LOD, так как он является наиболее подходящим для будущей адаптации к эксплуатационным потребностям. Информационная модель создается на нескольких связанных файлах, основой которых является архитектурная модель [6-8].

Моделирование процессов эксплуатации зданий представлено на рис.

При моделировании процессов эксплуатации зданий необходимо учитывать показатели безопасности на всех этапах:

1. Проектирование. На этом этапе разрабатываются основные показатели безопасности. Используются современные программы для проектирования, которые позволяют учитывать все необходимые нормы и правила.

2. Строительство. Осуществляется контроль за соблюдением норм и правил при возведении зданий, а также внедрение современных технологий, с помощью которых повышается прочность конструкций.

3. Эксплуатация. Проводится отслеживание текущего состояния зданий и его регулярный мониторинг за состоянием здания, анализ данных о работе инженерных сетей и т.д.

4. Обслуживание и ремонт. Планирование работ по обслуживанию элементов здания [8-11].



Рис. Моделирование процессов эксплуатации зданий

Анализ учета показателей безопасности зданий при моделировании процессов их эксплуатации является важным фактором современного строительства. Внедрение современных технологий и методов анализа позволяет не только повысить уровень безопасности, но и оптимизировать – эксплуатационные характеристики зданий, за счет чего происходит снижение затрат и повышение комфорта людей. Безопасность это не просто требование, а основа устойчивого развития городской инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коробейников О.П., Панин А.И., Гусев Э.И., Трубина И.В. Мониторинг технического состояния зданий, сооружений и инженерных систем: учебное пособие; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2011. 40 с.
2. Сулейманова Л.А., Есипов С.М., Амелин П.А. Информационное моделирование в технической диагностике зданий и сооружений: учебное пособие для слушателей программы профессиональной переподготовки «Динамические методы технической диагностики зданий и сооружений в условиях чрезвычайных ситуаций». – Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2023. 135 с.
3. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Рябчевский И.С. Теоретические и правовые основы технической диагностики зданий и сооружений: конспект лекций. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. 92 с.
4. ГОСТ Р 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2010.
5. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Рябчевский И.С. Современные технологии в строительстве. – Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. 180 с.

6. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Есипов С.М., Амелин П.А. Цифровое обследование зданий и сооружений, поврежденных в результате чрезвычайных ситуаций // 65 лет ДонГТИ. Наука и практика. Актуальные вопросы и инновации: сборник тезисов докладов юбилейной международной научно-технической конференции. Том Часть 2. – Алчевск: Донбасский государственный технический институт, 2022. С. 201-203.

7. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С. Системы облачного хранения данных для управления жизненным циклом объектов строительства // В сб.: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова. Белгород, 2023. С. 240-245.

8. Рябчевский И.С., Кашуба С.О., Сулейманова Л.А. 4D BIM-моделирование объектов строительства в программном комплексе BENTLEY SYNCHRO PRO // В сб.: Инновационные методы организации строительного производства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2021. С. 20-29.

9. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С. Управление данными BIM-модели при оценке устойчивости жизненного цикла зданий // Университетская наука. 2023. № 1 (15). С. 117-119.

10. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Есипов С.М. Управление процессами информационного моделирования жизненного цикла объектов капитального строительства. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. 168 с.

11. Сулейманова Л.А., Темурзиева Р.Н., Рябчевский И.С. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий // В сб.: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 121-127.

**Болотских Ю.Ю., магистрант.
Бондаренко Р.А., магистрант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ПОВРЕЖДЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Обследование зданий и сооружений, поврежденных в результате чрезвычайной ситуации, является важным этапом разработки мероприятий для восстановления и реконструкции. Чрезвычайные ситуации могут быть такие, как природные катаклизмы, пожары, техногенные аварии, террористические акты и взрывы, которые вызывают значительные

разрушения строительных конструкций. В статье проведен анализ методов и особенностей обследования объектов, получивших повреждения вследствие чрезвычайной ситуации [1].

Обследование состояния зданий это комплексная работа, которая включает визуальный осмотр, приборное (инструментальное) обследование и подведение итогов с дальнейшими рекомендациями.

Главными задачами обследования являются:

- сбор показаний с датчиков и специальных инструментов, а также проведение визуальных наблюдений;
- обработка данных, полученных в результате проведенной работы;
- определение остаточной несущей способности поврежденного здания или сооружения;
- заключение в виде отчета о состоянии несущих конструкций здания и рекомендации по методам их восстановления и усиления [2].

Основные этапы обследования:

1 этап: Сбор данных об объекте и его визуальный осмотр. Этот этап включает в себя сбор проектно-эксплуатационной документации, фотовидеофиксацию повреждений, а также результаты линейных измерений. Это позволяет получить общее представление о состоянии здания и выявить наиболее проблемные участки [2, 3].

2 этап: Инструментальное и лабораторное обследование. Для детального анализа состояния поврежденного здания применяют специальные приборы и оборудование, в лабораторных условиях проводят испытания образцов для того, чтобы выяснить в каком состоянии находятся несущие конструкции. Для этого проводят следующие исследования:

- измерения геометрических параметров здания. Для этой задачи применяют нивелирование, теодолитную съемку, сканирование с помощью Lidar, а также используют различные БПЛА;
- инструментальное обследование. Определение технического состояния бетонных и железобетонных элементов (фундаментов, колонн, плит перекрытия, перемычек и др.) и степени их повреждения. Это может включать в себя визуальный осмотр на наличие видимых дефектов, применение метода отрыва со скалыванием для определения прочности бетона, взятие образцов бетона для проведения испытаний на прочность в лаборатории, путем высверливания образцов бетона, определение прочности бетона неразрушающим методом при помощи специальных приборов, а также проводится проверка состояния арматуры, сварных швов, закладных деталей и соединений, при помощи специального оборудования. Для металлических и деревянных конструкций также проводится визуальное и инструментальное обследование при помощи специального оборудования (металлодетекторы, магнитопорошковый контроль) [4].

В отдельных случаях, когда необходимо длительное наблюдение за объектом, проводится мониторинг состояния конструкций при помощи установки датчиков, снимающих показания с течением времени [3].

3 этап: Анализ данных инструментального обследования. На данном выполняются расчеты для того, чтобы понять, как ведет себя здание с учетом полученных повреждений.

4 этап: Подготовка отчета по проведенному обследованию. По результатам проведенной работы составляется отчет, на основании которого принимается решение о дальнейшей судьбе здания.

Он содержит в себе:

- результаты мониторинга, представленные в виде дефектных ведомостей, актов освидетельствования технического состояния конструкций;

- заключение о надежности несущих конструкций и дальнейшей возможности выполнять восстановительные работы;

- разработку мероприятий по устранению последствий от повреждения и прогноз влияния разрушений на эксплуатацию здания в будущем;

- предложения по дальнейшему мониторингу.

Особенность обследования зданий после чрезвычайных ситуаций заключается в необходимости учитывать специфику воздействия разрушительных факторов. Например, при обследовании после землетрясений важно уделять внимание устойчивости несущих конструкций. Необходимо оценить остаточную несущую способность конструкций.

Проводя обследование после пожаров, необходимо исследовать состояние железобетонных и металлических конструкций, поскольку высокие температуры могут привести к деформации и потере прочности этих конструкций.

При наводнениях важно обратить внимание на состояние фундамента, а также подвальных помещений, в этих местах может скапливаться влага и коррозия на металлических элементах и конструкциях;

Повреждения, связанные с взрывной энергией, требуют тщательного изучения, поскольку взрывная волна оказывает влияние на все здание в целом, что может повести за собой разрушение конструкций, смещение их проектного положения [5].

При проведении обследований зданий, поврежденных вследствие чрезвычайных ситуаций очень важно соблюдать технику безопасности, поскольку всегда есть риск обрушения здания, падение отдельных конструкций, наличие в здании взрывоопасных предметов, вредных химических и биологических элементов. Особый риск присутствует в случае, если режим чрезвычайной ситуации, на момент проведения обследования, сохраняется. Для того, чтобы обеспечить безопасность проведения обследования необходимо использовать защитное обмундирование, выполнять работы после разрешения специальных

служб, произвести первичную оценку состояния здания и установить возможность его обрушения [6-9].

Обследование зданий и сооружений, получивших повреждения в результате чрезвычайной ситуации – это сложный процесс, предполагающий использование индивидуальных методов и подходов, специального оборудования и соблюдения техники безопасности. На основании результатов, полученных в ходе обследования, делаются выводы о возможности восстановить и в дальнейшем эксплуатировать поврежденное здание.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Рябчевский И.С. Методология, организация и проведение обследований зданий и сооружений: конспект лекций. – Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2023. 84 с.

2. Аронов Р.И. Обследование и испытание сооружений : учеб. пособ. для вузов. – М. : Высшая школа, 1974. 187 с.

3. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Есипов С.М. Мониторинг технического состояния зданий и сооружений в процессе эксплуатации с применением средств цифрового контроля. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. 86 с.

4. Бедов А.И., Сапрыкин В.Ф. Обследование и реконструкция железобетонных и каменных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. – М.: Изд-во АСВ, 1995. 192 с.

5. Гринберг В.Е., Семетов В.Г., Шойхет Г.Б. Контроль и оценка состояния несущих конструкций зданий и сооружений в эксплуатационный период. – Л.: Стройиздат, 1982. 19 с.

6. ГОСТ Р 22.1.12-2005 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования. М.: ИПК «Издательство стандартов», 2005. 26 с.

7. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А., Кочерженко А.В. Организационно-технологические решения по безопасности строительства. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. 158 с.

8. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А., Кочерженко А.В. Технический надзор и управление качеством при производстве строительно-монтажных работ. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. 231 с.

9. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Есипов С.М., Амелин П.А. Цифровое обследование зданий и сооружений, поврежденных в результате чрезвычайных ситуаций // 65 лет ДонГТИ. Наука и практика. Актуальные вопросы и инновации: сборник тезисов докладов юбилейной международной научно-технической конференции, Алчевск, 13–14 октября 2022 года. Том Часть 2. – Алчевск: Донбасский государственный технический институт, 2022. С. 201-203.

Ерохина Е.Ю., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Крючков А.А.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ПЕРЕРЫВА СТРОИТЕЛЬСТВА НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ

В настоящее время встречаются объекты строительства, возведение которых было приостановлено из-за прекращения финансирования. В таких случаях, как правило, не производится должной консервации объекта строительства, что приводит к многолетнему отсутствию защиты конструкций перекрытий зданий от воздействий окружающей среды. Подобные ситуации встречаются и в производственных зданиях, в которых из-за многолетнего прекращения их эксплуатации возникают различные повреждения кровли и ограждающих конструкций. В результате вышеперечисленного, плиты покрытий и перекрытий оказываются под длительным неблагоприятным воздействием окружающей среды.

Проанализируем основные факторы, вызывающие различные повреждения многопустотных железобетонных конструкций плит покрытий и перекрытий:

- повторяющиеся циклы замораживания и оттаивания;
- замачивание конструкций;
- коррозия бетона и арматуры из-за атмосферных осадков [1].

Рассмотрим влияние повторяющихся циклов замораживания и оттаивания на деградацию железобетонных плит перекрытий. При длительном перерыве строительства или при значительных повреждениях кровли воздействие атмосферных осадков приводит к водонасыщению бетона. Затем в холодное время года температура воздуха опускается ниже 0°C, что вызывает промерзание плит и кристаллизацию жидкости в порах бетона. Первое время повреждения на плитах не будут заметны, но при длительном воздействии повторяющихся циклов замораживания и оттаивания вода будет заполнять все свободные полости тела бетона. Это приведет к разрушению сжатой зоны бетона из-за внутреннего давления, появлению трещин, отслоению защитного слоя арматуры и, следовательно, деградации свойств конструкции (рис. 1) [2].

Еще одним важным фактором, оказывающим неблагоприятное влияние на свойства железобетонных многопустотных плит перекрытий, является замачивание конструкций. Под длительным воздействием дождя и таяния снега происходит интенсивное замачивание плит, в то время как высыхание – медленно. Влага начинает просачиваться в трещины, возникшие в следствие многократного замораживания и оттаивания. Таким образом, вода попадает в пустоты плит и накапливается в них. Под

влиянием отрицательных температур вода в пустотах замерзает и увеличивается в объеме [3]. Это приводит к выкалыванию бетона, образованию продольных трещин вдоль пустот, что нарушает целостность конструкции плит перекрытий, и может приводить к отрыву верхней полки плиты от нижней (рис. 2).



Рис. 1. Разрушение верхней полки плиты перекрытия



Рис. 2. Продольные трещины на нижней полке плиты перекрытия



Рис. 3. Отсутствие защитного слоя бетона

является пористой структурой и характеризуется способностью пропускать жидкость. Под влиянием дождевой воды происходит растворение гидроксида кальция из структуры цементного камня. Необходимо отметить, что важным фактором является состав воды, так как наличие некоторых солей в ее составе может ускорять процесс коррозии бетона. При другом виде коррозии в порах и капиллярах бетона протекает кристаллизация малорастворимых солей. В следствие этого в стенках капилляров и пор возникают значительные напряжения, что является причиной появления трещин [4].

Все вышеперечисленные факторы в результате воздействия на плиту перекрытия приводят к образованию трещин в бетоне, шелушению и выкалыванию бетона. В связи с этим нарушается защита арматурных стержней. Коррозия арматуры приводит к уменьшению расчетного сечения и нарушению сцепления бетона с арматурой. Также коррозия стержней приводит к увеличению их в объеме, что дополнительно способствует дальнейшему разрушению защитного слоя бетона [5].

Изложенные в данной работе причины и последствия повреждений характерны для плит перекрытий зданий незавершенного строительства,

Также в результате многократного замачивания появляется повреждение в виде шелушения бетона. Происходит постепенное отслоение защитного слоя бетона и обнажение арматурного каркаса (рис. 3).

Еще одним результатом воздействия атмосферных осадков является коррозия бетона.

объектов, эксплуатация которых длительное время не производилась, а также для отдельных конструкций плит перекрытий, хранящихся на открытых площадках складирования. После длительного перерыва строительства необходимо произвести тщательное обследование всех конструкций для определения пригодности к их дальнейшей эксплуатации, выявить все дефекты, после чего разработать рекомендации по методам капитального ремонта и усиления поврежденных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сергеев Ю. Д. Исследование организации процесса влияния длительного перерыва в производстве строительно-монтажных работ на качественные показатели конструкций // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2015. – №. 3. – С. 54-67.

2. Смоляго Г. А. Циклическая заморозка и оттаивание железобетонных конструкций / Г. А. Смоляго, В. О. Демин // 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. – Т. 1. – С. 116-119.

3. Евтушенко С. И., Крахмальный Т. А. Дефекты и повреждения конструкций покрытия производственных зданий // Строительство и архитектура. – 2014. – Т. 2. – №. 2. – С. 3.

4. Смоляго Г. А. Анализ коррозионных повреждений, эксплуатируемых изгибаемых железобетонных конструкций зданий и сооружений / Г. А. Смоляго, Н. В. Фролов, А. В. Дронов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2019. – №. 1. – С. 52-57.

5. Богатырева И. В. Результаты обследования несущих железобетонных конструкций и повышение их эксплуатационной пригодности //Modern Science. – 2019. – №. 12-1. – С. 580-584.

Зайцев К.А., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Косухин М.М.**

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

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ, ИСПОЛЬЗОВАНИИ И СОПРОВОЖДЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

В настоящее время цифровизация является глобальным технологическим трендом во всем мире и распространяется на все сферы деятельности, не исключением является и строительство. В России на государственном уровне принято решение об уже давно назревшем

переходе на стандарты цифровизации отрасли, которые доказали свою эффективность во всем мире. Подписана подготовленная Минстроем «дорожная карта» по внедрению технологий информационного моделирования (BIM) на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства. Цифровизация в строительстве является конкретным инструментом, позволяющим решать многие задачи, охватывает все стадии жизненного цикла объекта и направлена на повышение эффективности производства, снижения времени проведения работ и времени проверки проекта, уменьшения количества ошибок в проектной документации.

На муниципальных и федеральных уровнях принимаются многочисленные меры для обеспечения процесса цифровизации строительной отрасли, в частности – создания информационных моделей объектов. Важность перехода в «цифру» очень высока – это следующий и ключевой этап развития строительной отрасли, способный существенно повлиять на обеспечение качества строительного производства, при этом увеличив скорость сопутствующих выполняемых задач.

Эволюция САПР привела к переходу на информационное моделирование зданий (Building Information Modeling, BIM). Эта технология позволяет создавать комплексные модели зданий и сооружений, которые содержат характеристики всех элементов, могут редактироваться в реальном времени и доступны всем участникам проекта. При этом BIM охватывает весь жизненный цикл объекта – от создания проекта до эксплуатации здания и его капитального ремонта или сноса.

Вместе с тем, сегодня цифровизация строительной отрасли сталкивается с рядом проблем, которые оказывают негативное влияние на ее ход и которые способны полностью остановить ее эффективную реализацию. Одним из главных препятствий к цифровизации отрасли является отсутствие понятного процесса управления информацией в совместной деятельности людей. Среди прочих проблем: разночтения строительной терминологии в разной нормативно-технической документации; отсутствие интеграции между этапами жизненного цикла объекта, недостаточное обеспечение нормативной документацией. Вышеуказанные проблемы возможно разрешить, но при этом строго необходимо использовать комплексный подход, учитывающий временное планирование процесса.

Что нужно, чтобы цифровизация, цифровая трансформация, внедрение BIM/ГИМ были успешными? Нужно создать «правила дорожного движения» для людей, которые используют цифровые технологии в совместной деятельности. Таким «ПДД» может стать методология информационного менеджмента в строительстве (на основе ИСО 19650).

Основная суть цифровой информационной модели (ЦИМ) объекта заключается в том, что эта модель является скоординированной, согласованной, взаимосвязанной, поддающейся расчетам и анализу. Эта

модель имеет геометрическую привязку числовой информации, используемой в проектируемом или уже существующем объекте [1]. Важно отметить, что строительство представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных элементов и процессов с очень высоким уровнем ответственности, а значит к технологиям информационного моделирования (ТИМ) должны предъявляться четкие требования. Потому ключевым фактором выступает активное участие государственного регулирования, ведь здесь будет недостаточно создать какое-либо решение и начать его повсеместно применять на практике; такое решение обязательным образом должно регулироваться на законодательном уровне, т.к. необходимо обеспечить строгое соответствие предъявляемому к строительной сфере уровню ответственности.

Деятельность по созданию нормативной документации в этом направлении ведется Правительством РФ уже не первый год, суммарно выпущено около 20 нормативных документов (включая различные ГОСТы и СП), описывающих концепцию и структуру информационного моделирования. Это безусловно важный набор, являющийся основой для дальнейших действий по развитию нормативной базы. Однако такой комплект по-прежнему не конкретизирует применение ТИМ в реальных сценариях строительного процесса и комбинациях таких сценариев. В 2024 году Правительство РФ также продолжило работу по подготовке новой нормативной документации и достигло заметного продвижения.

Среди выпущенных документов:

– «Предварительный национальный стандарт ПНСТ 909-2024 «Требование к цифровым информационным моделям объектов непромышленного назначения. Часть 1. Жилые здания»» (вступил в силу с 1 февраля 2024 г. со сроком действия до 1 февраля 2027 г.) [2]. ПНСТ позволит систематизировать и стандартизировать требования к ЦИМ жилых зданий. Автоматизация обработки данных из создаваемых ЦИМ позволит соблюсти требования законодательства и решить прикладные задачи: быстрее подготавливать проектную и рабочую документацию, заполнять ведомости строительных материалов, проводить работу с другими типовыми сценариями применения ТИМ.

– «Постановление Правительства Российской Федерации от 17 мая 2024 г. № 614 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов»» (вступило в силу 1 сентября 2024 г. со сроком действия до 1 сентября 2030 г.) [3].

Особенно следует выделить ПНСТ 909-2024 – это очень важный шаг в развитии нормативной документации по ТИМ. Документ состоит из 222 страниц (рекордное значение среди ранее выпущенных в этом направлении) и подробным образом описывает различные сценарии

(комбинации сценариев) применения ТИМ, что в определенной степени приближает уровень проработки нормативной документации к необходимому. Стоит отметить, что, исходя из наименования стандарта и указания части, можно предположить, что данный стандарт в дальнейшем расширит свое влияние на образовательные, медицинские и другие непроектные объекты. Также, вероятно, можно ожидать появления такой нормативной документации для объектов производственного назначения, к примеру, для промышленных предприятий.

Приоритет Минстроя России на ближайшие годы – построение цифровой вертикали в развитии на всей территории страны. А именно: интеграция всех регионов России в единый контур «ГИСОГД РФ (Государственная информационная система обеспечения градостроительной деятельности Российской Федерации)», формирование общероссийских стандартов передачи данных и развитие систем среднего уровня, полномасштабный и нормативно закреплённый переход на ТИМ с определением ответственных за контроль соответствия информационной модели реальному состоянию объекта. Согласно ст. 56 ГрК РФ, целью ведения государственных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности является обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, физических и юридических лиц достоверными сведениями, необходимыми для осуществления градостроительной деятельности [4].

Касательно проблемы разночтений строительной терминологии, следует обязательным образом устранить неточность понятия «объект капитального строительства» (ОКС). Данное понятие зачастую необдуманно и ошибочно используется для обозначения уже построенных зданий или сооружений, однако надо понимать, что после сдачи в эксплуатацию «объект капитального строительства», т.е. сам процесс стройки, прекращает свое существование; в таком случае он становится «объектом недвижимости (зданием или сооружением)» или «капитальным строением».

Потому надо также разделять понятия «жизненный цикл здания или сооружения (капитального строения)» и «жизненный цикл объекта капитального строительства», так как их отделяет самый главный и важный, сложный и длительный этап – этап эксплуатации, для чего собственно и осуществляется весь процесс строительства.

На сегодня этап эксплуатации является самым сложным и самым неохваченным с позиции цифровизации управления. Он почти никак не интегрирован с предыдущими этапами жизненного цикла объекта. Вся проблема заключается в том, что применить ТИМ на стадии проектирования (т.е. заведомо не существующего объекта) гораздо проще, т.к. вся разработка будет идти «с нуля» в выбранном ПО, и вся необходимая предпроектная документация будет собрана в одном хранилище (привязанном к ЦИМ), которое будет постепенно наполняться проектной, исполнительной и иной документацией. Когда речь заходит про создание

информационной модели (т.е. создание «цифрового двойника») уже существующего здания или сооружения, то сразу возникает проблема поиска и анализа этой документации, которая по различным причинам может быть утеряна или иметь повреждения, может быть некомплектной или не отражающей актуальное состояние объекта. В таком случае имеет место применение технологии лазерного сканирования, по результатам которого можно создать ЦИМ объекта, в полной мере отражающую его реальное состояние. С использованием данной технологии трудоемкость создания модели уменьшается, но лишь наполовину; это объясняется тем, что первоначально возникает необходимость формирования геометрических элементов из облака точек и указания для них свойств, а также создания семейств, классификаторов и т.п. в ПО для проектирования. Только после этого представляется возможным конвертация ЦИМ в ПО предназначенное для эксплуатационного этапа жизненного цикла объекта. Такая сложная процедура будет касаться только тех объектов, что изначально построены без использования ТИМ, но таких объектов среди построенных – абсолютное большинство, и этот процесс также должен быть качественно интегрирован в общий ход работы с ЦИМ.

Возможности применения ТИМ на стадии эксплуатации очень важны и широки: автоматическое формирование комплекса базовых документов по эксплуатации; автоматизация процессов планирования, организации, проведения контроля и анализа результативности деятельности в рамках технической эксплуатации и т.п. Кроме того, к ЦИМ обязательно будет привязана электронная версия технического паспорта здания, который, на сегодняшний день, является одним из самых важных документов в период эксплуатации [5]. Здесь же открывается возможность выполнения мониторинга состояния объекта по средствам множества специальных датчиков; под контролем оказываются все режимы инженерных коммуникаций и возможные аварийные ситуации.

При всем выше изложенном, необходимо не забывать, что существующие программные продукты САПР: (Bentley, Tekla, AVEVA, Revit, Navisworks, Robot, SCAD и др.) являются инструментарием не для всего широкого круга специалистов, задействованных в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, а лишь для тех, кто непосредственно связан с реальной цифровизацией проектирования и созданием строительных моделей. Моделями надо уметь профессионально пользоваться (понятно, что не без помощи компьютера) не только их разработчикам, точно так же как, например, грамотно читать чертежи широкому кругу специалистов, не участвующих в процессе их разработки. Поэтому должна быть дифференцированная золотая середина в вопросе подготовки востребованных, результативных, конкурентоспособных и высококвалифицированных кадров для отрасли.

Подводя итоги вышеизложенному, можно сделать вывод о том, что на данный момент процесс цифровизации еще далек от логического

завершения, а основными задачами по-прежнему остаются: совершенствование нормативной документации и терминологии; разработка интегрированных между собой комплексов программного обеспечения для всего жизненного цикла объекта; подготовка квалифицированных кадров (согласно профессиональным стандартам). Только решив все эти задачи и проблемы, можно будет достичь поставленных целей и вывести управление жизненным циклом строящихся и построенных объектов на новый, поистине революционный уровень.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косухин, М.М. Информационное моделирование зданий и сооружений на всех этапах жизненного цикла / М.М. Косухин, М.С. Кондауров, А.М. Косухин // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 94-100.

2. ПНСТ 909-2024. Требования к цифровым информационным моделям объектов непроизводственного назначения. Часть 1. Жилые здания: предварительный национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 01.02.2024 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва: ФГБУ «Институт стандартизации», 2024. – 222 с.

3. Российская Федерация. Правительство. Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов: постановление Правительства Российской Федерации от 17 мая 2024 года № 614: [редакция от 17 мая 2024 года]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405170050> (дата обращения: 01.11.2024).

4. Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации: ГК РФ: Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2004 года № 190-ФЗ: [принят Государственной Думой 22 декабря 2004 года: одобрен Советом Федерации 24 декабря 2004 года]: [редакция от 08 августа 2024 года]: [с изменениями и дополнениями на 1 сентября 2024 года]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 01.11.2024).

5. Малюкова, М.В. Перспективы применения BIM-технологий на эксплуатационной стадии жизненного цикла строительного объекта / М.В. Малюкова, И. С. Титовская, Н.М. Шунькин // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 100-106.

Зюбанов А.В., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Марушко М.В.

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

СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ХОЗЯЙСТВА

В настоящее время в России возрастает роль и становится актуальным внедрение цифровых технологий во всех отраслях экономики, в том числе и в области городского строительства и хозяйства, а также при технической эксплуатации зданий, сооружений и инженерных систем. Они значительно упрощают и ускоряют производственные процессы, повышают безопасность, качество производимых работ на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства и позволяют проводить анализ расхода всех видов ресурсов.

Рассмотрим примеры, когда цифровые технологии используются для автоматизации и оптимизации рабочих процессов в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве:

1) *автоматизация проектирования и строительства*: использование программного обеспечения для создания 3D-моделей зданий, расчета нагрузок и материалов, ускоряющие процесс проектирования и снижающие вероятность человеческих ошибок;

2) *мониторинг состояния зданий и сооружений*: установка датчиков и сенсоров для сбора данных о техническом состоянии конструкций, температуры, влажности и других параметров в гражданских зданиях. Эти данные обрабатываются и анализируются с помощью информационных систем, включая искусственный интеллект, что позволяет своевременно обнаруживать проблемы и принимать меры по их устранению;

3) *управление ресурсами и системами*: информационные технологии позволяют отслеживать расход коммунальных ресурсов: воды, электрической энергии, природного газа и других ресурсов, а также работу инженерных систем (теплоснабжения, водоснабжения, электроснабжения, газоснабжения, вентиляции). Это помогает оптимизировать потребление ресурсов и предотвращать аварийные ситуации;

4) *взаимодействие с жителями и арендаторами*: цифровые системы позволяют жителям и арендаторам связываться с управляющей компанией или обслуживающими организациями через сеть Интернет или мобильное приложение. Это упрощает процесс подачи заявок на обслуживание, контроль выполнения работ и получение обратной связи от граждан;

5) *аналитика и прогнозирование*: цифровые технологии позволяют собирать и обрабатывать большие объемы данных о работе систем и потреблении энергоресурсов, что, в свою очередь, помогает проводить анализ и прогнозирование, выявлять тенденции и закономерности, а также

разрабатывать стратегии по улучшению работы всех систем, снижению энергозатрат и финансовых ресурсов в целом [1-3].

Информационные технологии в России реализуются за счет разрабатываемых инновационных технических решений, примеры которых рассмотрим ниже.

Автоматизированная диспетчерская служба управления подачей коммунальных ресурсов в многоквартирные дома (МКД) для быстрой дистанционной локализации аварий систем водо-, газо- и теплоснабжения, представляет собой аппаратно-программный комплекс, разделенный на два модуля, «серверный» и «диспетчерский» (рис. 1). Серверный модуль способен получать команды от диспетчерского и посылать управляющие сигналы на контроллеры исполнительных устройств, непосредственно осуществляющих подачу газа, воды и теплоносителя в МКД. Программное обеспечение так же собирает телеметрическую информацию о состоянии исполнительных устройств. Для диспетчерского модуля разработан удобный интерфейс пользователя, позволяющий как формировать управляющие сигналы, так и выводить телеметрическую информацию в реальном времени [4].

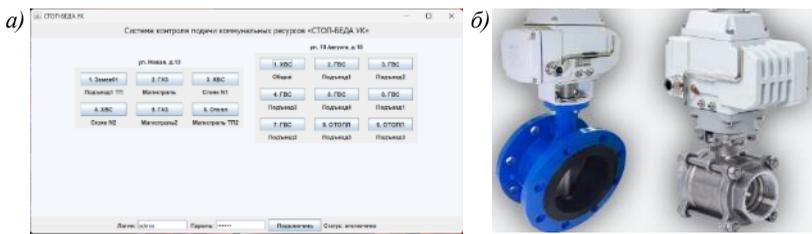


Рис. 1. Диспетчерский модуль команд управления (а) аппаратно-программного комплекса «Стоп-беда УК» и запорная арматура различных типов с электроприводом (б)

В результате внедрения такой системы в сфере ЖКХ, можно получить следующие результаты: сокращение риска гибели и увечья от взрывов бытового газа; достижение экономии на содержании аварийно-диспетчерских пунктов и восстановительных работах помещений и мест общего пользования; снижение риска нарушений управляющими компаниями Постановления Правительства РФ от 27.03.2018 №331 о нормативе времени локализации аварий систем снабжения коммунальными ресурсами.

Сервис «Онлайн ЖКХ» создан для частных и корпоративных клиентов, владеющих недвижимостью. Ключевые возможности сервиса заключаются в просмотре начислений за жилищно-коммунальные услуги в личном кабинете, передаче показаний индивидуальных счетчиков и оплата ЖКУ онлайн для нескольких объектов недвижимости одним нажатием. Результатами внедрения данного программного комплекса являются [5]:

– для поставщиков жилищно-коммунальных услуг: получение контактов потребителей, информации о документах, устанавливающих права на жилую недвижимость, и сведений о правообладателях; экономия на печати и рассылке бумажных документов, благодаря подписке на электронные квитанции; отправка уведомлений о задолженностях, включая уведомления об отключениях; снижение затрат на абонентское обслуживание; повышение лояльности потребителей и улучшение качества обслуживания;

– для потребителей: доступ к дистанционным сервисам поставщиков на одной платформе по принципу «единого окна»; возможность оплаты в один клик, независимо от количества жилых помещений и лицевого счетов; хранение всех данных о жилом помещении в цифровом формате вместо использования бумажных архивов; единая диспетчерская служба для всех поставщиков в мобильном приложении и личном кабинете на официальном сайте; гарантированное получение сообщений от поставщиков об авариях, работах и другой важной информации;

– для органов власти: размещение региональных и муниципальных сервисов и услуг; интеграция диспетчерской службы с муниципальными и региональными системами.

Российское программное обеспечение «Виртуальный оператор 4.0» с применением искусственного интеллекта (ИИ) предлагает отраслевое решение для единого диспетчерского центра, ресурсоснабжающих организаций – программный модуль, предназначенный для обработки телефонных обращений абонентов с помощью голосового виртуального оператора на базе ИИ по различным отраслевым темам. Этот модуль способен самостоятельно обрабатывать более 200 кейсов, работать с неполными запросами и уточнять информацию при необходимости [6]. К основным преимуществам разработки можно отнести:

– возможность обслуживания более 90 % обращений в автоматическом режиме с одновременным сокращением среднего времени разговора;

– обеспечение 100 % доступности ЕДЦ (отсутствие недозвонов и длительного ожидания ответа при обращении) в круглосуточном режиме;

– предоставление 100 % коммуникаций в цифровом формате, что позволяет использовать данные для аналитических панелей в реальном времени.

Результаты внедрения этого программного комплекса: время ответа на обращение составляет 1 с; оптимизация численности сотрудников контакт-центра в несколько раз; уровень автоматизации достигает 98 %; оцифровка 100 % коммуникаций.

Государственная информационная система обеспечения градостроительной деятельности на базе платформы Geometa. Этот программный комплекс представляет собой информационную систему для управления данными и документами о территории и планах по ее развитию, земельных участках, существующих и планируемых к

размещению объектах капитального строительства и иными необходимыми для градостроительной деятельности данными.

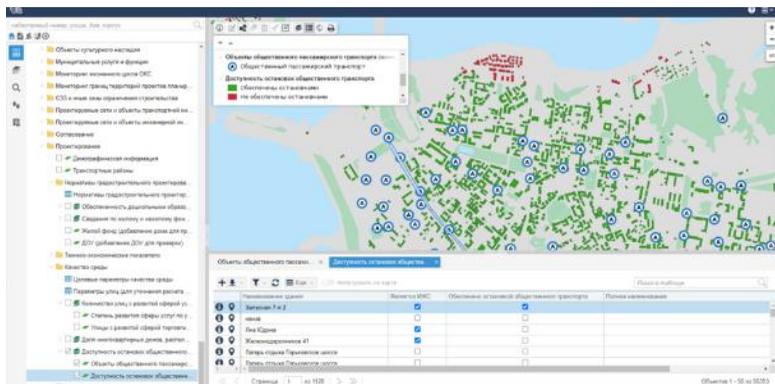


Рис. 2. Цифровая модель инфраструктуры общественного транспорта города

Внедрение данного программного комплекса предоставляет следующие возможности [7]:

- актуальная и полная база данных по инженерным сетям;
- электронный документооборот по градостроительству;
- государственные и муниципальные услуги в области строительства в электронном формате;
- цифровой образ города с информацией об инженерных сетях, строительстве, земельных ресурсах;
- сокращение времени ввода объектов в экономический оборот через оптимизацию жизненного цикла объектов;
- повышение эффективности государственных и муниципальных программ через анализ данных и поиск возможностей оптимизации;
- увеличение доступности информации для граждан и бизнеса о возможностях инвестирования в развитие территорий. [8-10].

Программный комплекс «Искусственный интеллект в городском благоустройстве» в режиме реального времени автоматически фиксирует отклонения от нормального состояния объектов дорожной инфраструктуры и формирует базу для аналитики и оперативного принятия решений [11].

В результате внедрения были реализованы следующие модули:

- модуль детекции инфраструктуры и дорожных знаков, позволяющий распознавать дорожные знаки, их содержание и географические координаты, а также предоставлять информацию об отсутствии или повреждении знаков;
- модуль дефектов разметки, обнаруживающий плохо читаемую или стертую разметку;

– модуль контроля уборки снега, предоставляющий данные о заснеженности района и анализирующий коэффициент заснеженности дороги;

– модуль контроля работы уличного освещения, фиксирующий опоры уличного освещения и контролирующий отсутствие освещения;

– модуль дефектов дорожного полотна, предоставляющий информацию о ямах, выбоинах и трещинах дорожного полотна;

Система контроля производит сбор информации, оцифровку дорожных элементов, выявление инцидентов и информирование ответственных лиц, а также поддерживает актуальные данные о дороге в режиме реального времени. Система функционирует на серверном оборудовании облачной инфраструктуры и автоматизированных рабочих местах пользователей системы, оснащенных средствами вычислительной техники и общего программного обеспечения.

Цифровизация играет важную роль в городском строительстве и хозяйстве, так как она позволяет оптимизировать процессы, повысить эффективность работы, улучшить качество услуг и снизить затраты.

Использование цифровых технологий ускоряет процессы проектирования, строительства, управления ресурсами и коммуникациями. Цифровые инструменты помогают собирать и анализировать получаемые в реальном времени данные для улучшения качества услуг и своевременного выявления и устранения проблем. Автоматизация процессов повышает эффективность производства работ, сокращает время выполнения задач и оптимизирует расходы. Внедрение цифровых решений уменьшает количество ошибок и улучшает взаимодействие с клиентами через цифровые платформы и мобильные приложения.

Таким образом, цифровизация отрасли является важным инструментом для развития городского строительства и хозяйства, способствуя повышению качества жизни населения и развитию экономики региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марушко М.В., Рябчевский И.С. Цифровизация на стадии технической эксплуатации многоквартирных жилых домов // Сборник докладов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования БГТУ им. В.Г. Шухова «Наука и инновации в строительстве». Белгород, 2024. С. 276-280.

2. Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17-22.

3. 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.

4. Умный город / Проектная Дирекция Минстроя Россия. Режим доступа: <https://russiasmartcity.ru/solutions/285>
5. Умный город / Проектная Дирекция Минстроя Россия. Режим доступа: <https://russiasmartcity.ru/solutions/237>
6. Умный город / Проектная Дирекция Минстроя Россия. Режим доступа: <https://russiasmartcity.ru/solutions/297>
7. Умный город / Проектная Дирекция Минстроя Россия. Режим доступа: <https://russiasmartcity.ru/solutions/283>
8. 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.
9. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С. Управление данными BIM-модели при оценке устойчивости жизненного цикла зданий // Университетская наука. 2023. № 1 (15). С. 117-119.
10. 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.
11. Умный город / Проектная Дирекция Минстроя Россия. Режим доступа: <https://russiasmartcity.ru/solutions/273>

Кецко Е.С., аспирант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Римшин В.И.**

Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, г. Москва, Россия

АЛГОРИТМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ СОЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В процессе эксплуатации зданий происходят физический износ строительных конструкций, снижение и потеря их несущей способности, деформации как отдельных элементов, так и всего здания. Для разработки мероприятий по восстановлению эксплуатационных качеств конструкций необходимо их обследование. Только так можно выявить причины преждевременного износа и понижения несущей способности [1-4].

В данной статье приведены и проанализированы результаты выполнения работ по комплексному техническому обследованию состояния здания социальной инфраструктуры и его элементов на примере диагностического клинического центра, получению количественной оценки фактических показателей качества несущих конструкций, основания и фундаментов, благоустройства прилегающей территории к

зданию, в рамках его модернизации и доведению технико-экономических показателей до нормативных значений.

Здание пятиэтажное с подвалом, имеется техническое подполье, над пятым этажом расположено технический этаж. На рис. 1 представлен фрагмент фасада обследуемого здания в осях 11/А-И. Здание построено в 1987-м г. по типовому проекту серии VII-79.



Рис. 1. Фасад здания в осях 11/А-И

Фундаменты под наружными и внутренними колоннами свайные, выполнены из железобетонных свай заводского изготовления, объединенных монолитными железобетонными столбчатыми ростверками. Под наружными и внутренними стенами выполнены сборные железобетонные фундаментные балки с опиранием на столбчатые железобетонные ростверки колонн. Длина свай составляет 6 м, сечение – 0,30×0,30 м, несущая способность висячих свай принята 60 т. Фундаменты имеют достаточное заглубление по промерзанию и передают нагрузку на естественные грунты.

Наружные стены здания в уровне подвала и цокольной части здания – несущие, выполнены из керамзитобетонных панелей и кладкой из бетонных фундаментных блоков. Наружные стены в уровне 1-5-го и технического этажей выполнены из навесных керамзитобетонных панелей. Межколонные зоны в уровне этажа трехслойные, из асбоцементных листов с эффективным утеплителем. Внутренние стены несущие, сборные железобетонные, являются стенами жесткости. Имеются участки разрушения облицовки фасадов, слабая адгезия герметизирующей мастики межпанельных стыков, замачивание наружных стен, в том числе в парапетных зонах и в подвале, трещины в растворных заделках в сопряжении навесных панелей наружных стен со стороны помещений. Для дальнейшей нормативной эксплуатации стены требуют проведения ремонта с устранением дефектов, включая просушку на участках замачивания.

Колонны в здании сборные железобетонные, воспринимают нагрузку от навесных стеновых панелей, перекрытий и покрытия здания. Имеются краевые «околы» граней бетона отдельных колонн (без оголения рабочего армирования) и растворных заделок в сопряжении элементов колонн между собой с поверхностной коррозией закладных деталей в зоне входных групп; нарушение облицовки колонн на отдельных участках. Для дальнейшей нормативной эксплуатации рекомендуется проведение ремонта колонн с устранением

Перекрытия над подвалом и 1-5-м этажами (междуэтажные) сборные железобетонные из настилов перекрытий легкого каркаса с опиранием на сборные железобетонные ригели и сборные железобетонные стены жесткости. Имеются протечки через перекрытия, в том числе в местах пропуска через них инженерных водопроводящих коммуникаций, трещины в растворных заделках в сопряжении настилов перекрытий между собой и смежными конструкциями, местные выпадения раствора из заделок; участки шелушения окрасочного слоя. При существующей конструктивной схеме и составе перекрытий их несущая способность достаточная под нормируемые нагрузки. Для дальнейшей нормативной эксплуатации рекомендуется проведение ремонта перекрытия с устранением дефектов, включая просушку в местах замачивания.

Перекрытия над 5-ым и техническим этажами (покрытие) сборные железобетонные, из настилов перекрытий легкого каркаса с опиранием на сборные железобетонные ригели и сборные железобетонные стены жесткости. Имеются пузыри, застойные зоны в гидроизоляционном ковре покрытия (кровля); протечки через конструкцию покрытия; местами водоприемные воронки расположены выше уровня кровли; трещины в растворных заделках в сопряжении настилов перекрытий между собой и смежными конструкциями, местные выпадения раствора из заделок; участки шелушения окрасочного слоя. Несущая способность покрытия достаточная под нормируемые нагрузки. В результате проведенного инженерного обследования и в соответствии с ГОСТ 31937-2011 покрытие в целом находится в «работоспособном техническом состоянии», состояние кровли - неудовлетворительное. Значение фактического сопротивления теплопередаче конструкции покрытия не удовлетворяет нормативному требованию. Для дальнейшей нормативной эксплуатации рекомендуется проведение ремонта перекрытий (покрытия) с устранением дефектов, включая просушку в местах замачивания и утепление с доведением сопротивления конструкции покрытия до нормативного значения. По совокупности дефектов кровля в здании рекомендуется к замене в полном объеме.

Лестницы двух маршевые, из сборных железобетонных маршей с площадками, выполненными в заводских условиях. Несущая способность лестничных маршей и площадок не снижены. Прочность и устойчивость ограждений достаточная. Имеются сколы по краям ступеней, местные отслоения покрытия площадок и керамической плитки от основания. Для

дальнейшей эксплуатации рекомендуется проведение ремонта с устранением отмеченных дефектов.

Перегородки ненесущие, выполнены из листов гипсокартона по металлическому каркасу, керамзитобетонные и из гипсовых пазогребневых блоков, отдельные перегородки кирпичные оштукатуренные (местами не оштукатурены). Прочность и устойчивость перегородок достаточная. Имеются отслоения керамической плитки облицовки перегородок; местные разрушения облицовки; трещины в штукатурке перегородок с местным ее отслоением; трещины в растворных заделках в сопряжении перегородок со смежными конструкциями, следы замачивания перегородок.

По результатам проведенного инженерного обследования конструкции стен, колонн, перегородок, перекрытий и покрытия, лестниц находятся в работоспособном техническом состоянии и соответствуют положению Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» по механической безопасности. На основании проведенного инженерного обследования и выполненных расчетов установлено, что в соответствии с ВСН53-86(р) физический износ здания составляет 41%.

На основании проведенного инженерного обследования здание требует модернизации и доведение технико-экономических показателей до нормативных значений с устранением дефектов и повреждений, отмеченных выше по разработанному проекту и обеспечением нормативных требований для обслуживания маломобильных групп населения. Рекомендуется выполнить устройство отверстий в плитах покрытия для прохождения системы вентиляции, замена лифтовой шахты, замена герметизации стыков стеновых наружных панелей, замена покрытия плоских железобетонных козырьков над входами, устройство гидроизоляции наружных стен здания в уровне подвала, замена плит перекрытия в зоне установки оборудования, замена существующего кровельного материала покрытий на аналогичное, ремонт приямков, устройство металлических перемычек над дверными проемами в проектируемых перегородках, заделка трещин цементно-песчаным раствором в стыках сопряжения стеновых блоках, замена лестницы спуска в подвал, замена существующей конструкции перекрытия над подвалом, замена существующих маршей спусков в подвал, замена металлического козырька над входом 1-го этажа, замена козырьков над световыми приямками подвала, замена заделки рустов плит перекрытий ремонтным составом, утепление фасадов по системе NordFOX с облицовкой фиброцементными панелями, замена пандусов входов [5-6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арленинов П.Д., Калмакова П.С., Нещадимов В.А., Римшин В.И. Исследование эффектов гидроизоляции бетонных образцов при проведении длительных испытаний Известия высших учебных заведений. Строительство. 2024. № 3 (783). С. 89-99.

2. Telichenko V., Rimshin V., Ketsko E. Digital robotic systems for non-destructive reinforced concrete structures testing E3S Web of Conferences. 2024. T. 533. С. 02045.

3. Telichenko V., Rimshin V., Ketsko E. Promising directions for the artificial intelligence development in the housing and utilities sector E3S Web of Conferences. 2024. T. 535. С. 05001.

4. Сулейманова Л.А., Есипов С.М., Амелин П.А. Технологии информационного моделирования в технической диагностике зданий и сооружений Белгород, 2023.

5. Римшин В.И., Семенова М.Н., Кришан А.Л., Астафьева М.А., Ступак А.А. Экспериментальные исследования сжатых трубобетонных элементов квадратного сечения БСТ: Бюллетень строительной техники. 2022. № 6 (1054). С. 13-15.

6. Анпилов С.М., Бондарь В.В., Ерофеев В.Т., Леонович С.Н., Павлик А.В., Панфилов Д.А., Римшин В.И., Сорочайкин А.Н., Сколубович Ю.Л. Способ реконструкции зданий и сооружений Патент на изобретение RU 2820548 С1, 05.06.2024. Заявка от 05.09.2023.

Овчаров Р.А., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Крючков А.А.**

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

ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

На динамику физического износа жилых зданий влияют следующие факторы: плотность городской застройки, качество жилья, качество коммунальных услуг, способность реагировать на чрезвычайные ситуации, продолжительность работы инженерных систем и зданий, которые не подключены к коммуникациям, количество и качество ремонтных работ и капитальных ремонтов, качества монтажа и технического обслуживания [1]. Рассмотрим работу системы автоматизированного мониторинга несущих конструкций объектов капитального строительства.

1. Геотехнический контроль. Он разделен на три основные части: контроль залегания грунтовых вод и опасных геологических процессов; контроль качества грунта, находящегося в контакте с фундаментом и конструкцией планируемого здания; и контроль качества грунта, находящегося в зоне влияния планируемого здания.

Наблюдение за подземными водами включает в себя определение уровня воды, температуры, химического состава, измерения дренажной системы (во время строительства) и дренажа (во время эксплуатации).

Наблюдение за протеканием опасных геологических процессов включает в себя мониторинг вертикального и горизонтального перемещения грунта, вызванного опасными геологическими процессами (оползни, карстово-асфиксионные процессы, неравномерная деформация). Наблюдение за качеством грунта, соприкасающегося со зданием, включает в себя мониторинг напряженно-деформированного состояния фундамента, когда он соприкасается с фундаментом, и блокирование конструкции качеством окружающего грунта. Наблюдение за строящимися зданиями и сооружениями включает в себя наблюдение за осадкой здания через опорную точку стены, за напряжением и качкой фундамента и опорной конструкции подземной части, за вибрацией здания, регулярный визуальный осмотр поверхности фасада и наблюдение за внешним воздействием здания на объекте, включая измерения ветровой нагрузки, вибрации, сейсмических воздействий, температуры воздуха, атмосферного давления и осадков [2].

Во всех случаях, когда частота измерений составляет не менее одного раза в сезон или в труднодоступных, для наблюдаемого объекта, местах, сбор данных наблюдений и мониторинга должен осуществляться с использованием автоматизированных средств управления (датчиков). Технология беспроводной связи обеспечивает недорогостоящие здания, повсеместный доступ к точкам наблюдения и мгновенный доступ к данным. Измерительная система позволяет контролировать уровень жидкости и температуру на большой площади. Сбор данных осуществляется с использованием беспроводной технологии - по беспроводным каналам или сетям GSM. Оборудование этих систем может работать автономно в течение длительного времени без замены источника питания и технического обслуживания [3].

Все здания, которые попадают под планируемые земляные работы, должны быть изучены и проконтролированы до начала строительства. С момента начала земляных работ необходимо постоянно следить за состоянием грунтов.

2. Мониторинг напряженно-деформированного состояния (НДС) в подземной части здания. Непосредственно измеряются характеристики НДС в контактах основания фундамента и вертикального контакта со «стеной в грунте» в несущей конструкции пола, потолка и несущей стены (колонны) подземной части сооружения.

3. Мониторинг наземной части здания. Измеряется НДС потолка и несущей стены (колонны) наземной части здания, характеристики естественной вибрации и качки здания.

4. Мониторинг динамического воздействия включает в себя измерение вибрации и ветровых ударов (направление и интенсивность ветра), сейсмические измерения и наблюдения.

На рис. 1 показана базовая схема управления зданием, основными элементами контроля которого являются:

- измерение отложений в почве при бурении очень небольшого количества скважин -дополнительное измерение уклона;
- измерение порового давления и колебаний уровня грунтовых вод;
- определение нагрузки на грунт и напряжений в фундаментных плитах и сваях;
- измерение напряжений в конструкциях: стенах, опорах и столбах;
- контроль за вибрацией здания.

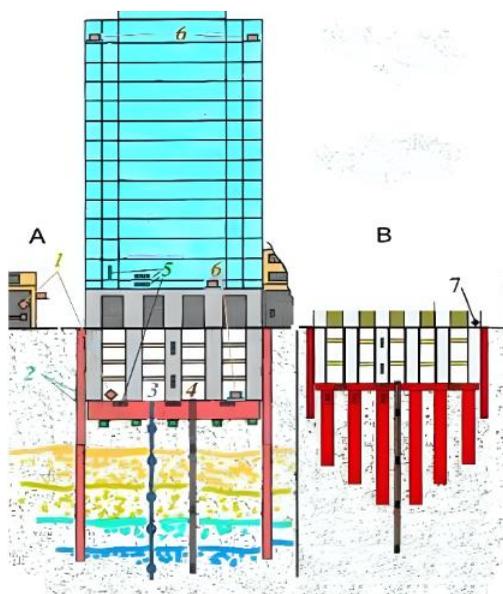


Рис. 1. Схема расстановки оборудования инструментального мониторинга здания:
 1 – геодезические измерения осадок; 2 – датчики давления на грунт; 3 – скважины измерения осадок (послойных и суммарных); 4 – датчики порового давления;
 5 – тензодатчики; 6 – сейсмометрические измерения колебаний;
 7 – двухкоординатный инклинометр (измерения крена)

Определяющими факторами при выборе того или иного измерительного прибора являются пространственная планировка объекта, конструктивные решения, результаты инженерно-геологических изысканий. Геометрическая основа позиционирования является результатом статических и динамических расчетов конструкции, а результаты аэродинамических испытаний позиционирования играют важную роль [4].

В зарубежной практике принято регулировать поле одномерного датчика напряжения в соответствии с системой перпендикулярных друг другу линий. Результаты измерений можно легко визуализировать в поле деформации.

При сейсмическом мониторинге используются датчики в диапазоне частот от 0,2 Гц и выше. Низкочастотный край рамы предназначен для обнаружения изменений в состоянии конструкции и может использоваться для оценки содержания подстилающего грунта в естественных условиях [5].

Для того чтобы сформулировать план реконструкции, может быть использовано компьютерное моделирование различных нефункциональных факторов (рис. 2), таких как надзор за городским планированием, инструментальные исследования, а также проектирование, строительство и будущее использование жилья во время капитального ремонта жилых зданий.

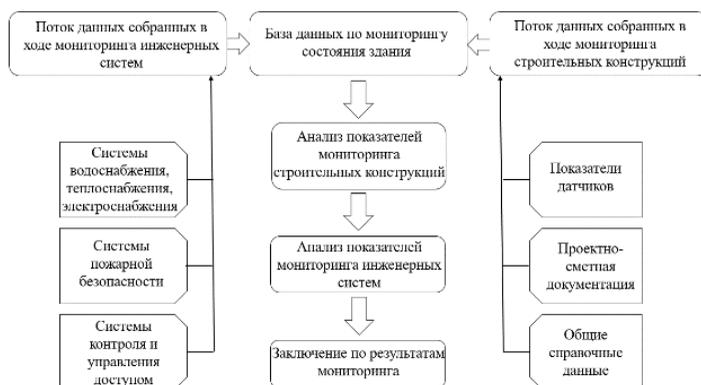


Рис. 2. Общая схема информатизации мониторинга здания

В настоящее время капитальный ремонт в России финансируется из федерального бюджета через государственные предприятия и фонды поддержки модернизации жилищно-коммунального хозяйства, а обязательные средства предоставляются региональными бюджетами и собственниками [6].

Одной из основных задач совершенствования систем мониторинга технического состояния здания является внедрение информационно-коммуникационных технологий. Автоматизированные системы учета, основанные на современных информационно-коммуникационных технологиях, помогают успешно выполнять многие задачи и повышают безопасность технической эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий / Л. А. Сулейманова, А. Г. Козлюк, Е. С. Глаголев, М. В. Марушко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 7. – С. 32-36. – EDN WBVYSN.

2. Сулейманова, Л. А. Аддитивные технологии в строительстве / Л. А. Сулейманова, И. А. Погорелова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. – 237 с. – EDN NCTSAV.

3. Смоляго, Е. Г. Экспериментальные исследования трещиностойкости сборно-монолитных изгибаемых железобетонных элементов / Е. Г. Смоляго, А. А. Крючков // Строительство и реконструкция. – 2010. – № 1(27). – С. 47-54. – EDN LDGPTP.

4. Смоляго, Г. А. К оценке ресурса конструктивной безопасности железобетонных конструкций по предельным состояниям II-ой группы / Г. А. Смоляго, А. А. Крючков // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. – 2007. – № 2-14. – С. 176-180. – EDN KZHKWF.

5. Рекомендации по организации и проведению сейсмометрических обследований и мониторинга технического состояния зданий различного назначения / А. П. Кузьменко, В. С. Сабуров, Д. Б. Короленко, Л. А. Короленко // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2021. – № 4. – С. 69-76. – DOI 10.36535/0869-4179-2021-04-5. – EDN VIJJKK.

6. Глаголев, Е. С. Эффективное воспроизводство жилищного фонда России / Е. С. Глаголев, Л. А. Сулейманова, М. В. Марушко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 10. – С. 98-104.

Погорелова А.И., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Косухин М.М.**

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

ОПТИМИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ОБЩЕГО ИМУЩЕСТВА В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ

Строительная отрасль является одной из ключевых составляющих экономики Российской Федерации, играющей важную роль в обеспечении жилищных условий и инфраструктурного развития страны. В условиях современных вызовов и изменений, связанных с развитием технологий и потребностей общества, актуальность повышения производительности труда в этой сфере становится особенно заметной. В 2022 г. Правительство Российской Федерации утвердило Стратегию развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства на период до 2030 года, которая ставит перед собой амбициозные цели, включая модернизацию объектов недвижимости и капитальный ремонт общего имущества многоквартирных жилых домов (ОИ МКД) [1, 2].

Эта стратегия не только определяет направления для улучшения качества строительных работ, но и подчеркивает необходимость создания эффективной законодательной и нормативно-технической базы. В процессе реализации региональных программ капитального ремонта выявляются как существующие проблемы, так и новые вызовы, требующие комплексного подхода и взаимодействия всех участников процесса. Важнейшей задачей становится разработка организационно-технологических решений, способствующих повышению эффективности работ и качеству предоставляемых услуг [3-5].

С момента внедрения региональных программ капитального ремонта выявились определенные проблемные аспекты, требующие внимания. В частности, необходимо решить вопросы, связанные с недостаточной проработкой отдельных процессов, что критически важно для повышения общей производительности труда и обеспечения заданного уровня качества работ. Для достижения этих целей требуется координация усилий всех участников процесса капитального ремонта, включая региональных операторов, технических заказчиков, подрядные организации, а также представителей собственников и эксплуатирующих организаций.

Капитальный ремонт ОИ МКД осуществляется на основе организационно-технологических решений, которые формируются на основании результатов обследования состояния зданий. В этом контексте часто применяются методологии организационно-технологического моделирования, которые включают современные информационные технологии. Эти инструменты позволяют не только моделировать процесс реализации технических и организационных решений, но и оценивать их эффективность на всех этапах капитального ремонта.

Важным направлением является разработка организационно-технологического механизма, который будет способствовать повышению технологичности работ и выбору рациональных решений при проведении капитального ремонта ОИ МКД. Это включает в себя создание четкой нормативно-технической базы, которая будет поддерживать реализацию указанных мероприятий.

Таким образом, для успешного выполнения задач по повышению производительности труда в строительной отрасли необходимо:

- формирование эффективной законодательной базы для капитального ремонта;
- разработка и внедрение современных методик и технологий в процесс капитального ремонта;
- обеспечение взаимодействия всех участников процесса для достижения общих целей.

Эти меры позволят не только повысить качество выполняемых работ, но и обеспечить устойчивое развитие строительной отрасли в России в соответствии с установленными стратегическими целями [6].

Капитальный ремонт ОИ МКД требует не только применения современных технологий, но и тщательного планирования всех этапов

работ. Одним из ключевых аспектов успешного выполнения капитального ремонта является сбор и анализ информации о состоянии зданий. Это включает в себя детальное обследование конструктивных элементов, инженерных систем и общего состояния дома. На основании полученных данных разрабатываются проектно-сметные документы, которые определяют объем работ, необходимые материалы и технологии их выполнения.

Кроме того, важно учитывать мнение собственников помещений в многоквартирных домах. Для этого необходимо проводить общие собрания, на которых жители могут выразить свои пожелания и предложения по предстоящему ремонту. Эффективное взаимодействие с собственниками не только способствует лучшему пониманию их нужд, но и помогает избежать конфликтов, которые могут возникнуть в процессе реализации проекта. Участие жителей в обсуждении вопросов капитального ремонта создает атмосферу доверия и сотрудничества, что в свою очередь положительно сказывается на конечном результате.

Не менее значимой является стандартизация процессов капитального ремонта. Устаревшие государственные стандарты часто не учитывают современные требования и специфику жилищного законодательства. В связи с этим необходимо разрабатывать новые требования к материалам и технологиям, которые будут применяться при проведении капитального ремонта. Это позволит повысить качество выполняемых работ и обеспечить долговечность обновленных объектов.

Также стоит обратить внимание на инновационные технологии, которые активно внедряются в процесс капитального ремонта. Использование высокотехнологичных материалов и методов, таких как фасадные теплозащитные системы или современные инженерные решения, позволяет значительно сократить сроки выполнения работ и снизить эксплуатационные расходы на содержание зданий. Важно, чтобы все участники процесса были осведомлены о новых разработках и могли эффективно их применять.

Важным аспектом является обучение специалистов, задействованных в капитальном ремонте. Повышение квалификации работников и внедрение профессиональных стандартов помогут обеспечить высокий уровень исполнения работ. Региональные операторы капитального ремонта должны активно участвовать в подготовке кадров, чтобы обеспечить необходимый уровень компетенции для успешной реализации проектов [7].

Капитальный ремонт зданий представляет собой сложный и многогранный технологический процесс, который осуществляется в уже эксплуатируемых объектах недвижимости. Этот процесс имеет ряд специфических особенностей, которые существенно влияют на принятие организационно-технологических решений. Ключевыми аспектами, определяющими эти особенности, являются нормативные требования и методические рекомендации, касающиеся как самого процесса

капитального ремонта, так и взаимодействия между всеми участниками – заказчиками, подрядными организациями и жильцами.

Одним из важных понятий в контексте капитального ремонта является технологичности, которая используется для оценки соответствия проектных решений или отдельных конструктивных элементов требованиям производственных и технологических процессов. Технологичность включает в себя множество факторов, таких как эффективность используемых материалов, методы выполнения работ и организационные схемы. Однако отсутствие четкой нормативной базы для определения самого понятия технологичности и его характеристик создает трудности в верификации организационных и технологических резервов, которые могут способствовать улучшению параметров производственных процессов в строительстве.

Для устранения неопределенности в понятийном аппарате в области технологичности при выполнении капитального ремонта можно использовать методологическую базу, разработанную на основе научных исследований. Эта база может быть дополнена междисциплинарным опытом нормирования из других отраслей, таких как машиностроение. Применение таких подходов позволит создать более структурированное понимание технологичности и ее влияния на процесс капитального ремонта.

Работы по капитальному ремонту в многоквартирных домах часто проводятся без отселения жильцов, что добавляет сложности в организацию процесса. В связи с этим одной из ключевых задач становится сокращение продолжительности ремонтных работ без ущерба для качества и без увеличения стоимости. Продолжительность выполнения работ является одним из основных параметров, характеризующих технологический процесс, и напрямую влияет на его технологичность. Эффективное управление временем выполнения работ может значительно повысить общую производительность и снизить негативное влияние на жильцов.

Для достижения этой цели необходима интегральная оценка комплекса параметров, влияющих на технологичность процесса капитального ремонта. Выявление резервов для улучшения этих параметров и реализация разработанных мероприятий могут стать основой для формирования эффективного организационно-технологического механизма, направленного на повышение технологичности работ. Это включает в себя оптимизацию рабочих процессов, улучшение координации между участниками проекта и внедрение современных технологий.

Таким образом, создание системы управления капитальным ремонтом зданий с учетом всех вышеперечисленных факторов позволит не только повысить качество выполняемых работ, но и сделать процесс более предсказуемым и эффективным. Это станет важным шагом к улучшению

жилищных условий граждан и повышению уровня жизни в многоквартирных домах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шрейбер, К.К. Рекомендации по совершенствованию организационно-технологической подготовки капитального ремонта многоквартирных домов / К.К. Шрейбер // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 11. – С. 50-55.

2. Косухин, М.М. К вопросу об оптимизации средств капитального ремонта и реконструкции жилого фонда с учетом комфортности среды проживания [Электронный ресурс] / М.М. Косухин, А.М. Косухин, А.В.Шевцова, М.А. Богачева // Научные технологии и инновации: междунар. научн.-практ. конф. Белгород, 2016. Ч. 2. С. 87-89.

3. Мищенко, В.Я. Планирование проведения ремонтно-строительных работ с целью достижения максимального срока эксплуатации строительных объектов / В.Я. Мищенко, Д.А. Драпалюк, Н.А. Понявина // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 9. – С. 28-31.

4. Применение алгоритмов поиска кратчайшего пути в ориентированном графе при планировании капитального ремонта жилищного фонда / В.Я. Мищенко, С.А. Колодяжный, Е.П. Горбанева, Е.В. Овчинникова // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2018 году / Российская академия архитектуры и строительных наук. Том 2. – Москва : Издательство АСВ, 2019. – С. 326-337.

5. Mishchenko, V. Energy consumption reduction at all stages of residential buildings life cycle by means of queuing systems / V. Mishchenko, S. Kolodyazhnyi, E. Gorbaneva // MATEC Web of Conferences, Ho Chi Minh City, 02–05 марта 2018 года. Vol. 193. – Ho Chi Minh City: EDP Sciences, 2018. – P. 05043.

6. Король, Е.А. Развитие методологии формирования нормативной базы в области эксплуатации зданий и сооружений и модернизация образовательных программ / Е.А. Король // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, № 10(109). – С. 1082-1089.

7. Шрейбер, К.А. Организационно-технологическая подготовка мероприятий по обеспечению надежности зданий / К.А. Шрейбер, К.К. Шрейбер // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 3. – С. 42-46.

Семенюк И.А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Косухин М.М

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

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ И ЗАЩИТЕ МНОГОСЛОЙНОЙ КРОВЛИ

В современном строительстве и ремонте зданий особое внимание уделяется качеству и долговечности кровельных систем. Многослойная кровля, состоящая из нескольких слоев различных материалов, является одним из наиболее популярных решений благодаря своей эффективности и надежности. Однако даже самые качественные материалы со временем подвергаются износу и требуют ремонта или замены.

Многослойные кровли из рулонных материалов обладают ограниченной долговечностью. В процессе эксплуатации они подвергаются воздействию агрессивных факторов, теряют свои первоначальные свойства и спустя несколько лет требуют ремонта или замены. Это приводит к необходимости ежегодно ремонтировать в России более 250 млн квадратных метров таких кровель [1].

Существующие методы ремонта рулонных кровель в строительной практике не всегда эффективны, так как в основном устраняют лишь последствия повреждений, а не их причины. К тому же, многие из них отличаются высокой стоимостью и трудоемкостью, не обеспечивая одновременно экономичности, надежности, ресурсосбережения и безопасности. Большая часть повреждений водоизоляционного ковра скрыта в его внутренних слоях, а отсутствие точной информации о состоянии кровли вынуждает специалистов прибегать к не всегда оптимальным технологическим решениям, что приводит к увеличению объемов и стоимости ремонтных работ.

Возникает необходимость разработки новых методов ремонта многослойных кровель и оборудования, которые позволили бы повысить их надежность, а также снизить затраты, трудоемкость и уровень пожароопасности ремонта, избегая загрязнения окружающей среды отходами, содержащими битум [2].

Иногда встречаются кровли, которые служат более 40 лет, но после многочисленных ремонтов накапливают до 10 и более слоев рулонных и мастичных материалов разных поколений. Исследования доказывают разрушительное влияние более 12 агрессивных факторов, среди которых выделяют пять основных: механические, физические, физико-химические, химические и биологические воздействия.

Нередко дефекты путают с повреждениями. Согласно положениям ВСН 58-88р, дефектами называют неисправности, возникшие из-за

нарушения норм при изготовлении, монтаже или ремонте, тогда как повреждения связаны с воздействием внешних факторов.

Капитальный ремонт плоских кровель представляет собой комплекс мероприятий, направленных на восстановление и улучшение состояния кровельной конструкции. Важным начальным этапом является осмотр кровли, который позволяет выявить повреждения, износ материалов и другие проблемные участки.

После этого осуществляется подготовка кровли: ее очищают от мусора, растительности и старых покрытий. Затем проводится ремонт или замена поврежденных элементов кровельной конструкции, таких как битумные рулонные материалы, мембраны, гидроизоляционные слои и другие компоненты. Если требуется, выполняют ремонт и укрепление несущей конструкции, включая замену или восстановление деревянных и металлических элементов.

Герметизация кровли, предотвращающая протечки и защищающая от влаги, является одним из ключевых этапов ремонта. Для этого применяют специализированные гидроизоляционные материалы, устанавливают дренажные системы и обеспечивают надежное соединение между слоями кровли. Выбор конкретного материала зависит от типа кровли, ее состояния и условий эксплуатации. Рулонные материалы (например, рубероид или ПВХ-мембраны) укладываются на поверхность кровли в несколько слоев, создавая водонепроницаемое покрытие. Обмазочные материалы (битумные мастики, полимерные составы) наносятся на поверхность кровли, образуя эластичную пленку. Проникающие материалы (жидкая резина, полиуретановые пены) заполняют поры и трещины в поверхности кровли, создавая герметичное покрытие. Мембранные материалы (ТПО, ЭПДМ) представляют собой гибкие листы, которые укладываются на поверхность кровли и соединяются между собой. На завершающем этапе проводится проверка качества работ, она включает в себя визуальный осмотр кровли, а также использование специальных приборов для обнаружения скрытых дефектов. Тестирование герметичности проводится путем создания давления или вакуума и проверки отсутствия утечек. [3].

После завершения капитального ремонта кровля становится более устойчивой к атмосферным воздействиям и обеспечивает надежную защиту здания от влаги и других неблагоприятных факторов.

Капитальный ремонт кровли может быть выполнен двумя способами:

– полная замена герметизирующего покрытия. В этом случае старое покрытие полностью и аккуратно демонтируется, чтобы не повредить основание кровли. Затем поверхность очищается, а повреждения основания, такие как сколы, выбоины и ямки, устраняются с использованием ремонтных растворов или дополнительного армирования. После этого укладывается новый гидроизоляционный материал.

– создание нового кровельного пирога поверх существующего покрытия. Здесь старое покрытие используется как основание для укладки новых слоев пароизоляции, теплоизоляции и гидроизоляции. Этот метод

возможен только в том случае, если перекрытие или стропильная система имеют достаточный запас прочности для выдерживания дополнительной нагрузки [4].

Современные задачи требуют использования математических методов для выбора оптимального решения. Существенный вклад в процесс ремонта кровель вносит автоматизированная экспертная система «Оптимизация технологии ремонта многослойных кровель», зарегистрированная в Роспатенте. Система учитывает до 20 критериев и помогает находить наилучшие технологические решения с учетом интересов различных участников процесса.

Моделирование типичных ситуаций с использованием системы показывает, что в зависимости от условий ремонта и состояния кровли любой из допустимых методов может быть наиболее рациональным. В ходе совершенствования методов восстановления водоизоляции установлена эффективность ограниченного доступа кислорода при разогреве кровли, использования гибких электронагревателей для равномерного прогрева, прикатки с повышенным давлением для надежного соединения слоев и нагнетания битумной эмульсии для устранения внутренних дефектов.

База данных автоматизированной экспертной системы содержит сведения о 20 допустимых технологиях ремонта кровель. Эта система позволяет находить оптимальное решение как с учетом, так и без учета интересов участников процесса, будь то заказчик, подрядчик или проектировщик.

С помощью системы было проведено моделирование около 100 типичных ситуаций, возникающих при выборе метода ремонта многослойных кровель. Анализ показывает, что в зависимости от условий выполнения работ и состояния кровли практически любой из доступных методов может быть признан наиболее подходящим (оптимальным) в конкретной ситуации.

В процессе совершенствования технологий восстановления водонепроницаемости водоизоляционного ковра при нагреве были изучены закономерности регенерации материалов многослойных кровель. В результате доказана целесообразность и техническая возможность следующих решений:

- ограничение доступа кислорода к разогреваемой поверхности кровли для предотвращения окисления битумного вяжущего путем использования кондуктивного теплопереноса [5];

- применение гибких электронагревателей, обеспечивающих равномерный прогрев ремонтируемой кровли;

- выполнение прикатки разогретой кровли с повышенным давлением, что обеспечивает плотное соединение одновременно 3-5 размягченных слоев кровельных материалов;

- нагнетание битумной эмульсии в полости кровли перед ее нагревом для устранения внутренних расслоений в водонасыщенных участках.

Анализ основных проблем и причин износа многослойных кровель позволил определить наиболее эффективные методы их устранения. Среди современных технологий ремонта и защиты многослойных кровель можно выделить следующие:

- применение мембранных материалов;
- использование наплавляемых рулонных материалов;
- монтаж наливной кровли;
- ремонт с применением полимерных мастик;
- установка локальных ремонтных элементов.

Каждая из этих технологий имеет свои преимущества и ограничения, которые необходимо учитывать при выборе оптимального решения для конкретных условий эксплуатации.

Наиболее эффективными являются комплексные подходы, включающие в себя несколько методов ремонта и защиты. Такой подход позволяет обеспечить долговечность и надежность кровельной системы, а также снизить риски возникновения новых повреждений.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что современные технологические решения позволяют значительно повысить эффективность ремонта и защиты многослойных кровель, обеспечивая их долговечность и надежность. Дальнейшие исследования в этой области могут способствовать разработке новых материалов и технологий, которые позволят еще больше улучшить качество и эффективность ремонтных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косухин, М.М. Потенциал энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве / М.М. Косухин, Д.А. Кузнецова, Е.Б. Петренко // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов. – Белгород, 2012. – С. 75-79. – EDN QYPBCL.
2. Косухин М.М. Сравнительная оценка современных кровельных материалов для гражданских зданий / М.М. Косухин, А.М. Косухин, В.М. Жихалкина // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. Междунар. научн. - практ. конф. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. С. 163-170.
3. Белов, Л.К. Современные решения в ремонте битумной рулонной кровли / Л.К. Белов, Ю.В. Кадушкин // Вестник Студенческого научного общества. – 2019. – Т. 10, № 2. – С. 52-53. – EDN RAVTLC.
4. Кожемяка, С.В. Определение области рационального ремонта рулонных и мастичных кровель / С.В. Кожемяка, В.А. Мазур, А.В. Куценко // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2011. – № 3(89). – С. 79-81. – EDN LEBLYF.
5. Косухин, М.М. Основные факторы, влияющие на надежность воспроизводства объектов недвижимости / М.М. Косухин, А.М. Косухин, К.А. Ковалева // IV Междунар. научн.-практ. конф. «Наука и инновации в строительстве»: сб. докл.: Белгород: изд-во БГТУ, 2020. С. 325-328.

Шенцев А.М., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Погорелова И.А.

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

РАЗРАБОТКА СОВРЕМЕННЫХ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫХ УСЛУГ

Жилищно-коммунальные услуги (ЖКУ) играют важную и неотъемлемую роль в повседневной жизни граждан, качественное предоставление которых напрямую влияет на уровень жизни, состояние здоровья населения и комплексное развитие городских территорий. Однако проблемы в этой сфере остаются актуальными и требуют разработку современных принципов управления и контроля качества [1-7].

Современные подходы к управлению ЖКУ нацелены на повышение качества обслуживания, прозрачность процессов и максимальную вовлеченность населения в мониторинг услуг.

Основа доверия населения к управлению коммунальными службами – важный современный принцип управления - принципы прозрачности и открытости. Для этого необходимо создать открытые каналы для коммуникации между органами местного самоуправления, управляющими компаниями и населением. Открытые данные о качестве услуг, их стоимости и уровне удовлетворенности пользователей позволяют гражданам принимать активное участие в оценке работы коммунальных служб. Создание онлайн-платформ с актуальной информацией о тарифах, планах на улучшение инфраструктуры и уставных документах управляющих компаний позволит улучшить качество предоставляемых услуг.

Вторым важным аспектом является вовлечение граждан в процессы принятия решений. Участие жителей в обсуждении тарифов, данных о качестве предоставляемых услуг, а также в мониторинге их исполнения дает возможность учитывать мнения и пожелания населения. Эффективным способом вовлечения граждан могли бы стать регулярные встречи, консультации и опросы, которые позволяют выявить мнения и предпочтения жителей. Это не только улучшает качество услуг, но и формирует культуру общественного контроля.

Эффективные методы контроля качества жилищно-коммунальных являются важным инструментом в управлении. Цель контроля качества заключается в обеспечении соответствия стандартам, удовлетворении потребностей граждан и постоянном улучшении предлагаемых услуг.

Для создания эффективной системы контроля качества необходимо разрабатывать четкие индикаторы и критерии оценки. Важнейшими элементами системы измерения качества услуг могут быть:

- регулярные опросы пользователей на предмет удовлетворенности услугами;
- анализ данных о количестве обращений и жалоб;
- оценка технического состояния инфраструктуры.

С помощью таких методов можно получить анализ состояния жилищной сферы и идентифицировать проблемные зоны, требующие незамедлительного решения. Важно также учитывать специфику каждого региона, поскольку потребности жителей могут различаться.

Современные технологии играют ключевую роль в контроле качества ЖКУ. Внедрение информационных систем, автоматизированных процессов и смарт-технологий позволяет повысить эффективность управления. Применение геоинформационных систем может значительно упростить мониторинг состояния инфраструктуры и выполнение работ, что дает возможность оперативно принимать решения на основе актуальной информации по каждому объекту.

Системы автоматизации помогут сократить временные затраты на обработку данных и улучшить взаимодействие между различными службами. Это, в свою очередь, повысит качество предоставляемых услуг.

Несмотря на существующие подходы и методы, существенные проблемы в сфере ЖКУ продолжают существовать. Это связано с несколькими факторами.

Отсутствие финансирования является одной из главных причин неэффективности системы ЖКУ. Многочисленные программные инициативы часто сталкиваются с нехваткой бюджета, что ограничивает внедрение новшеств и модернизацию инфраструктуры, ведет к плачевному состоянию объектов, что напрямую отражается на качестве услуг и удовлетворенности населения.

Квалификация работников в сфере ЖКУ часто остается на недостаточном уровне, что связано как с необходимым образованием, так и с устаревшими знаниями о современных методах управления и контроля.

Необходима постоянная переподготовка кадров и создание программ для повышения квалификации, что позволит адаптироваться к современным требованиям и эффективно работать в условиях постоянных изменений.

Современные технологии и изменения в отношениях между управлением и населением открывают новые горизонты для реформы системы ЖКУ. Важным направлением становится интеграция устойчивых решений в систему ЖКУ. Устойчивое развитие требует внимания к экологии, экономии ресурсов и социальным аспектам [8, 9].

Внедрение зеленых технологий, таких как использование солнечных панелей, эффективные системы отопления и стабилизация водоснабжения,

позволит уменьшить нагрузку на окружающую среду и повысить качество жизни населения.

Развитие новых форм взаимодействия между государством и частным сектором также станет ключевым элементом. Партнерство позволит привлекать дополнительные ресурсы, внедрять инновационные технологии и повышать уровень активного участия граждан. Частные компании могут предложить достойную конкуренцию, что послужит стимулом для повышения качества услуг и снижения цен.

Разработка современных принципов управления и эффективных методов контроля качества жилищно-коммунальных услуг является критически важной задачей, требующей комплексного подхода. Вовлечение граждан, применение современных технологий и устойчивых решений, а также общее улучшение компетенций в управлении помогут значительным образом улучшить качество предоставляемых услуг.

Необходимость постоянного анализа текущей ситуации и готовность к изменениям являются основными факторами успешной реформы в сфере ЖКУ. Без активного вовлечения всех заинтересованных сторон, эта сфера так и останется неподвижной, что негативно отразится на жизни миллионов граждан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1.[Электронный ресурс] – Режим доступа: <<https://www.elibrary.ru>>
- 2.[Электронный ресурс] – Режим доступа: <<https://cyberleninka.ru>>
- 3.[Электронный ресурс] – Режим доступа: <<https://spravochnick.ru>>
4. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В., Жилищное строительство в России // Строительство: новые технологии – новое оборудование. 2017 № 4. С. 61-67. EDN: YOOQHR
5. Эффективность экономики России: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/#
6. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Эффективное воспроизводство жилищного фонда России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017 № 10. С. 98-104. EDN: ZOWEZH
7. Сулейманова Л.А., Козлюк А.Г., Глаголев Е.С., Марушко М.В. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016 № 7. С. 32-36. EDN: WBVYSN
8. Чернов, Д.В. Совершенствование системы управления жилищно-коммунальным хозяйством в современных условиях / Д.В. Чернов // Синергия Наук. – 2021. № 63. – С.213-222. EDN: BQNNWHS
9. Румянцева Е.Е. Жилищно-коммунальный комплекс России: проблемы теории и практики управления: монография / Е.Е. Румянцева. – М.: РАГС, 2006. – 160 с. EDN: SJYKUN

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Булгаков И. А., студент

Научный руководитель: ассистент

Булгакова И. Н.

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

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

В последние десятилетия вопрос ресурсосбережения в строительстве стал одной из наиболее актуальных тем, обсуждаемых как в научных кругах, так и в практической деятельности. Строительная отрасль, являясь одним из ключевых секторов экономики, потребляет значительные объемы природных ресурсов и энергии. В условиях глобальных изменений климата, истощения природных ресурсов и растущих требований к устойчивому развитию, необходимость внедрения эффективных методов ресурсосбережения становится не просто желательной, а жизненно важной. В этом контексте, исследование современных подходов и технологий ресурсосбережения в строительстве зданий и сооружений приобретает особую значимость.

Актуальность данной работы обусловлена не только экономическими факторами, но и экологическими вызовами, с которыми сталкивается человечество. Строительство является одним из основных источников выбросов парниковых газов, а также значительным потребителем энергии и материалов. В связи с этим, внедрение ресурсосберегающих технологий и методов проектирования становится необходимым условием для достижения устойчивого развития. Важным аспектом является также соответствие современным нормативным и законодательным требованиям, которые регулируют проектирование и эксплуатацию энергоэффективных зданий. В России, как и в других странах, наблюдается тенденция к ужесточению норм и стандартов, направленных на снижение потребления ресурсов и повышение энергоэффективности [1].

В данной работе будут освещены несколько ключевых тем, касающихся ресурсосбережения в строительстве. В первую очередь, будет рассмотрена актуальность ресурсосбережения в строительной отрасли, включая анализ текущих тенденций и проблем, с которыми сталкиваются проектировщики и строители. Далее, внимание будет уделено современным технологиям ресурсосбережения, которые включают в себя

как инновационные строительные материалы, так и новые методы проектирования, позволяющие оптимизировать использование ресурсов.

Ресурсосбережение в строительстве становится все более актуальной темой в условиях возрастающего давления на экологические системы и ограниченные природные ресурсы. Устойчивое развитие рассматривается как важный аспект современного общества, и строительная отрасль не является исключением. Строительство и эксплуатация зданий оказывают значительное воздействие на окружающую среду, что требует пересмотра традиционных подходов и поиска новых решений в области обеспечения экономии ресурсов.

Существует множество факторов, способствующих необходимости ресурсосбережения в сфере строительства. Во-первых, растущее население планеты и динамичное развитие городов приводят к увеличению потребности в жилье и инфраструктуре. Этот процесс вызывает интенсивное использование природных ресурсов, таких как древесина, вода, минералы и энергоносители. Во-вторых, изменение климата и экологические проблемы требуют принятия мер по снижению углеродного следа, что не может быть достигнуто без оптимизации строительного процесса и выбора материалов.

Применение инновационных технологий становится предпосылкой для перехода на ресурсосберегающие методы. На современном этапе развития техники можно наблюдать активное использование переработанных и экологически чистых материалов, таких как вторичные композитные изделия, биобазированные полимеры и наноматериалы. Эти материалы обладают высокими эксплуатационными характеристиками и могут значительным образом уменьшить потребление природных ресурсов [2].

Не менее важным аспектом является необходимость внедрения эффективных строительных процессов, предотвращающих излишние затраты на материалы и энергоресурсы. Это достигается благодаря использованию Lean-методов, которые фокусируются на устранении потерь и оптимизации всех стадий строительного цикла. Применение методологии BIM (Building Information Modeling) также стало важным шагом в направлении повышения эффективности проектирования и строительства, позволяя более точно оценивать затраты, а также открывая возможности для оптимизации использования ресурсов.

Минимизация негативного воздействия на окружающую среду в процессе эксплуатации зданий потребует внедрения концепций энергосбережения и оптимизации систем жизнеобеспечения. Это включает в себя разработку эффективных систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, использование солнечных панелей и других источников возобновляемой энергии, а также внедрение смарт-технологий для мониторинга и управления энергопотреблением [3].

Развитие технологий ресурсосбережения в строительстве связано с стремлением повысить эффективность использования ресурсов, что снижает не только затраты на строительство и эксплуатацию объектов, но

и уменьшает негативное воздействие на окружающую среду. Современные подходы в этой области опираются на инновационные материалы, методы проектирования и роботизированные процессы, которые позволяют реализовать проекты с учетом минимизации потерь.

Одним из ключевых направлений является применение новых строительных материалов с улучшенными характеристиками. Например, нанотехнологии открывают новые горизонты для создания легких, прочных и теплоизоляционных материалов. Использование полимерных композитов и новых видов бетонов всегда является важным аспектом при проектировании. Эти материалы обеспечивают высокую степень прочности и позволяют значительно сократить затраты на последующие этапы строительства. Их применение снижает вес конструкций, а, следовательно, уменьшает потребность в основах и усиливающих элементах, что, в свою очередь, продолжает цикл ресурсосбережения [4].

Системы энергоменеджмента становятся важным инструментом для поддержки устойчивого уровня ресурсосбережения на всех этапах жизненного цикла здания. Внедрение автоматизированных систем управления энергопотреблением позволяет точно контролировать и оптимизировать расходы ресурсов. При этом учитываются конкретные условия эксплуатации, а также потребности пользователей. Оборудование, способное самостоятельно регулировать температуру, освещение и вентиляцию, приводит к значительному снижению потребления энергии и ресурсов, обеспечивая при этом комфорт и безопасность.

Инновации в проектировании, такие как методики BIM (Building Information Modeling), позволяют на этапе проектирования учитывать не только архитектурные аспекты, но и количество ресурсов, необходимых для возведения и эксплуатации здания. Эти технологии создают детализированную цифровую модель, где каждый элемент может быть просчитан по своим ресурсным затратам и дальнейшим эксплуатационным характеристикам. Улучшение качества данных на этапе проектирования помогает избежать лишних затрат и переработок в процессе строительства.

Важным аспектом является также использование вторичных и переработанных материалов в строительстве. В современных условиях важно не только минимизировать использование новых материальных ресурсов, но и активно привлекать материалы из существующих зданий и сооружений в повторном цикле. Это инициирует создание замкнутого цикла использования материалов в строительстве, что существенно снижает негативное воздействие на природные ресурсы.

Каркасные конструкции на основе гипсовых листовых материалов представляют собой эффективный пример интеграции инновационных технологий в процесс строительства. Эти конструкции постепенно завоевывают популярность благодаря своим высоким эксплуатационным характеристикам, легкости в монтаже и возможностям для создания энергоэффективных зданий.

При проектировании каркасных систем с использованием гипсовых листов важно учитывать физико-механические свойства самого материала. Гипс отличается хорошей прочностью на сжатие и высокой звукопроницаемостью, что делает его идеальным для создания перегородок в жилых и общественных зданиях. Эти свойства помогают значительно снизить уровень шума, обеспечивая комфортные условия для проживания и работы. Повышенная огнестойкость гипса также немаловажна, поскольку в современных требованиях к безопасности зданий она играет ключевую роль. Гипсовые конструкции могут замедлить распространение огня, что критически важно для многоквартирных зданий и социальных объектов [5].

Процесс монтажа каркасных конструкций приближен к более простым и быстрым методам строительства. Он включает в себя использование легких металлических или деревянных каркасов, на которые крепятся гипсовые листы. Это существенно сокращает время на возведение зданий, что также влияет на экономическую составляющую. За счет малой массы гипсовых панелей можно сократить затраты на транспортировку и экономить ресурсы при монтаже.

В заключение данной работы следует подчеркнуть, что ресурсосбережение в строительстве является не только актуальной, но и необходимой задачей, которая требует комплексного подхода и внедрения современных технологий. В условиях глобальных изменений климата, истощения природных ресурсов и растущих требований к энергоэффективности зданий, необходимость в рациональном использовании ресурсов становится все более очевидной. Актуальность данной темы подтверждается не только научными исследованиями, но и практическими примерами успешного применения ресурсосберегающих технологий в строительстве.

Современные технологии ресурсосбережения, такие как использование каркасных конструкций на основе гипсовых листовых материалов, демонстрируют высокую эффективность и позволяют значительно сократить потребление ресурсов. Эти конструкции не только легки и удобны в монтаже, но и обладают отличными теплоизоляционными свойствами, что способствует снижению затрат на отопление и кондиционирование.

Таким образом, ресурсосбережение в строительстве является многогранной и актуальной темой, требующей комплексного подхода и активного участия всех заинтересованных сторон. Только совместными усилиями можно достичь значительных результатов в этой области, что, в свою очередь, будет способствовать устойчивому развитию строительной отрасли и улучшению качества жизни людей [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов П.С. Ресурсосбережение в строительстве: современные подходы и технологии // Строительная наука и практика, 2021. № 3 С. 15-22.

2. Петренко В.Е. Устойчивое строительство и ресурсосбережение: мировые тенденции и опыт // Строительство XXI века, 2019. № 2. С. 45–58.
3. Ларин В.А. Ресурсосбережение в проектировании и строительстве: современные технологии // Проектирование и научные исследования, 2021. № 1 – с. 50–57.
4. Новиков А.А. Инновационные методы ресурсосбережения в строительных проектах // Технические науки, 2020. № 5 с. 12–20.
5. Федорова Т.П. Управление ресурсами в строительстве: эффективность и экономия // Строительная экономика, 2021. № 3 С. 38–45.
6. Наумов А.Е., Полетова Е.В., Абакумов Р. Экономические проблемы ресурсосбережения при реконструкции промышленных зданий, Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2016.с.201-205

Горягин П.Ю., м.н.с.

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Севостьянов В.С.**

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

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время актуальной экологической и экономической проблемой является увеличение объемов образования техногенных полимерных материалов (ТПМ). По данным аналитических ведомств прогнозируемый объем генерации отходов к 2050 году составит более 32 млн тонн в год, а вторичной переработки – 9 млн тонн в год (рис. 1) [1-2].

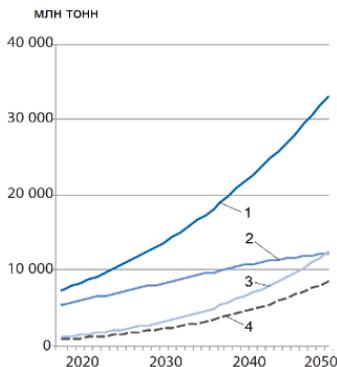


Рис. 1. Прогнозируемый рост количества полимерных отходов и их утилизации до 2050 г.: 1 – генерирование; 2 – захоронение на полигонах; 3 – сжигание; 4 – вторичная переработка

В связи с вышеуказанными актуальными задачами являются:

- увеличение объемов отдельного сбора полимерсодержащих твердых коммунальных отходов, их предварительная сортировка;
- разработка ресурсосберегающих технологий, расширяющих области использования вторичного сырья;
- конструктивно-технологическое совершенствование оборудования для переработки ТПМ с различными физико-механическими характеристиками и физико-химическими свойствами.

Для постадийной переработки ТПМ и других материалов с изотропной и анизотропной структурой разработан и запатентован роторно-центробежный агрегат комбинированного действия (рис. 2) [3].

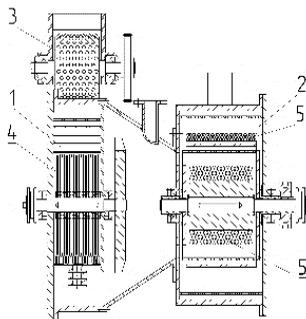


Рис. 2. Роторно-центробежный агрегат комбинированного действия: 1, 2 – камеры измельчения; 3 – пресс-валковый уплотнитель; 4 – дисковые фрезы; 5 – иглофрезы

В агрегате реализован принцип постадийного измельчения с реализацией комбинированного воздействия на перерабатываемый материал. Агрегат состоит из двух последовательно сопряженных камер измельчения 1 и 2 и пресс-валкового уплотнителя 3, установленного в верхней части камеры 1. На первой стадии сырье деформируется шипованными валками пресс-валкового уплотнителя 3. Далее в камере 1 материал измельчается дисковыми фрезами 4, а в камере 2 – иглофрезами 5. При этом, измельчение материала стержневыми элементами цилиндрической иглофрезы реализуется за счет высокоскоростного удара с истиранием [4, 5].

При переработке ТПМ в роторно-центробежном агрегате наиболее энергонапряженной стадией является их измельчение до порошкообразного состояния ($d_{cp} \geq 3$ мм) иглофрезерными рабочими органами. При расчете силового воздействия иглофрез на измельчаемый материал следует учитывать, что упруго изогнутые проволочные элементы имеют разные радиусы кривизны [6]. Соответственно, воспринимаемые ими силы от первого (рабочего) элемента имеют разную величину. Величины этих сил в одном ряду числа n стержней располагаются в порядке убывающей арифметической прогрессии, начиная от наибольшей

по величине силы P_{z_i} , действующей на первый элемент, до наименьшей силы P_{z_n} , действующей на последний элемент n . Тогда получим:

$$\sum P_z = \sum_{i=1}^n P_{z_i} = \frac{n(P_{z_i} + P_{z_n})}{2} \approx \frac{P_{z_i} \cdot n}{2} \quad (1)$$

$$P_{z_i} = 2 \sum \frac{P_z}{n} = 2 \sum P_z / (\sqrt{D_n \cdot \frac{i}{2}} / d) = 2 \sum P_z d / \sqrt{D_n \cdot \frac{i}{2}}, \quad (2)$$

где D_n – диаметр иглофрезерного рабочего органа, мм; d – диаметр сечения проволочного элемента иглофрезерного рабочего органа, мм; i – степень натяжения проволочного элемента иглофрезерного рабочего органа.

Общую силу воздействия иглофрезы на измельчаемый материал можно определить из выражения:

$$P_{и.ф.} = \sum P_z \cdot z = \sum P_z \cdot B / d, \quad (3)$$

где z – число рядов проволочных элементов на одной линии по ширине рабочей поверхности иглофрезы; B – ширина рабочей поверхности, мм.

Полученное выражение совокупного силового воздействия иглофрез используется для определения потребляемой мощности привода РЦА КД с иглофрезерными рабочими органами.

Потребляемая мощность привода иглофрезерных рабочих органов:

$$N = \frac{N_{и.ф.} + N_{тр}}{\eta} = \frac{[M_{и.ф.} + M_{тр}] \cdot \omega_{и.ф.}}{\eta} = \frac{[P_{и.ф.} \cdot \cos \gamma \cdot R_{и.ф.} + 0.5 \sqrt{(P_{и.ф.} \cdot \cos \alpha)^2 + (G_{и.ф.} + P_{\sigma\tau} \cdot \sin \alpha)^2} \cdot f_{тр.п.} \cdot d_{ц}] \cdot \omega_{и.ф.}}{\eta}, \quad (4)$$

где $N_{и.ф.}$ – мощность, затрачиваемая на измельчения материала иглофрезой, Вт; $M_{и.ф.}$ – момент сопротивления силовому воздействию иглофрезы, Н·м; $N_{тр}$ – мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения в подшипниках рабочего органа, Вт; $M_{тр}$ – момент сопротивления трению, Н·м; η – КПД трансмиссии привода; $P_{и.ф.}$ – радиус иглофрезы, м; $\omega_{и.ф.}$ – угловая скорость вращения иглофрезы, рад/с; $f_{тр.п.}$ – коэффициент трения в подшипниках, $f_{тр.п.} = 0,001$; $G_{и.ф.}$ – сила тяжести иглофрезы, Н; $d_{ц}$ – диаметр цапфы, м.

Измельченные до порошкообразного и высокодисперсного состояния ТПМ являются наполнителями композиционных смесей различного технологического назначения: теплоизоляционных, архитектурно-строительных, для производства высокопрочных покрытий с фибронаполнителями, а также различных строительных изделий (рис. 3).

Использование разработанных и патентозащищенных нами технических средств при реализации ресурсосберегающих технологий позволяет существенно расширить области использования полимерсодержащего вторичного сырья, производить инновационные композиционные материалы с заданными физико-механическими характеристиками и физико-химическими свойствами.



Рис. 3. Изделия, производимые из полимерных отходов

**Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках национального проекта «Наука и университет» по созданию новой лаборатории «Разработка, исследования и опытно-промышленная апробация наукоемких технологий и технических средств для производства полимерсодержащих композиционных смесей и изделий из техногенных органоминеральных компонентов» (проект FZWN 2024-0002).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пипия Л.К., Елкин А.Г. Переработка пластмасс: оценка рынка и перспективы // Наука за рубежом: ИПРАН РАН, №75, 2018. – 33 с.
2. Сперанская, О., Познизова, О., Цитцер, О., Гурский, Я. Пластик и пластиковые отходы в России: ситуация, проблемы и рекомендации // Международная сеть по ликвидации загрязнителей (International Pollutants Elimination Network), 2021. – 92 с
3. Пат. на полез. модель 213199, Российская Федерация, В02С 18/00. Роторно-центробежный агрегат комбинированного действия / В.С. Севостьянов, П.Ю. Горягин // заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова, заявл. 09.06.2022, опубл. 30.08.2022, Бюл. № 25. – 9 с.
4. Научно-практические основы создания иглофрезерных измельчителей многоцелевого назначения / В.С. Севостьянов, Т.Л. Сиваченко, М.В. Севостьянов, П.Ю. Горягин, В.А. Бабуков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 3. – С. 107-116.
5. Севостьянов В.С., Горягин П.Ю., Бабуков В.А. Исследование процесса измельчения техногенных полимерных материалов иглофрезерными рабочими органами // Энергетические системы: материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. – Белгород, 2019. С. 313-318.
6. Гавриленко И.Г. Технологические основы и пути повышения эффективности иглофрезной обработки металлов // Диссертация ... доктора технических наук: 05.02.08. – Белгород, 1996. – 235 с

Иванова А.И., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Косухин М.М.

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

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СОЗДАНИИ МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЙ

В современном мире, где строительная индустрия стремительно развивается, а требования к комфорту и экологической безопасности жилых и промышленных зданий становятся все выше, вопрос энергоэффективности строительных материалов приобретает особую актуальность. Энергоэффективность строительных материалов напрямую влияет на внутренний микроклимат зданий, который, в свою очередь, существенно сказывается на здоровье и благополучии людей, а также на затратах, связанных с отоплением и охлаждением помещений. Основная цель нашего исследования заключается в изучении различных строительных материалов с акцентом на их энергоэффективность и оценку воздействия на микроклимат в зданиях [1, 2].

Методика исследования включает следующие этапы:

Изучение теплофизических свойств материалов, которое включает в себя, прежде всего, определение теплопроводности, теплоемкости и плотности различных строительных материалов с применением современных лабораторных методов, что позволяет получить точные и надежные данные.

Экспериментальные исследования микроклимата: проведение экспериментов по моделированию микроклимата в помещении с использованием разных строительных материалов. В этом процессе важным аспектом является измерение температуры, влажности и скорости воздуха в разных точках помещения, что даст возможность более детально понять влияние материалов на комфортные условия проживания.

Моделирование теплопередачи: использование современного программного обеспечения для моделирования теплопередачи в зданиях с учетом различных материалов, что позволяет провести глубокий анализ полученных данных и сравнить их с экспериментальными результатами, тем самым повысив точность исследования.

Экономическая оценка: в этом этапе производится всесторонняя оценка экономической эффективности использования разных материалов с учетом их стоимости, срока службы и затрат на эксплуатацию здания, что поможет разработать выгодные и целесообразные рекомендации для практического применения в строительстве [3,5].

Анализ теплофизических свойств материалов: наиболее эффективными оказались вакуумные изоляционные панели (теплопроводность 0,004 Вт/(м·К)), аэрогели (теплопроводность 0,013 Вт/(м·К)) и РСМ (теплопроводность 0,018 Вт/(м·К)). Традиционные материалы, такие как

кирпич и бетон, имеют более высокую теплопроводность (0,6 Вт/(м·К) и 1,4 Вт/(м·К) соответственно).

Экспериментальные исследования микроклимата: в помещениях с вакуумными изоляционными панелями температура воздуха была стабильной в пределах 20-22 °С при внешней температуре от -10°С до 30°С. Влажность находилась в диапазоне 40-50%, что оптимально для комфорта и здоровья людей. В помещениях с традиционными материалами наблюдались значительные колебания температуры (от 15°С до 28°С) и повышенная влажность (до 60-70% в летний период), что ухудшало микроклимат.

Моделирование теплопередачи: компьютерное моделирование подтвердило результаты экспериментов. Здания с использованием инновационных материалов показали снижение теплотерь на 40-50 % по сравнению с традиционными материалами. Это было достигнуто благодаря низкой теплопроводности и высокой теплоемкости новых материалов.

Экономическая оценка: первоначальные затраты на строительство зданий с использованием вакуумных изоляционных панелей и аэрогелей были выше на 20-30% по сравнению с традиционными материалами. Однако за счет значительного снижения эксплуатационных расходов (до 35%) срок окупаемости таких инвестиций составил около 5-7 лет. За 20-летний период эксплуатации здания с энергоэффективными материалами позволили сэкономить до 25% от общих затрат на энергопотребление по сравнению с традиционными зданиями. [6]

Все проведенные моделирование были проведены в программе VALTEC.PRG.3.1.3. которая предназначена для тепломеханических расчетов.

Сравнительные характеристики используемых материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительные характеристики используемых материалов

Материал	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Температура внутри, °С	Снижение теплотерь, %	Снижение затрат на отопление и охлаждение, %	Первоначальные затраты	Преимущества	Недостатки
1	2	3	4	5	6	7	8
Вакуумные Изоляционные панели	0,004	20-22	50	35	+30%	Низкая теплопроводность, стабильный микроклимат	Высокая первоначальная стоимость
Аэрогели	0,013	20-22	45	30	+25%	хорошая теплоизоляция, устойчивы к влажности	дороже традиционных материалов

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
PCM	0,018	20-22	40	25	+20%	регулирование температуры, экологическая безопасность	менее исследованы, высокая стоимость
Кирпич	0,6	15-28	0	0	0	низкая стоимость, доступность	высокая теплопроводность, нестабильный микроклимат
Бетон	1,4	15-28	0	00	0	прочность, долговечность	высокая теплопроводность

Стоит обратить особое внимание на тот факт, что недостатки экспериментальных материалов, безусловно, связаны с тем, что на данный момент данные инновационные материалы только недавно появились на «рынке» строительства. Эти материалы являются не до конца изученными и дороги в своем производстве, что, конечно же, сказывается на их доступности. Однако, как мы можем с уверенностью заметить, они в разы эффективнее своих более привычных и традиционных собратьев, которые уже долгие годы применяются в строительстве и хорошо известны специалистам в данной области. Мы можем сделать обоснованное предположение о том, что уже через несколько лет, благодаря постоянному улучшению технологий и научным достижениям, производство данных материалов станет значительно менее затратным, что в свою очередь позволит избавить нас от основных минусов, которые сейчас характеризуют эти инновационные решения. [4]

Подводя итог, можно сказать, что применение инновационных и современных энергосберегающих строительных материалов, таких как вакуумные изоляционные панели, аэрогели и специализированные PCM, существенно и заметно улучшает микроклимат в зданиях и снижает эксплуатационные расходы, что, несомненно, является важным аспектом в сфере строительства. Несмотря на то, что начальные затраты на строительство с использованием этих высокоэффективных материалов существенно выше, их использование в долгосрочной перспективе экономически оправдано благодаря значительному сокращению затрат на отопление и охлаждение. Эти многопрофильные и высокотехнологичные материалы могут стать основой для устойчивого, эффективного и комфортного жилищного и промышленного строительства в будущем, что, безусловно, позитивно скажется на всем строительном секторе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горшков А.С. Энергоэффективные строительные материалы и технологии / А.С. Горшков // Изд-во Мир строительства, 2013. 144-154 с.
2. Богословский В.Н. Энергосбережение в зданиях / Издательство Техносфера, 2006. 288 с.
3. Косухин М.М. К вопросу о роли процессов теплопередачи в повышении эффективности тепловой защиты фасадной изоляции гражданских зданий / М.М. Косухин, А.М. Косухин // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2018. № 10. С. 14-19.

4. Косухин М.М. К вопросу о роли процессов теплопередачи в повышении эффективности тепловой защиты фасадной изоляции гражданских зданий / М.М. Косухин, А.М. Косухин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 12. С. 21-26.

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, 12 апреля 2023 г. Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. Т. 2. С. 54-60.

6. Kosukhin, M.M. Increasing of the energy efficiency in civilian buildings applying fixed type of facade systems / M.M. Kosukhin, A.M. Kosukhin, K.S. Komarova // IOP Conference Series: J. of Physics. Vol. 1066. 2018. С. 49-54.

Крышка Д.В., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Фролов Н.В.**

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

ВЛИЯНИЕ ПОНИЖЕННЫХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА БЕТОН И БЕТОННЫЕ СМЕСИ

Влияние пониженных отрицательных температур на бетон и бетонной смеси является актуальной проблемой в современном строительстве. Бетон является материалом, который обладает высокой прочностью и долговечностью, но при этом он чувствителен к воздействию низких температур (ниже 10 °С), которые могут привести к разрушению бетона, потере его прочности, а процесс набора прочности может замедлиться или вообще прекратиться. В данной статье мы рассмотрим основные аспекты влияния пониженных отрицательных температур на бетон, а также методы защиты от их воздействия [1].

При замерзании воды в порах бетона происходит ее расширение, что вызывает образование трещин и снижение пластичности. Кроме того, ледяные включения могут вызвать дополнительные напряжения, что также приводит к разрушению.

Одним из способов защиты бетона от пониженных отрицательных температур является использование морозостойких цементов и противоморозных добавок, на пример как [2]:

- «добавка для зимнего бетонирования техниконколь Master»,
- «противоморозная добавка для бетона Cemmix HotIce»,
- противоморозная добавка Cemmix CemFrio») и т.д.

Морозостойкие цементы имеют низкое водоцементное отношение, что снижает риск образования трещин при замерзании. Противоморозные

добавки, такие как нитрит натрия и поташ, снижают температуру замерзания воды, замедляя процесс разрушения бетона [3].

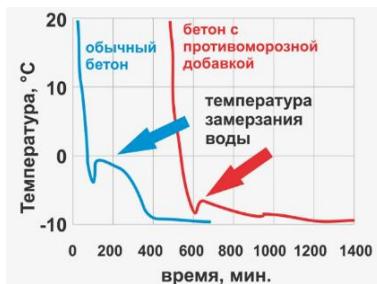


Рис. 1. Диаграмма разрушения бетона с морозостойкими добавками

Можно рассмотреть конкретный пример влияния пониженных температур на бетон класса прочности В35 при водоцементном соотношении бетон 0,5 и исходной влажностью $W_6 = 5,06\%$. Диаграмму деформирования при осевом сжатии можно наблюдать на графике, представленном ниже:

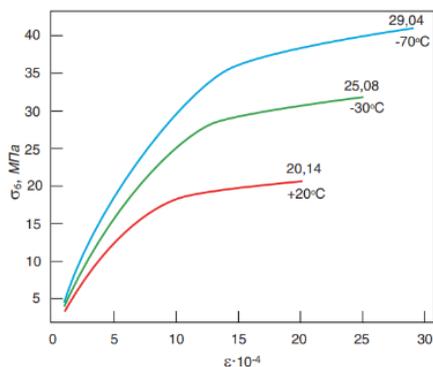


Рис. 2. Диаграмма деформирования при осевом сжатии: ϵ – линейные деформации; σ_6 – напряжения при осевом сжатии

Также важно обеспечить правильную укладку и уплотнение бетона, чтобы не допустить образования воздушных пор, которые могут привести к замерзанию воды. Для минимизации повреждений при укладке бетона в пониженную отрицательную температуру можно использовать термоизоляцию, специальные нагреватели, вмонтированные в опалубку или специальные укрытия. Еще один важный аспект – это правильный уход за бетоном после его укладки. Бетон нуждается в согревании при отрицательных температурах для предотвращения попадания влаги внутрь. [7].

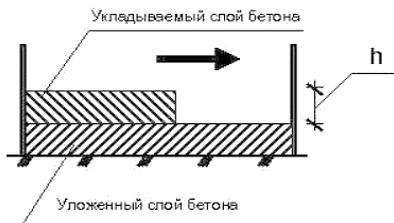


Рис. 3. Схема укладки бетона

Для определения подходящей даты начала строительных работ, следует обратиться к графику, где видна прочность бетона при холоде [4].

При покупке бетона можно заметить, что производители своей продукции размещают этот график на самом упаковочном материале. Наиболее подходящим временем считается дата, на которую прочность бетона достигает 72% или более [6]. Для более глубокого понимания процесса расчета даты начала работ можно изучить пример графика набора прочности бетоном в течение определенного периода времени при пониженных температурах.

Таблица 1

Набор прочности бетоном в течение определенного периода времени при пониженных температурах

Марка бетона	Срок твердения, сут	Среднесуточная температура бетона, °С					
		-3	0	+5	+10	+20	+30
		Прочность бетона на сжатие, % от 28-суточной					
М200-М300 на портландцементе М-400, М-500	1	3	5	9	12	23	35
	2	6	12	19	25	40	55
	3	8	18	27	37	50	65
	5	12	28	38	50	65	80
	7	15	35	48	58	75	90
	14	20	50	62	72	90	100
	28	25	65	77	85	100	-

В заключении, можно сказать, что отрицательное влияние пониженных температур на бетон может привести к значительным повреждениям и снижению прочности конструкции. Для предотвращения этих проблем необходимо использовать морозостойкие материалы, противоморозные добавки и обеспечивать правильную укладку и уплотнение бетона. Также важно учитывать климатические условия и использовать термоизоляцию для защиты бетонных конструкций от низких температур [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сидорова Е.А. Исследование процессов твердения бетона при отрицательных температурах. // Вестник МГСУ. 2019. №2. С. 112-118.

2. Петров А.Н., Кузнецова, М.В. Моделирование теплофизических процессов в бетоне при низких температурах. // Известия вузов. Строительство. 2021. №1. С. 34-40.

3. Смирнов В.И. Влияние низких температур на долговечность бетонных конструкций. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. - Санкт-Петербург, 2015.

4. Козлов А.В. Влияние отрицательных температур на структуру бетона. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Новосибирск, 2017.

5. Гладков Д.И. Физико-химические основы прочности бетона и роль технологии в ее обеспечении. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004, 293 с.

6. Коновалов С.П., Новиков А.В. Влияние низких температур на долговечность бетонных конструкций // Строительство. 2012. №4. С. 42-46.

7. Александров С.Г., Леонтьев, В.А. Современные методы повышения морозостойкости бетона. - СПб.: Политехника, 2010. – 192 с.

**Сидоренко А.Н., студент,
Лопарев А.С., студент**

**Научный руководитель: ст. преп.
Горягин П.Ю.**

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

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время пластик по праву считается одним из гениальнейших и величайших изобретений человечества, но в то же время – это настоящая экологическая угроза современности. Ученые, исследователи и инженеры разрабатывают ресурсосберегающие технологии и технические средства для комплексной переработки и утилизации техногенных полимерных материалов (ТПМ) [1]. Необходимость развития ресурсосберегающих технологий и использования вторичного сырья в России определена стратегией экологической безопасности РФ на период до 2025 г. [2].

Одним из перспективных направлений утилизации ТПМ является производство полимерсодержащих дорожных покрытий [3]. Создание полимерсодержащих дорожных покрытий – это новейшая и перспективная технология в области дорожного строительства, которая предполагает использование ТПМ для улучшения прочности, коэффициента сцепления поверхности с колесом автомобиля, водостойкости и износостойкости дорожного полотна (рис. 1).



Рис. 1. Пример полимерного дорожного покрытия

По сравнению с традиционными, полимерсодержащие дорожные покрытия обладают рядом преимуществ: увеличенный срок службы, стойкость к воздействию окружающей среды, снижение износа автомобильных шин на 13-18% и уровня шума, надежное сцепление колес с дорогой.

Технология производства полимерсодержащих дорожных покрытий заключается в модификации битума с помощью добавок на основе термопластов, бутадиен-стирольных термоэластопластов и др. Модифицированный полимерсодержащий битум имеет большую восстановительную способность к нагрузкам и высокую стойкость к деформации.

За прошедшие 20 лет реализации данной ресурсосберегающей технологии расходы на ремонт дорог в США снизились на 10-20 % благодаря введению ТПМ в дорожные покрытия [4]. В Китае применение полимерно-битумно вяжущих материалов сделали обязательным при строительстве автомобильных трасс [5].

В зависимости от глубины расположения путевого слоя, применяют композиционные материалы из различных ТПМ [6]. В верхнем слое используют полимер-модифицированный битум; на нижних слоях расположены геосинтетические материалы, которые применяются для армирования, разделения и дренирования. Геосинтетические композиционные материалы могут состоять из полиэфира, полиамида, полипропилена и других полимеров, в зависимости от их функционального назначения и требуемых физико-механических характеристик. Например, пенополистирол за счет своего малого веса и прочности используется в районах с грунтом, который отличается низкой прочностью и малой плотностью. В дорожном строительстве при устройстве земляного полотна, асфальтобетонных покрытий автомобильной проезжей части, на откосах насыпей и других случаях применяют стеклопластиковую арматуру. Разграничивающая разметка на дороге наносится с помощью термопластов (холодный пластик). Она обладает термостойкостью,

устойчива к «старению» от воздействия окружающей среды, износостойкая и др.

Применение полимерных дорог возможно на городских улицах, автомагистралях, дорожках для пешеходов, спортивных площадках, аэропортах.

По технологическим требованиям полимерные дороги должны выдерживать интенсивные нагрузки от транспорта, быть устойчивыми к механическому износу и перепадам температур (от -40 до $+50$ °С). Также, включение полимеров в состав дорожного полотна увеличивает его водонепроницаемость.

Технология комплексной переработки ТПМ для использования их в дорожном строительстве представлена на рис. 2.



Рис. 2. Технология производства полимерного флекса для дорожного строительства

Для реализации технологии использования вторичного полимерного сырья в дорожном строительстве научным коллективом БГТУ им. В. Г. Шухова разработаны и запатентованы многофункциональные агрегаты для постадийного измельчения ТПМ [7].

Представленные технологии и технические средства позволят реализовать принцип ресурсоэнергосбережения в различных отраслях промышленности, в том числе при создании полимерсодержащих дорожных покрытий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеин Н.Т., Севостьянов В.С., Оболонский В.В., Севостьянов М.В., Горягин П.Ю., Бабуков В.А. Практические основы комплексной переработки и утилизации техногенных материалов / Энергетические системы: сб. докладов III Междунар. науч.-техн. конф. // Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. С. 268-275. ISBN 978-5-361-00663-2.

2. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: указ Президента РФ от 2 июля 2021 г. № 400 // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2021. – № 27, ч. 2.

3. Асфальт из пластиковых бутылок: дороги будущего [Электронный ресурс] / Лабораторное оборудование для дорожного строительства InfraTest. – Режим доступа: <https://www.infratest.ru/stati/411-asfalt-iz-plastikovyx-butyllok-dorogi-budushchego>.

4. Негматов С.С., Собиров Б.Б., Рахмонов Б.Ш., Салимсаков Ю.А. Основаны создания герметизирующих композиционных материалов для дорог, мостов и аэродромов // Ташкент: ГУП «Фан ва таракьет», 2012.

5. Исследование технологии строительства автомобильной дороги с использованием местных материалов и отходов промышленности в Республике Казахстан [Электронный ресурс] / Ppt-online – Режим доступа: <https://ppt-online.org/486408> – Дата доступа: 14.04.2022.

6. Медведев, В. С. Дорожное покрытие из пластика / В.С. Медведев [и др.] // Проблемы науки. – 2019. – №4(42) – С. 6-8.

7. Пат. 2755436, Российская Федерация, В02С 18/00. Роторно-центробежный агрегат с иглофрезерными рабочими органами / В.С. Севостьянов, Н.Т. Шеин, М.В. Севостьянов, П.Ю. Горягин, В.В. Оболонский, Д.Н. Перелыгин, Р.Ю. Шамгулов; заяв. БГТУ им. В.Г. Шухова, заявл. 26.01.2021, опубл. 16.09.2021, Бюл. №26. – 13 с.

Пахомов И. С., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Дрокин С. В.**

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

ИЗМЕНЕНИЕ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК В НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТАХ

В подавляющем количестве случаев, основной нагрузкой для конструкций покрытий зданий и сооружений является снеговая нагрузка. Первые наблюдения за снежным покровом в России начались в 1722 г. в Санкт-Петербурге. За огромное время наблюдений изменились способы оценки и технологии наблюдения снеговой нагрузки. Соответственно с каждым годом наблюдения данные уточнялись.

Систематические наблюдения за снежным покровом на территории России ведутся с 1892 г. На первых порах фиксировались степень покрытости опытного участка снегом и высота снежного покрова с помощью стационарно установленной рейки. Несколько позже начали проводиться измерения плотности снега.

Первые доступные данные для инженеров появлялись в различных пособиях, к примеру «Железные конструкции» Грегора А. 1930 г. Систематизация началась в 1954 г. в СНиП II-Б.1. Государственные нормы изначально ориентировались на экономию ресурсов. Количество зданий, подлежащих замене или восстановлению, было огромным. В таких условиях требовалось действовать быстро. К тому же ситуацию усугубляло и небольшое количество данных [1]. В масштабах страны точно оценить снеговую нагрузку было практически невозможно.

СНиП II-Б.1 дал основу для расчета зданий и сооружений. Снеговая нагрузка давалась по 5 снеговым районам [2]. Однако разделение было очень примерным, а величины нагрузок – небольшие. Так для третьего снегового района нормативная снеговая нагрузка у поверхности земли

составляла 100 кг/м^2 . Южный район современного третьего снегового района был помечен как второй. К примеру Белгород, для которого сейчас нормативная нагрузка составляет $1,55 \text{ кПа}$, а в 1954 г. составляла 70 кг/м^2 ($0,69 \text{ кПа}$). Среди прочего давались коэффициенты снеговой нагрузки для покрытий сложной формы. Деление снеговых районов было настолько грубым, что фактически не было снегового района для Дальневосточного региона и Камчатки. Для них снеговая нагрузка определялась, как две высоты снегового покрова, без учета фактического запаса воды в снеге. Снеговые нагрузки для горных районов давались как от 60 кг/м^2 .

Грубое разделение снеговых районов с большим различием в снеговой нагрузке было необходимо для быстрого восстановления страны. Однако развитие климатологии и строительного производства требовало более точных данных о снеговых нагрузках.

СНиП II-A.11-62 уже более подробно описывал снеговые районы. Появился новый снеговой район для Камчатки [3]. Также определили новые снеговые районы для Дальнего Востока. Вместо коэффициента перегрузки ввели коэффициент запаса, приводящий нормативную снеговую нагрузку к расчетной. Изменились схемы для коэффициента перехода от веса снегового покрова на горизонтальной поверхности земли к нормативной нагрузке на покрытие. Появились дополнительные правила для расчета, как, к примеру, снижение коэффициента «с» на 20% для покрытий отапливаемых цехов.

Несмотря на большее количество снеговых районов, в целом их разграничение все еще грубое, а величины снеговых нагрузок не изменились и остались малы.

Важным отметить, что согласно нормам, снеговая нагрузка могла превышать раз в 10 лет. То есть нормативная обеспеченность равнялась 0,9. Это могло привести к авариям покрытий зданий, так как срок службы большинства зданий составляет 50 и более лет. Т.е. за срок эксплуатации здания фактическая снеговая нагрузка превысит нормативное значение как минимум несколько раз.

Результатом длительных исследований стали изменения в СНиП 2.01.07-85* [4]. Первым важным изменением стало повышение снеговых нагрузок. К примеру, для третьего снегового района расчетная нагрузка стала 180 кг/м^2 вместо 140 кг/м^2 . Количество снеговых районов было увеличено до восьми. Для Камчатки разбивка по снеговым районам стала более детальной. Максимальная снеговая нагрузка, данная в СНиПе, выросла с 350 до 560 кг/м^2 . Важно, что увеличилась не только снеговая нагрузка, но и сместились снеговые районы. В результате этих действий снеговая нагрузка местами существенно выросла. Так, с новыми изменениями г. Белгород стал относиться к третьему снеговому району, расчетная снеговая нагрузка выросла с $0,96 \text{ кПа}$ (98 кг/м^2) до $1,80 \text{ кПа}$.

Среди прочего увеличили и обеспеченность снеговой нагрузки до 0,95. Теперь снеговая нагрузка может быть превышена раз в 25 лет, вместо 1 раза в 10 лет, как было ранее.

В действующем в настоящий момент СП20.13330.2016 [5] снеговая нагрузка снова была повышена и для, к примеру, третьего снегового района нормативное значение снеговой нагрузки у поверхности земли стало 1,5 кПа. Впервые в отечественных нормах учитывалась горизонтальная нагрузка от сползания снега в зависимости от коэффициента трения снега по разным материалам. Также дополнены варианты снеговой нагрузки для сложных форм покрытия. Для населенных пунктов, в которых ведутся систематические наблюдения снеговой нагрузки, появилась отдельная таблица нормативного значения снеговой нагрузки у поверхности земли.

В новом своде правил так же увеличили обеспеченность снеговой нагрузки до 0,98, что означает возможное превышение раз в 50 лет, что уже сопоставимо со сроком эксплуатации большинства зданий.

Новые правила позволяют очень детально рассчитать снеговую нагрузку, с учетом сопутствующих факторов и влияния прочих климатических факторов.

В настоящее время также действуют территориальные нормы, в которых приведено нормативное значение снеговой нагрузки у поверхности земли для горных районов и районов со значительной изменчивостью снеговой нагрузки [6].

Таким образом, накопление данных метеостанций о снеговом покрове, распределении снега на покрытиях зданий, авариях покрытий зданий приводит к совершенствованию нормативных документов. В ходе развития нормативных документов уточнялись и дополнялись данные, касающиеся величины снеговой нагрузки у поверхности земли и ее распределении на покрытиях зданий, обеспеченности снеговой нагрузки и иных сопутствующих факторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Донченко, О. М. Актуальные проблемы конструктивно-технологических решений и эффективных материалов в капитальном строительстве / О. М. Донченко, И. А. Дегтев, Н. В. Солодов // Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения) : Материалы Международной научно-практической конференции. Том 1. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. – С. 148-157.
2. СНиП II-Б.1 Нормы строительного проектирования. / Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре. – Москва, 1954. – 22 с.
3. СНиП II-А.11-62 Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования / Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам. – Москва, 1962. – 27 с.
4. СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия. Строительные нормы и правила / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации – Москва, 2003. – 58 с.

5. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва, 2018. – 73 с.

6. Назаров Ю.П. Региональное нормирование снеговых нагрузок в России / Ю.П. Назаров, И.В. Лебедева, Н.А. Попов // Строительная механика и расчет сооружений. №3. 2006. - С. 71-77.

Пахомов И. С., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.,
Дрокин С. В.**

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

ОБ ОЦЕНКЕ ДОПУСТИМОГО РИСКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В действующих нормативных документах [1] здания и сооружения классифицируются по степени ответственности [2], при этом не понятно, почему граница между классами проходит по такому или иному параметру. При этом одной степени ответственности соответствуют здания, возможные аварии которых приведут к несопоставимым экономическому ущербу и человеческим жертвам.

Если речь идет только об экономических потерях, то все может быть решено путем сопоставления затрат на обеспечение необходимого уровня надежности и вероятного ущерба от возможной ненадежности объекта.

Когда речь идет об экономических потерях, которые могут быть следствием отказа, то все, в конце концов, может быть решено путем сопоставления затрат на обеспечение необходимого уровня надежности и вероятного ущерба от возможной ненадежности объекта. Естественно, что при оценке ущерба должны учитываться все компоненты:

- затраты на демонтаж поврежденных конструкций и их замену;
- затраты на восстановление или ремонт;
- потери, связанные с падением деловой активности (упущенная выгода), равные доходу, который могли бы получить за период восстановления работники предприятия;
- компенсация постороннего ущерба, связанного с нарушением договоров на поставку продукции, штрафами за загрязнение окружающей среды и т.п. [3].

С увеличением сечений, изменением конструктивных решений, изменяется вероятность отказа и полные ожидаемые затраты на возведение зданий и сооружений. Зависимость между этими величинами показана на рис. 1.

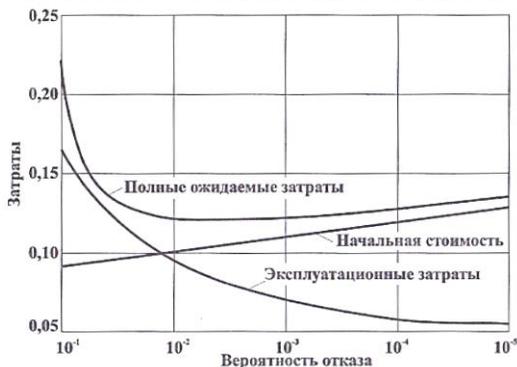


Рис. 1. Зависимость уровня затрат от уровня надежности

Из приведенных зависимостей следует, что при уменьшении вероятности отказа по сравнению с оптимальным значением полные ожидаемые затраты растут гораздо медленнее, чем при увеличении этой вероятности, т.е. избыток надежности стоит меньше недостатка надежности. В случае возможной аварии здания экономические потери будут значительно выше стоимости увеличения надежности конструкций и здания в целом.

Не все виды ущерба можно оценить в денежном выражении, но многие исследователи пытаются включить цену человеческой жизни в дополнение к общим потерям. Данный подход позволит рассчитать, количество спасенных жизней при увеличении затрат на возведение здания. Однако, при этом получается, что обществу невыгодно платить за дополнительно спасенную рассматриваемым способом жизнь, поскольку при других способах использования ограниченных средств можно спасти больше жизней.

Расходы на обеспечение безопасности связаны с определенными дополнительными действиями, которые имеют какую-то стоимость и, при выполнении которых возможны потери здоровья и жизни людей. Имеются работы [4], в которых, сопоставляя ВВП с количеством несчастных случаев, сопровождающих вышеуказанных мероприятий, определяется цена, которую общество платит за человеческую жизнь [5].

Самым надежным индикатором состояния экономики является ВВП (валовой внутренний продукт). Имеются работы [6, 7], в которых предлагается уровень надежности при проектировании зданий привязать к части ВВП, которую готово общество потратить на снижение рисков отказов. То есть, при проектировании необходимо опираться не только на нормативные документы в области строительства, но и на результаты социологических исследований.

Проектирование зданий с вероятностью отказа, зависящей от возможных экономических потерь и человеческих жертв, позволяет устранить некоторые недочеты действующих нормативных документов в области строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 N 384-ФЗ.
2. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. – Москва, 2019. – 19 с.
3. Перельмутер А.В. Основы метода расчетных предельных состояний [Текст]: учебное пособие / А. В. Перельмутер, О. В. Кабанцев, С. Ф. Пичугин. - Москва: Изд-во СКАД СОФТ : Изд-во АСВ, 2019. - 236 с. : ил.
4. Райзер В.Д. Теория надежности сооружений - М: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2010. - 384 с.
5. Блэк С.К., Нихаус Ф. Насколько безопасно «слишком» безопасное? // Бюллетень МАГАТЭ, Книга 22. №1. - С. 47-58.
6. Райзер В.Д. Оптимизация надежности конструкций и безопасность человека / Строительная механика и расчет сооружений. - 2009. №6. – С. 54-58,
7. Донченко, О. М. Актуальные проблемы конструктивно-технологических решений и эффективных материалов в капитальном строительстве / О. М. Донченко, И. А. Дегтев, Н. В. Солодов // Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения): Материалы Международной научно-практической конференции. Том 1. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. – С. 148-157.

Писанная В.В., студент

Научный руководитель: ассистент

Руденко О.Л.

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

МЕХАНИЗМ КРЕПЛЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КЛЕЕНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК

В данной статье исследуются методы крепления композитной арматуры при изготовлении клееных деревянных балок. Основное внимание уделено разработке механизмов крепления, которые гарантируют точное размещение арматуры в процессе производства, сохраняя ее эксплуатационные качества.

Строительство стремится к инновациям, которые способствуют повышению прочности, долговечности и экологичности строительных

материалов и технологий. Композитная арматура, благодаря своим уникальным характеристикам, таким как высокая прочность, малый вес, устойчивость к коррозии и легкость обработки, открывает новые возможности для проектирования и реализации более надежных и долговечных конструктивных решений. Однако, внедрение композитной арматуры в конструкции клееных деревянных балок требует разработки эффективных механизмов крепления, которые обеспечивали бы ее проектное положение в процессе вдавливания в ламели, сохраняя при этом ее целостность и эксплуатационные характеристики.

Представлен обзор существующих методов крепления, анализ их преимуществ и недостатков, а также разработка нового, более эффективного решения, которое способно удовлетворить современные требования к строительным конструкциям.

Арматурные стержни очищались, обезжировались и вклеивались в отверстия, заполненные клеем, с последующей фиксацией на 7 сут. Разрушение в эксперименте произошло от выдергивания клея с арматурой по древесине. Недостатком такого метода армирования является высокая податливость клеевого соединения, которая, как показали эксперименты, ведет к снижению несущей способности армированных деревянных балок. Способ изготовления армированной клееной деревянной балки по патенту включает инновации, такие как фрезерование пазов по боковым поверхностям для упрощения процесса армирования и увеличения огнестойкости за счет внутреннего расположения арматуры. Однако, методика ограничена по ширине сечения и вводит дополнительные сложности, связанные с соединением элементов, и потенциально увеличивает стоимость изготовления из-за использования дополнительных материалов. [1] В нашей работе мы предлагаем решение, которое учитывает недостатки опытов предшествующих исследователей в этом направлении. Мы предлагаем армировать балки композитной арматурой методом вдавливания. Преимуществом метода является минимизация подготовительных операций, таких как фрезеровка и клеевая подготовка паза, что ведет к сокращению времени изготовления и уменьшению общей трудоемкости процесса. Это делает метод вдавливания более экономически выгодным и технологически простым, особенно в условиях необходимости быстрого и массового производства армированных деревянных конструкций.

Проблематика метода вдавливания арматуры в деревянные балки сосредоточена вокруг точности фиксации арматурных элементов в предварительно заданных положениях до начала вдавливания. Это требует разработки механизмов или методик, способных обеспечить строгую фиксацию арматуры, соответствующую проектным требованиям по положению внутри заготовки. Прессовые конструкции для склеивания и армирования деревянных балок, описанные в патентах, представляют собой высокоэффективные системы, обеспечивающие механизацию и автоматизацию процессов склеивания. Вертикальный пресс с каркасом,

оснащенный множеством рам, гидроцилиндрами для вертикального и бокового прижима, а также винтовыми механизмами для поперечного перемещения, позволяет осуществлять загрузку, запрессовку и выгрузку изделий различных габаритов, значительно повышая производственную эффективность благодаря автоматизации этих процессов. С другой стороны, пресс с рычажным механизмом и рукоятками в U-образных сечениях обеспечивает простоту конструкции и возможность вертикальной регулировки опор, что делает его удобным для склеивания деревянных элементов разной толщины. Эти технологии обеспечивают равномерное распределение давления, что критически важно для достижения высокого качества склеенных армированных деревянных конструкций. Но вопрос фиксации композитной арматуры при армировании клееных деревянных конструкций в них не решен. Предлагается теоретическое решение с расположением клипс-зажимов с торцов ламели, на которой располагается композитная арматура. Эта система основана на использовании специальных замков или клипс, прикрепленных к ламели, что позволяет быстро и надежно закрепить арматурные элементы без необходимости применения дополнительных инструментов или материалов, таких как клеи или болты.

Ключевым элементом системы являются пружинные механизмы, интегрированные в клипсы. Они создают постоянное давление на арматуру, гарантируя ее неподвижность и исключая риск ослабления соединения под воздействием внешних нагрузок или вибрации. Преимущество пружинной фиксации заключается в возможности компенсации небольших деформаций древесины, которые появляются в процессе вдавливания арматуры в ламели. Замки-клипсы могут быть выполнены из композитных материалов. Разработка такой системы предполагает создание универсальных замковых элементов, способных адаптироваться к различным диаметрам и формам арматурных стержней, а также к разнообразным размерам и типам древесины. Это может включать разработку замков с переменной геометрией захвата или с возможностью регулировки силы пружинного давления.

Оценка экономической целесообразности внедрения новых механизмов крепления в производственный процесс требует комплексного подхода, включающего анализ начальных инвестиций в разработку и покупку оборудования, сравнение операционных затрат на традиционные и новые методы, а также оценку потенциального увеличения производительности и сокращения брака. Важно учитывать не только непосредственные экономические выгоды от ускорения процессов монтажа и уменьшения трудозатрат благодаря автоматизации и повышению точности крепления, но и долгосрочные преимущества, такие как повышение надежности и долговечности конечных изделий, что влияет на репутацию производителя и удовлетворенность клиентов. [2] Экономический анализ должен также учитывать потенциальные риски, связанные с внедрением новой технологии, включая возможность

технических сбоях, необходимость обучения персонала и изменение процессов контроля качества.

Таким образом, решение о внедрении новых механизмов крепления должно основываться на тщательном изучении всех факторов, влияющих на экономическую эффективность производства в долгосрочной перспективе.

Интеграция новых механизмов крепления в существующие производственные линии представляет собой комплексную задачу, ставящую перед производителями ряд вызовов. Среди них – необходимость адаптации оборудования и технологических процессов, обучение персонала, обеспечение совместимости новых устройств с уже используемыми системами контроля качества и управления производством. [3] Одним из ключевых моментов является обеспечение минимального вмешательства в текущие производственные потоки, чтобы избежать длительных простоев и потерь производительности. Решения этих задач требуют комплексного подхода. Во-первых, необходима детальная проработка проекта интеграции. Во-вторых, важна организация обучения персонала работе с новыми устройствами, включая не только операторов, но и технический персонал, отвечающий за обслуживание и ремонт оборудования. В-третьих, следует провести тестирование интегрированной системы в контролируемых условиях, чтобы выявить и устранить возможные недостатки и убедиться в надежности и эффективности новых механизмов крепления. Ключевым аспектом успешной интеграции является также сотрудничество с производителями оборудования и компонентов. Вовлечение их специалистов в процесс внедрения может обеспечить доступ к необходимым техническим ресурсам, а также помощь в адаптации оборудования и обучении персонала.

Наконец, следует учитывать возможность масштабирования новых решений, обеспечивая гибкость производственных линий для возможных будущих модернизаций и расширения производства.

В области улучшения механизмов крепления композитной арматуры одним из перспективных направлений будущих исследований является разработка инновационных материалов и технологий производства, которые могли бы значительно повысить эффективность и надежность крепежных систем. Другое важное направление исследований касается совершенствования конструктивных решений механизмов крепления с целью упрощения монтажных работ и обеспечения возможности повторного использования крепежных систем в условиях изменяющихся проектных требований. [4] Это может включать разработку модульных и адаптивных крепежных систем, способных автоматически адаптироваться к различным диаметрам и формам арматуры, а также внедрение интеллектуальных систем мониторинга, способных в реальном времени отслеживать состояние крепежа и предоставлять данные для прогнозирования его долговечности и необходимости замены или ремонта.

Эти исследования могут способствовать значительному улучшению процессов проектирования, монтажа и эксплуатации конструкций с композитной арматурой, делая их более эффективными, надежными и экономичными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кошечев А. А., Рощина С. И. «Эффективность прямолинейного армирования деревянных балок перекрытий стальной тросовой арматурой без предварительного натяжения» – Владимир, 2021.
2. Цыбакин С. В., Титунин А. В., Цветков Д. Ю. «Армирование деревянных балок композитной арматурой» – Кострома, 2023.
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 : 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. - № 12. - С. 38-39.
5. Армирование как средство повышения несущей способности деревянных конструкций. Ивакин А.И., Иодчик А.А. Ответственный редактор Кравчук В.А., 2019, 257-260 с.

**Пухов И.Е., студент,
Лимощенко В.А., студент**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Крючков А.А.**

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

БИОПОВРЕЖДЕНИЯ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ БИОКОРРОЗИИ

В последнее время проблема повышения долговечности эксплуатируемых конструкций представляется наиболее важной в практике строительства [1]. Большое количество зданий и сооружений со временем эксплуатации подвергаются различным химическим и биологическим воздействиям: плесневые налеты на стенах, произрастание самосевных трав и деревьев на фасаде, бактерии и грибы, микроскопические водоросли, беспозвоночные жуки, грызуны, мхи, лишайники. Данные виды биокоррозии не только представляют опасность для строительной конструкции, но и в худшую сторону влияют на здоровье людей.

В процессе жизнедеятельности грибки и плесень выделяют споры и микотоксины, которые попадают в дыхательную и кровеносную систему человека. Это в свою очередь вызывает аллергическую реакцию кожи, бронхиальную астму, поражение нервной системы и опорно-двигательного аппарата, а также общее ослабление иммунной системы.

Понимание природы этих процессов и разработка эффективных мер защиты имеют важное значение для обеспечения долговечности строительных объектов.



Рис. 1. Биоповреждение (мхи и плесень) бетонной конструкции

железобетонных и бетонных конструкций, а также уменьшения прочностных и деформационных характеристик элемента. Так же портится эстетический вид здания (фасад), возникают маленькие отверстия (блестящие или шершавые), раковины, выбоины, которые могут содержать в себе продукты коррозии (лишайники, грибы), которые проникают в глубину материала более чем на 5 мм, что затрудняет их дальнейшее устранение.

Для оценки степени повреждения бетонных и железобетонных конструкций применяются различные методы:

- визуальное обследование: позволяет выявить видимые повреждения, трещины и биопленки.
- лабораторные исследования: анализ образцов бетона и арматуры на предмет наличия микроорганизмов и степени их воздействия.
- неразрушающие методы: ультразвуковые и радиографические методы для оценки внутренней структуры и наличия коррозии.

Нахождение жидкости вместо кислорода в капиллярно-пористой системе материала приводит к стремительному ухудшению их свойств – материалы становятся теплопроводными. Это в свою очередь приходит к деформации и растрескиванию бетона за счет нарушения адгезионного контакта. Влага благоприятствует возникновению грибковой плесени, чаще всего это происходит в плохо вентилируемых местах (подвалы, складские помещения) [2].

Микроорганизмы размножаются в теле бетона, тем самым оказывая деструктивное влияние на материал. В процессе своей жизнедеятельности

Биоповреждение – преобразование химических и физических свойств стройматериалов вследствие воздействия живых организмов (бактерии, мхи, микроорганизмы) в процессе их жизнедеятельности (рис. 1) [2]. Чаще всего, в деградации строительных материалов участвуют сообщества микроорганизмов. Таким образом, одни виды способны повреждать защитный слой, а другие – основной материал конструкции [3].

Биокоррозия проявляется в виде коробления, отслоения, высолов, разложения защитных слоев

бактерии и микробы вырабатывают ферменты, органические кислоты (щавелевая, гликолевая, янтарная, уксусная и др.) и неорганические (серная, азотная и др.), аммиак и метан. Данные продукты жизнедеятельности ускоряют разрушение бетона и коррозию арматуры в несколько раз. Например, тионовые бактерии увеличивают скорость реакции разрушения металла в сотни тысяч раз.

При взаимодействии кислот с бетонными покрытиями происходит образование новых соединений (кальций, калий). Которые в свою очередь образуют микротрещины, что приводит к существенной потере прочности элементов.

Защита от биоповреждений является важным аспектом для восстановления и поддержания несущей способности строительных конструкций, а также уменьшения последствий негативного влияния микроорганизмов на здоровье людей [4].

На сегодняшний день существует две основные группы защиты бетонных конструкций от биокоррозии: физические и химические.

Физические методы сочетают в себе использование ультрафиолетового и ионизирующего излучения, ультразвука, лазерных лучей и др.

Химические методы заключаются в использовании биоцидов – искусственно синтезированных химических веществ.

Для недопущения размножения биологических микроорганизмов в теле бетона или в строительном растворе плоскость конструкции покрывают биоцидными и пленкообразующими составами. В качестве химических средств применяют неорганические соединения (оксиды и соли бора, меди, хрома, цинка и мышьяка) и органические соединения (фенолы и хлорфенолы, тиокарбаминовые кислоты и др.), а также элементоорганические и комплексные соединения олова [5].

Также для предотвращения биокоррозии применяются другие методы защиты.

На этапе строительства, в процессе замешивания бетонной смеси применяются модифицирующие добавки (антисептики и фунгициды), которые предотвращают появление бактерий и грибов на поверхности и в теле бетонной матрицы.

Для предотвращения намокания конструкций необходимо производить надежную гидроизоляцию элементов с помощью: пропитки на основе синтетических смол, оклейке рулонными материалами, рубероида и мастик, дополнительной облицовки.

Улучшение систем дренажа (системы водоотведения) помогает контролировать уровень влажности, что является критическим для предотвращения роста микроорганизмов.

Выбор подходящих материалов, более устойчивых к биокоррозии бетонов и арматуры, поможет снизить риски возникновения микробиологических организмов.

Необходимо регулярно проводить мониторинг и обслуживание зданий и сооружений, для предотвращения и своевременного обнаружения биокоррозии конструктивных элементов.

Биоповреждения бетонных конструкций представляют собой актуальную проблему, которая требует комплексного подхода. Разработка и внедрение современных методов защиты от биокоррозии, таких как применение добавок и защитных покрытий, может значительно продлить срок службы бетонных изделий и повысить их надежность. Понимание механизмов воздействия микроорганизмов и применение современных методов защиты являются ключевыми факторами для минимизации последствий биокоррозии. Дальнейшие исследования в этом направлении помогут разработать новые эффективные стратегии и технологии защиты строительных материалов от биоповреждений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоляго Г.А., Фролов Н.В., Дронов А.В. Анализ коррозионных повреждений эксплуатируемых изгибаемых железобетонных конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №1. С. 52-57.
2. Козлов И.А., Гарипов Р.М. Экологические аспекты биоповреждений бетона // Символ науки: международный научный журнал. 2021. №11-2. С. 22-25.
3. Старцев С.А. Проблемы обследования строительных конструкций, имеющих признаки биоповреждения // Инженерно-строительный журнал. 2010. №7 (17). С. 41-46.
4. Козлов И.А. Оценка биоповреждений изделий из бетона // Символ науки: международный научный журнал. 2021. №11-1. С. 16-17.
5. Румянцева В.Е., Логинова С.А. Методы защиты поверхности бетона от биоповреждений // Информационная среда вуза (см. в книгах). 2016. №1 (23). С. 383-385.

**Сидоренко А.Н., студент,
Лопарев А.С., студент**

**Научный руководитель: ст. преп.
Горягин П.Ю.**

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

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Актуальность переработки полимерных отходов в современном мире сложно переоценить. Рост объемов техногенных полимерных материалов, увеличение потребления одноразовой продукции и медленные темпы разложения полимеров в окружающей среде делают проблему комплексной переработки особенно важной. В связи с этим, переработка полимерных отходов – это необходимая мера для уменьшения негативного влияния на окружающую среду и ресурсосбережения.

В настоящее время существует множество способов переработки полимерных отходов [1-4]:

- механическая переработка, заключающаяся в сортировке, измельчении, термоформовании полимерных отходов и производстве из них новых изделий;

- химическая переработка (химический рециклинг): пиролиз, гидролиз, метанолиз, гликолиз, газификация;

- энергетическая переработка (термическая утилизация), включающая сжигание полимерных отходов с целью получения энергии (электрической и/или тепловой);

- биологическая переработка (ферментативное разложение) и др.

Наиболее перспективным способом утилизации полимерных отходов является их комплексная переработка с последующим производством из них изделий различного назначения.

В настоящее время при благоустройстве территорий широко используются изделия из полимерного профиля, произведенного из вторичного сырья [5].

Технология производства полимерных профилей включает следующие основные этапы: подготовка сырья, подача материала в экструдер (рис. 1), гомогенизация, термоформование, экструдирование, охлаждение, нарезка и обработка. Пройдя через матрицу заданного сечения, материал приобретает конечную форму, что позволяет производить полимерный профиль различной конфигурации (рис. 2).

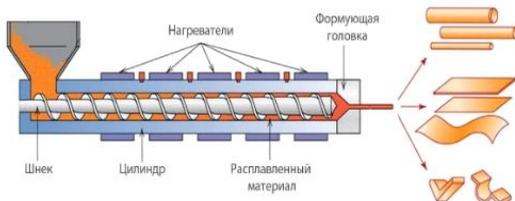


Рис. 1. Экструдирование полимерных изделий



Рис. 2. Полимерный профиль различной конфигурации

Для производства полимерного профиля с заданными физико-механическими характеристиками и физико-химическими свойствами в его состав вводят минеральные фиброапполнители, технический углерод, пигменты и др. Полимерные композиционные материалы с минеральными

фибронеполнителями обладают повышенными пределами прочности на сжатие и изгиб, трещиностойкостью. Технический углерод в составе полимерсодержащих материалов увеличивает их стойкость к воздействию ультрафиолетового излучения и препятствует «старению» полимеров [6].

Благодаря своим специфическим физико-механическим характеристикам полимерные профили могут быть использованы для изготовления садовой и парковой мебели, ограждений, малых архитектурных форм, дорожек и др. (рис. 3).

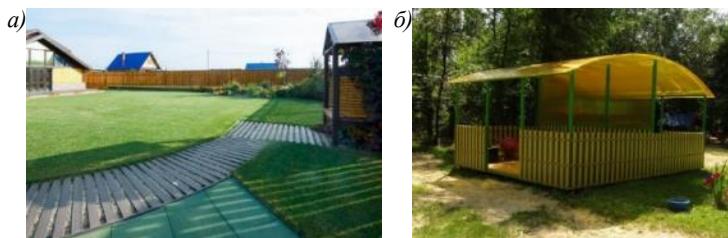


Рис. 3. Изделия из полимерного профиля для благоустройства:
а – дорожки; б – ограждения

Комплексная переработка полимерных отходов и использование вторичного сырья для производства новых изделий является важным компонентом систем ресурсоэнергосбережения, которые направлены на снижение нагрузки на окружающую среду, в т.ч. уменьшение объемов полимерных отходов захораниваемых на полигонах, загрязнение окружающей среды микропластиком, экономию сырьевых ресурсов, снижение выбросов углекислого газа и др.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. John G. Sommer *Plastics Extrusion Technology Handbook* // New York: Industrial Press, 2000 – 300 с.
2. Chris Rauwendaal *Extrusion of Polymers: Theory and Practice* // Мюнхен: Carl Hanser Verlag, 2014 – 488 с.
3. Е. Н. Потапов *Производство изделий из пластмасс* // Москва: Высшая школа, 2005 – 400 с.
4. Ю.С. Липатов *Экология и переработка полимерных материалов* // Москва: Химия, 1991 – 288 с.
5. Севостьянов В.С., Оболонский В.В., Горягин П.Ю., Бабуков В.А. Ресурсосберегающая технология производства полимерно-базальтовых материалов и изделий из техногенного сырья для строительства временных дорог // *Наукоемкие технологии и инновации (XXV научные чтения)* сб. докл. – Белгород, 2023. – С. 1057-1061.
6. Шейн Н.Т., Севостьянов В.С., Оболонский В.В., Севостьянов М.В., Горягин П.Ю., Бабуков В.А. *Практические основы комплексной переработки и утилизации техногенных материалов / Энергетические системы: сб. докл. III Междунар. науч.-техн. конф.* // Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – С. 268-275.

Турлубеков Ч.Р., магистрант,
Джарасов Д. Е., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Калмагамбетова А.Ш.

*Карагандинский технический университет
им. Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан*

РОЛЬ ФИБРОВЫХ ВОЛОКОН В ПОВЫШЕНИИ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ

В настоящее время железобетон является одним из самых часто используемых материалов при строительстве зданий и сооружений. Он сочетает в себе положительные свойства стали и бетона. Сталь обладает высокой прочностью на растяжение, однако она подвергается коррозии и обладает низкой огнестойкостью. Бетон, наоборот, обладает высокой прочностью на растяжение, однако у него высокая прочность на сжатие, он стоек к коррозии и огнестоек.

Для достижения того, чтобы стальная арматура и бетон работали совместно, необходимо обеспечить сцепление между арматурой и бетоном. Достигается это следующими факторами: сцепление арматуры за счет выступов; сил трения между арматурой и бетоном; склеивание поверхностей за счет цемента. Сцепление арматуры с бетоном зависит от геометрических параметров профиля и диаметра арматуры и класса бетона, который чем выше, тем сильнее сцепление.

С постоянным стремлением к оптимизации материалов и процессов, современные исследования в области железобетона активно изучают новые подходы для улучшения его механических свойств. Одним из таких инновационных методов является использование фибровых волокон в составе бетона.

Фибровые волокна, независимо от их типа, будь то стальные, полипропиленовые, базальтовые или другие, улучшают механические свойства бетона, включая его прочность и сцепление с арматурой.

В данной работе мы проанализируем результаты последних исследований, в которых рассмотрено влияние фибровых волокон на улучшение силы сцепления между арматурой и бетоном.

В статье В. Н. Моргун, П. Н. Курочка, А. Ю. Богатина [1] приведены результаты испытаний на сцепление арматуры с бетоном, содержащий синтетические волокна. Образцы были выполнены из бетона класса по прочности на сжатие В20 с армированием из стержней стальной и стеклопластиковой арматуры диаметром 6 и 12 мм, с добавлением волокон длиной 6 и 12 мм и без добавления.

Результаты проведенных испытаний показали, что при использовании стальной арматуры диаметром 12 мм сцепление с бетоном, содержащим фибровые волокна, увеличилось до 10 % по сравнению с бетоном без содержания волокон, для арматуры диаметром 6 мм сцепление

увеличилось на 23 %. Сцепление стеклопластиковой арматуры диаметром 12 мм с бетоном, содержащим фибровые волокна, увеличилось на 14 %, для арматуры диаметром 6 мм – на 25 %. Наиболее наглядно результаты представлены на графиках, изображенных на Рис. 1, 2.

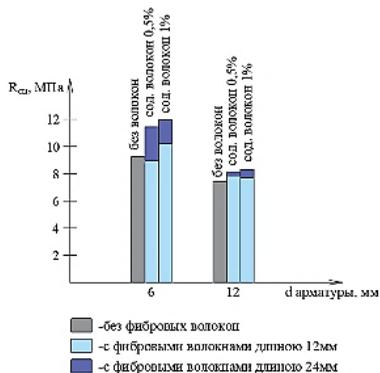


Рис. 1. Зависимость значения сцепления стальной арматуры с фибробетоном

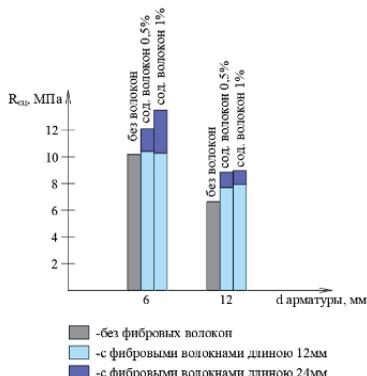


Рис. 2. Зависимость значения сцепления стеклопластиковой арматуры с фибробетоном

Как видим, добавление синтетических волокон способно незначительно повысить сцепление арматуры с бетоном. Большее увеличение сцепления достигается со стеклопластиковой арматурой.

В исследовании Чжан Х.; Лу. К.; Ван. Ю. [2] были представлены результаты испытаний на сцепления арматуры с бетоном, содержащий ПВА волокна. В ходе данного исследования были изготовлены образцы бетонных кубиков с включением арматурных стержней. Эти образцы были разделены на несколько групп с изменяющимися характеристиками, включая содержание волокон (0, 0,2, 0,4 и 0,6 %), диаметр арматуры (12, 14 и 16 мм) и толщину защитного слоя бетона (30, 50 и 70 мм).

Исследования показали, что добавление ПВА волокон не способны повысить сцепление арматуры с бетоном, а наоборот способны даже ухудшить его.

Влияние базальтовых волокон на сцепление арматуры с бетоном, как показали результаты исследования [2], оказывают положительное влияние. Улучшение сцепления арматуры с бетоном в результате их добавления, может улучшить показатель сцепления на 3 %.

В [2] не просто определили значения напряжения сцепления при выдергивании арматуры, но и определили характер разрушения образца, то есть провели микроструктурный анализ. В результате данного анализа было выявлено, что волокна препятствуют развитию образования микротрещин и действуют как фиксаторы. В некоторой степени это увеличивает прочность на сжатие и сцепление с бетоном.

В статье Ахсан Али, Шахид Икбал, Клаус Холшемахер, Томас А. Бир [4] описывается исследование по сцеплению стальной арматуры с бетоном с добавлением стальных волокон в различных пропорциях. В данном исследовании было изготовлено 36 опытных образцов. Образцы изготовлены с диаметрами стержней по 10, 16 и 20 мм с добавлением стальных волокон длиной 35 мм и диаметром 0,55 мм с пределом прочностью на растяжение 1100 МПа. Каждый образец имел пропорциональную длину анкеровки стержня в зависимости от его диаметра.

Добавление стальных фибр также увеличивает прочность сцепления арматуры с бетоном. Однако увеличение прочности сцепления идет до определенного момента для арматурных стержней диаметром 16 и 20 мм. Для арматурных стержней диаметром 10 мм предельное содержание волокон, после которой идет уменьшение прочности сцепления, предположительно находится выше.

Исходя из результатов обсуждаемых исследований, можно сделать следующие выводы:

- исследование, описанное в работе В. Н. Моргуна, П. Н. Курочка, А. Ю. Богатиной, демонстрирует, что добавление синтетических волокон, способно увеличить сцепление арматуры с бетоном. Особенно значительное увеличение сцепления наблюдается при использовании стеклопластиковой арматуры;

- в работе Чжан Х., Лу. К., Ван. Ю., и др. представлено исследование, в котором использовались ПВА волокна. Результаты показали, что добавление таких волокон не способствует увеличению сцепления арматуры с бетоном и даже может ухудшить этот показатель;

- эксперименты, описанные в работе Гонг Ю., Цзян Т., Сан Л., и др., показали, что использование базальтовых волокон оказывает положительное влияние на сцепление арматуры с бетоном. Волокна предотвращают образование микротрещин и действуют как фиксаторы, увеличивая прочность на сжатие и сцепление с бетоном;

- исследование Ахсан Али, Шахид Икбал, Клаус Холшемахер, Томас А. Бир описывает влияние добавления стальных волокон на прочность сцепления арматуры с бетоном. Результаты показывают, что добавление стальных волокон способно увеличить этот показатель, однако увеличение прочности сцепления имеет предельные значения и может снижаться при дальнейшем увеличении содержания волокон.

Таким образом, все представленные исследования подтверждают значительное влияние типа и содержания волокон на сцепление арматуры с бетоном.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вопросы сцепления стержневой арматуры с бетоном и фибробетоном / В. Н. Моргун, П. Н. Курочка, А. Ю. Богатина [и др.] // Строительные материалы. – 2014. – № 8. – С. 56-59. – EDN SJVXOT.

2. Zhang, X.; Lu, Q.; Wang, Y. Experimental Study on Bond Behavior between Steel Rebar and PVA Fiber-Reinforced Concrete. *Coatings* 2023, 13, 740. <https://doi.org/10.3390/coatings13040740>

3. Gong, Y.; Jiang, T.; Sun, L.; Jiang, W.; Zhang, Q.; Liu, S.; Tian, L. Constitutive Model of Bond-Slip between Rubber Granule–Basalt Fiber Composite Modified Concrete and Rebar. *Appl. Sci.* 2023, 13, 12726. <https://doi.org/10.3390/app132312726>

4. Ali, A. et al. 2017. Bond of Reinforcement with Normal-weight Fiber Reinforced Concrete. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 61, 1 (Jan. 2017), 128–134. <https://doi.org/10.3311/PPci.8660>.

Чернозуб К.В., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.

Косухин М.М.

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

ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Под технологичностью фасадных систем подразумевается свойство материального продукта, которое предполагает взаимодействие различных и разнообразных групп технологических и организационных факторов, направленных на достижение некоторого, ожидаемого результата [1, 2].

Комплексное свойство технологичности рассматривается, как результат последовательной интерпретации и целенаправленного развития свойств и состояний, характерных для основных этапов жизненного цикла формирования функционального качества фасадной системы [3, 4]:

– технологичность *проектирования параметров системы в целом и/или отдельных конструктивных элементов системы* – мера приближения ожидаемых показателей функционального качества фасадной системы к фактическим условиям (регламентам) обеспечения функционально-технологических процессов (защиты внутреннего пространства от внешних воздействий);

– технологичность *изготовления* (этап подготовки строительства жизненного цикла) – мера приближения установленных (проектных) параметров и характеристик свойств материалов и конструктивных элементов фасадной системы соответствующего типа посредством целенаправленного применения технологических приемов, обеспечивающих наименьший уровень трудоемкости, стоимости, затрат материальных и нематериальных ресурсов;



Рис. 1. Особенности свойства технологичности фасадных систем

– технологичность *транспортировки* (этап подготовки строительства жизненного цикла) – это мера приближения фактических показателей функционального качества фасадной системы соответствующего типа к условиям доставки конструктивных элементов на строительную площадку

– технологичность *строительства* (монтажа, устройства, возведения жизненного цикла) – это мера приближения показателей функционального качества фасадной системы соответствующего типа к состояниям, которые могут быть обеспечены доступными приемами монтажа (возведения), в конкретных условиях строительной площадки.

– технологичность *эксплуатации* (этап эксплуатации жизненного цикла) – это мера соответствия фактических показателей функционального качества фасадной системы выбранного типа фактическим же условиям и регламентам, условиям и состояниям, обеспечивающим наименьший уровень трудоемкости, стоимости, затрат материальных и нематериальных ресурсов, необходимых для поддержания установленного уровня качества в течение всего срока службы;

– технологичность *вторичного применения* (этап утилизации или сноса жизненного цикла) – это мера соответствия фактических показателей функционального качества фасадной системы условиям и состояниям, допускающим вторичное применение фасадной системы или отдельных ее конструктивных элементов для других объектов строительства (нового строительства или реконструкции).

В качестве количественного показателя комплексного свойства технологичности, отображающих результаты целевой функции эффективности конструктивных, производственных, организационно-технологических и эксплуатационных решений может быть коэффициент технологичности устройства фасадной системы, представленный в виде:

$$K_m^{\Phi C} = \frac{T^{\theta(M)}}{T^n + T^u + T^m + T^{cn} + T^{\theta(M)} + T^{\theta} + T^{\theta n(y)}}, \quad (1)$$

где: $K_m^{\Phi C}$ – коэффициент технологичности фасадной системы; T^n , T^u , T^m , T^{cn} , $T^{\theta(M)}$, T^{θ} , $T^{\theta n(y)}$ – величины трудоемкости формирования показателей функционального качества фасадной системы в целом и/или ее отдельных конструктивных элементов, установленные для основных этапов жизненного цикла, соответственно: «проектирование», «изготовление», «транспортировка на строительную площадку», «временное хранение и подготовка к возведению (монтажу)», «возведение (монтаж, строительство)», «эксплуатация (включая ремонт и замену)», «снос (утилизация или повторное применение)» [5, 6].

Каждый из показателей трудоемкости, включенных в аналитическую зависимость (1), характеризует особенности и условия формирования показателей состояний (функционального качества) фасадной системы именно для соответствующего этапа жизненного цикла. При этом подразумевается обязательность иерархической направленности процедуры: показатели свойств и состояний являются результатом, достигнутым на определенном этапе, и становятся, базовыми исходными данными для последующих этапов жизненного цикла фасадной системы [7].

Приведенный в аналитической зависимости (1) количественный параметр «трудоемкость» может быть заменен или дополнен другими характеристиками, например, параметрами «стоимость», «время» (продолжительность) или любой другим количественным показателем (технологическим или организационным фактором), отображающим качество формирования фасадной системы.

Аналитическая зависимость (1) характеризуется таким свойством, которое позволяет отобразить участие всех основных этапов жизненного цикла в формировании функционального качества фасадной системы, но, одновременно, с этим, представляет все включенные в анализ этапы равновесными, что является не совсем корректным подходом и не позволяет адекватно учесть влияние каждого из этапов на конечный результат.

Например, одним из наиболее актуальных и значительных (в особенности для современной архитектурно-строительной и инвестиционно-строительной деятельности) является обеспечение энергоэффективности эксплуатации объектов капитального строительства [8, 9].

Соответственно, решающее значение для достижения требуемых параметров энергоэффективности строительного объекта приобретает выбор параметров материалы и технологии для теплоизоляционных фасадных систем, который осуществляется на этапе проектирования [10].

Учет данного обстоятельства целесообразно осуществлять посредством специальных поправочных коэффициентов, конкретизирующих удельный вес или значимость данного, рассматриваемого этапа жизненного цикла.

С учетом предложенного подхода, рассмотренная выше аналитическая зависимость (1) может быть приведена к следующему виду:

$$K_m^{ФС} = \frac{\zeta^n \cdot T^n}{\zeta^n \cdot T^n + \zeta^u \cdot T^u + \zeta^m \cdot T^m + \zeta^{cn} \cdot T^{cn} + \zeta^{\theta(m)} \cdot T^{\theta(m)} + \zeta^{\varepsilon} \cdot T^{\varepsilon} + \zeta^{\theta(n,y)} \cdot T^{\theta(n,y)}} \quad (2)$$

где: $\zeta^n, \zeta^u, \zeta^m, \zeta^{cn}, \zeta^{\theta(m)}, \zeta^{\varepsilon}, \zeta^{\theta(n,y)}$ – величины удельного веса (коэффициенты влияния) принятых к анализу этапов жизненного цикла формирования функционального качества фасадной системы.

Можно заметить, что аналитическая зависимость (1) становится частным случаем зависимости (2) и отображает концепцию равновесного влияния каждого из этапов жизненного цикла на качество фасадной системы.

Количественные значения коэффициентов влияния могут быть определены методами статистического анализа, прогнозирования, моделирования или установлены посредством натуральных экспериментов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ершов, М.Н. Анализ технологических особенностей применения фасадных систем теплоизоляции / М.Н. Ершов, И.Н. Бабий, И.А. Меньлюк // Технологии и организация строительного производства. – 2015. – № 4-1 (9). – С. 43-47.

2. Ткаченко, А.И. Технологичность навесных фасадных систем. Методы и критерии оценки / А.И. Ткаченко, А.А. Пиотрович // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2021. – Т. 1. – С. 547-552.

3. Денискин, А.Н. Анализ эффективности конструктивных решений фасадных систем на основе концепции стоимости жизненного цикла / А.Н. Денискин // Инвестиции, градостроительство, технологии как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения: Материалы XIV Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Томск, 12–14 марта 2024 года. – Томск:

Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 195-206.

4. Ахмедов, Х.Х. Повышение технологической эффективности возведения ограждающих конструкций зданий / Х.Х. Ахмедов, А.Н. Егоров // *Sciences of Europe*. – 2021. – № 69-1(69). – С. 29-31.

5. Гаусс, К.С. Вторая жизнь строительных материалов в России / К.С. Гаусс, А.К. Арапова, К.К. Мамырбаева // *Избранные доклады 69-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 20 апреля 2023 года*. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 92-94.

6. Косухин, А.М. Информационное моделирование зданий и сооружений на всех этапах жизненного цикла / А.М. Косухин, М.С. Кондауров // *IV Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве»: сборник докладов, Белгород, 17 апреля, 2020 г.*: Белгород: издательство БГТУ, 2020. – С. 95-100.

7. Никулина, Ю.А. Проектно-ориентированный подход в управлении жизненным циклом объекта капитального строительства / Ю.А. Никулина // *Архитектура. Строительство. Информационные технологии – 2023 (АСИТ-2023): Труды I международной научно-практической конференции, Новороссийск, 04-08 сентября 2023 года*. – Новороссийск: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 27-29.

8. Косухин, А.М. Вопросы энергосбережения в условиях устойчивого функционирования, модернизации и развития жилищного фонда / А.М. Косухин, О.Н. Шарапов, М.А. Богачева // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. – 2016. – № 10. – С.51-61.

9. Косухин, А.М. Обеспечение энергоэффективности в строительстве / А.М. Косухин, П.И. Ханьжин // *IV Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве»: сборник докладов, Белгород, 17 апреля, 2020 г.*: Белгород: издательство БГТУ, 2020. – С. 328-334.

10. Косухин, М.М. Энергоэффективные материалы и технологии для теплоизоляционных фасадных систем гражданских зданий / М.М. Косухин, А.М. Косухин, А.С. Шаповалова // *Энергетические системы: III Международная научно-техническая конференция: сборник трудов, Белгород, 29-30 нояб. 2018.* / Белгор. гос. технол. ун-т; отв. редактор П.А. Трубаев. Белгород, 2018. – С. 164-171.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Амелин П.А., ассистент,
Аноприенко Д.С., магистрант

Научный руководитель: д-р. техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВЛИЯНИЕ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ НА РАБОТУ БЕТОНА, УСИЛЕННОГО ПОЛИМЕРКОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Воздействие агрессивной окружающей среды является важной проблемой для эксплуатируемых в настоящее время бетонных и железобетонных конструкций промышленных зданий, транспортных и морских сооружений, где среда (жидкая и газообразная), контактирующая с поверхностью, может быть загрязнена агрессивными продуктами или промышленными отходами [1, 2].

Результатом длительных несиловых воздействий является преждевременное достижение предельных состояний в конструкциях, их локальное разрушение, что вызывает аварийное техническое состояние (рис. 1).



Рис. 1. Последствия воздействия агрессивной среды

В процессе дальнейшей эксплуатации возникает необходимость в восстановлении несущей способности и усилении таких конструкций, в том числе с использованием инновационных полимеркомпозитных материалов, имеющих высокие физико-механические свойства, низкую плотность и высокую степень стойкости к агрессивным воздействиям [3-5].

Существующие исследования показали высокую эффективность использования полимеркомпозитных материалов в качестве усиления, однако малоизученным является вопрос дальнейшей работы поврежденного бетона и полимеркомпозита в агрессивных средах.

К числу факторов окружающей среды, влияющих на долговечность бетонных конструкций, относятся хлориды (морская среда) и сульфаты (почва, грунтовые воды и морская вода), как правило, более агрессивные. Сульфаты встречаются в виде сульфата натрия (Na_2SO_4), сульфата калия (K_2SO_4), сульфата магния (MgSO_4) и сульфата кальция (CaSO_4), которые обладают более высокой степенью растворимости. Когда соли сульфата присутствуют выше определенного порогового уровня ($>1000\text{ppm}$), они вступают в реакцию с различными фазами гидратированной цементной пасты, что приводит к растрескиванию и отслаиванию бетона. Механизм воздействия кислоты на бетон заключается в том, что она растворяет цементные соединения (гидратированные и негидратированные) и известковый заполнитель. Наиболее распространенной агрессивной средой для большинства инженерных конструкций является хлорид-содержащая среда [6].

В исследовании [7] авторами при получении информации о механизмах коррозии, вызывающих снижение физико-механических характеристик бетона, был проведен рентгенофазовый анализ с использованием электронного микроскопа. Установлено, что по контуру сечения сформировался частично разрушенный слой бетона толщиной 1,5-3,7 мм с коррозионными микротрещинами и продуктами коррозии. Сравнение микроструктуры неповрежденного и коррозионно-поврежденного слоев бетона позволило выявить кристаллы гипса и этtringита, которые являются продуктами коррозии и служат причиной возникновения дополнительных начальных напряжений в бетоне [8, 9].

Авторы экспериментального исследования [10] выявили, что под воздействием агрессивной хлорсодержащей среды происходит деградация не только бетона, но и самого слабого места усиленной конструкции - контактного шва композит-бетон. Главными механизмами разрушения являются: либо появление кристаллов этtringита или "цементной бациллы" ($3\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaSO}_4-32\text{H}_2\text{O}$), а затем, вследствие макроскопического расширения затвердевшего материала, происходит разрушение бетона контактного шва; либо поступление углекислого газа в поры бетона из атмосферы и последующая реакция карбонизации, после которого образуется гидроксид кальция с высоким pH.

В работе [11] представлено вероятностное исследование износа поверхности раздела углепластик-бетон под воздействием агрессивных сред. В общей сложности 53 образца для испытаний на сдвиг подвергались попеременному воздействию температур замораживания, увлажнения, сушки и постоянного понижения температуры (рис. 2).

По завершении запланированного цикла воздействия окружающей среды оценивалась остаточная емкость поверхности раздела углепластик-углепластик, а именно энергия локального разрушения поверхности раздела. В результате, воздействие условий замораживания, увлажнения и сушки при постоянной низкой температуре заметно влияет на ухудшение состояния поверхности раздела, в то время как воздействие условий увлажнения и сушки незначительно. Установлено, что распределение

вероятностной емкости поверхности является нормальным, а статистическая неопределенность возрастает с увеличением количества циклов воздействия окружающей среды.



Рис. 2. Испытание на сдвиг бетонных образцов, усиленных полимеркомпозитами и находящимися в агрессивной среде

На сегодняшний день проведено недостаточно экспериментальных и теоретических исследований для проектирования таких конструкций из-за вопросов по долговечности, надежности, изменению свойств материалов. Расчет усиленных железобетонных элементов в агрессивной среде – сложный вопрос из-за непостоянности степени воздействия агрессивной среды, из-за недостоверности основных параметров модели деградации. Для достоверной оценки механизмов коррозии в бетоне требуется большой объем исходной экспериментальной информации, которая может быть получена либо из натурных измерений, либо из лабораторного моделирования коррозионных процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Римшин, В. И. Экспериментальные исследования изгибаемых железобетонных элементов, имеющих повреждения арматуры вследствие контакта с хлоридной агрессивной средой / В. И. Римшин, Л. А. Сулейманова, П. А. Амелин, А. А. Крючков // Эксперт: теория и практика. – 2023. – № 3(22). – С. 138-146.
2. Римшин В.И., Сулейманова Л.А., Амелин П.А. Прочность нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов, поврежденных коррозией и усиленных внешним композитным армированием // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. - 2024. - Т. 20. - №4. - С. 331-341.
3. Сулейманова, Л. А. Развитие процессов коррозии железобетона в условиях хлоридной агрессивной среды / Л. А. Сулейманова, П. А. Амелин // Наука и инновации в строительстве : сб. докл. VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Том 1. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 131- 135. – EDN JDMRYZ.
4. Римшин, В. И., Соловьев, А. К., Сулейманова, Л. А., Амелин, П. А. Нейросетевое прогнозирование физико-механических характеристик композитных материалов используемых для усиления строительных

конструкций / В. И. Римшин, А. К. Соловьев, Л. А. Сулейманова, П. А. Амелин // Эксперт: теория и практика. – 2023. – № 4 (23). – С. 101-107.

5. Римшин, В. И. Композитное усиление железобетонных изгибаемых элементов, поврежденных под воздействием хлоридной агрессивной среды / В. И. Римшин, Л. А. Сулейманова, П. А. Амелин, Н. В. Фролов // Эксперт: теория и практика. – 2023. – № 1(20). – С. 29-34.

6. Овчинников И. Г. Расчет элементов конструкций с наведенной неоднородностью при различных схемах воздействия хлоридсодержащих сред / И. Г. Овчинников, Н. С. Дядькин. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2003. – 220 с.

7. Blikharskyu, Y.; Koppika, N.; Selejdak, J. Non-uniform corrosion of steel rebar and its influence on reinforced concrete elements' reliability / Blikharskyu, Y.; Koppika, N.; Selejdak, J. // . – 2020. – № 26. – С. 67–72.

8. Ulewicz, R.; Kleszcz, D.; Ulewicz, M. Implementation of Lean Instruments in Ceramics Industries / Ulewicz, R.; Kleszcz, D.; Ulewicz, M. // . – 2021. – № 29. – С. 203-207.

9. Choe, G.; Shinohara, Y.; Kim, G.; Nam, J. Numerical Investigation on Lateral Confinement Effects on Concrete Cracking Induced by Rebar Corrosion / Choe, G.; Shinohara, Y.; Kim, G.; Nam, J. // . – 2020. – № 13. – С. 1156.

10. Алимов, М.Ф. Исследование совместной работы цементных бетонов и композитной арматуры в изгибаемых элементах, работающих в условии действия агрессивных сред: дисс. ... канд. техн. наук / Алимов, М.Ф. ; «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева» . – , 2021. – 217 с.

11. Yail J. Kim, Mozahid Hossain, Jun Zhang. A probabilistic investigation into deterioration of CFRP–concrete interface in aggressive environments // Construction and Building Materials. Vol. 41, 2013, P. 49-59.

**Аноприенко Д.С., магистрант,
Левшин Д.Э., студент**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ САМООЧИЩАЮЩИХСЯ БЕТОНОВ

В современном мире, где проблемы экологии и загрязнения окружающей среды становятся все более актуальными, поиск новых решений для улучшения качества жизни и сохранения природы является приоритетной задачей. Одним из перспективных направлений в этой области является разработка и применение самоочищающихся бетонов. По данным Государственной программы РФ «Охрана окружающей среды» в

2023 г. общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составил 22 млн. тонн.

В связи с этим необходимо, чтобы в современном мире с помощью материалов создавались такие конструкции и сооружения, отличающиеся не только высокой несущей способностью и долговечностью, но и высокой архитектурно-декоративной выразительностью. Для сохранения долговечности конструкций, в первую очередь, необходимо сохранять и поддерживать их внешний вид. Решением данной проблемы может послужить появление и усовершенствование технологий по получению и производству новых экологически чистых строительных материалов, которые благодаря своим уникальным свойствам будут не только самоочищаться и сохранять первоначальный внешний вид, но и снижать концентрацию загрязняющих веществ и очищать воздух вокруг себя.

Создание материалов с самоочищающимися свойствами возможно за счет возникновения фотокатализа, когда загрязнители адсорбируются на поверхности материала с присутствием фотокатализатора под действием УФ света они окисляются.

В качестве фотокатализатора в силу своей высокой эффективности, доступности и относительно низкой стоимости широко используется диоксид титана. Под воздействием солнечного излучения он способен разлагать органические вещества на углекислый газ и воду. Так же диоксид титана проявляет сильную гидрофильность после воздействия ультрафиолетового излучения.

Одной из существенных проблем диоксида титана является то, что его спектр поглощения ограничен ультрафиолетом солнечной энергии, он не активен в видимом свете. Для того чтобы использовать энергию видимого излучения, необходимо расширить спектр поглощения TiO_2 , что позволит использовать солнечное излучения для протекания фотокаталитических процессов.

Основные методы, которые были предложены для активации катализатора, заключались в модификации диоксида титана с полупроводниками малой шириной запрещенной зоны. Однако, многие методы модификации требуют значительного времени, энергоемкости, дорогостоящих модификаторов, которые в конечном итоге исключают возможность промышленного производства строительных материалов. Следовательно, данные исследования необходимо сосредоточить на разработке экономически эффективных методов модификации TiO_2 [1-3].

Стекло, с точки зрения экологии, является одним из самых трудно утилизируемых отходов. Светопроницающая способность материала играет важную роль в повышении эффективности фотокаталитических реакций, позволяет выделить одним из методов увеличения фотокаталитической активности – добавление переработанного стекла в матрицу бетона. Использование стеклобоя позволит решить экологические вопросы по переработки отходов, а также позволяет получить декоративные фотокаталитические бетоны с повышенными

самоочищающимися свойствами, что в свою очередь увеличит их срок службы и даст гарантию долговечности материалов и изделий.

Декоративные бетоны обычно эксплуатируются в условиях постоянного воздействия окружающей среды, что оказывает негативное влияние на эстетичный вид и срок службы декоративных бетонов. Учитывая требования и особенность эксплуатации декоративных бетонов, выделяют наиболее важнейшие эксплуатационные характеристики, такие как стойкость бетона к воздействию агрессивной окружающей среды, а именно коррозионная стойкость, а также архитектурная выразительность на протяжении всего срока эксплуатации в условиях агрессивных воздействий окружающей среды [4-7].

Модифицирование бетона фотокатализаторами позволяет разлагать загрязняющие вещества на его поверхности, вследствие чего данный бетон становится менее подвержен разрушению под влиянием окружающей среды, что позволит получить долговечные конструкции. Такой бетон позволяет сохранять декоративность внешнего вида здания, что в свою очередь даст гарантию долговечности конструкций.

В настоящее время использование диоксида титана в качестве фотокатализатора получило наибольшее распространение, в силу его эффективности, доступности и относительной низкой стоимости.

Анализ литературных источников позволил определить, что одной из существенных проблем фотокаталитического процесса диоксида титана является его ограниченная активность в видимом свете, что делает актуальным решение вопроса в увеличении фотоактивности диоксида титана в видимой области света [8].

Высокая светопропускная способность отходов стекла, добавленного в бетон при совместной работе с фотокатализатором TiO_2 способствует повышению фотокаталитической активности. Также использование переработанного стекла в качестве заполнителя для бетона помогает решить экологические вопросы по переработки отходов.

Самоочищающиеся бетоны представляют собой перспективное направление развития строительной отрасли. Их применение может способствовать созданию более здоровой и чистой городской среды, а также снижению негативного воздействия на окружающую природу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Крушельницкая Е.А. Повышение фотокаталитических свойств декоративного бетона за счет использования отходов стеклобоя // В сб.: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. С. 184-189.

2. Погорелова И.А., Крушельницкая Е.А., Суликова В.А. Способы получения самоочищающихся бетонов с фотокаталитическими свойствами // В сб.: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов

V Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Белгород, 2021. С. 197-201.

3. Сулейманова Л.А., Малокова М.В., Слепухин А.С., Крушельницкая Е.А., Толстой А.Д. Влияние модифицирующей добавки с гидрофобизирующим эффектом на повышение эксплуатационных характеристик вибропрессованных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 9. С. 8-13.

4. Сулейманова Л.А., Малокова М.В., Крушельницкая Е.А. Высокопрочные декоративные бетоны // В сб.: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова). 2018. С. 422-425.

5. Сулейманова Л.А., Малокова М.В., Корякина А.А. К вопросу о разработке единой методики по оценке декоративности бетона // В сб.: Инновации в строительстве. Материалы международной научно-практической конференции (к 90-летию БГИТУ). 2019. С. 120-125.

6. Сулейманова Л.А., Малокова М.В., Корякина А.А. Декоративные бетоны в архитектурной геонике // В сб.: 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.

7. Сулейманова Л.А., Гридчин А.М., Малокова М.В., Морозова Т.В. Повышение архитектурной выразительности плит бетонных тротуарных // В сб.: Наукоемкие технологии и инновации. Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 347-353.

8. Лукутцова Н.П., Постникова О.А., Пыкин А.А., Ласман И.А., Солодухина М.Ю., Бондаренко Е.А., Сулейманова Л.А. Эффективность применения нанодисперсного диоксида титана в фотокатализе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова 2015. № 3. С. 54-57.

Булгаков И.А., студент

Научный руководитель: ассистент

Булгакова И.Н.

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

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Нанотехнологии представляют собой одно из самых перспективных и быстро развивающихся направлений науки и техники, которое находит все более широкое применение в различных отраслях, включая строительство. В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к наноматериалам, которые обладают уникальными свойствами и могут

существенно изменить подходы к проектированию и возведению зданий. Введение нанотехнологий в строительный сектор открывает новые горизонты для создания более эффективных, устойчивых и экологически чистых решений, что делает данную тему особенно актуальной в условиях современного мира, где вопросы устойчивого развития и охраны окружающей среды становятся все более важными.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью поиска инновационных решений для повышения качества и надежности строительных проектов. Традиционные строительные материалы, такие как бетон и сталь, имеют свои ограничения, связанные с прочностью, долговечностью и экологическими характеристиками. В то же время, наноматериалы, такие как аэрогель, нанобетон, наносталь и наностекло, предлагают новые возможности для улучшения этих показателей. Например, аэрогель, обладая низкой плотностью и высокой теплоизоляцией, может значительно снизить энергозатраты на отопление и кондиционирование зданий. Нанобетон, благодаря своей высокой прочности и долговечности, способен продлить срок службы конструкций и уменьшить необходимость в ремонте и реконструкции. В данной работе будет рассмотрен ряд ключевых тем, связанных с применением нанотехнологий в строительстве [1].

Современное строительство сталкивается с требованиями к повышению качества материалов, увеличению их прочности и долговечности, а также снижению экологического следа. В этом контексте наноматериалы, такие как аэрогели и нанобетоны, становятся важным компонентом строительной индустрии. Эти материалы обладают уникальными физическими и химическими свойствами, которые можно использовать для создания более эффективных конструкций [2].

Аэрогели – это легкие и пористые материалы, которые содержат более 90 % воздуха. Их особая структура обеспечивает низкую теплопроводность, что делает аэрогели превосходными теплоизоляторами. В то же время, они сохраняют высокую прочность при минимальной массе. Эти свойства позволяют использовать аэрогели в строительстве для изоляции зданий, что приводит к снижению потребности в энергии для обогрева и охлаждения. Кроме того, аэрогели применяются в качестве компонентов в композитах, улучшая их характеристики [3].

Нанобетон, представляющий собой бетоны, в которых используются наноразмерные добавки, отличается высокой прочностью и долговечностью. Применение наночастиц, таких как кварц или гипс, позволяет улучшить свойства бетона, увеличивая его устойчивость к химическим воздействиям и водонепроницаемости. В результате сооружения, выполненные с использованием нанобетона, имеют более длительный срок службы и снижают вероятность образования трещин.

Еще одной важной группой наноматериалов, используемых в строительстве, являются наноцеллюлоза и нановолокна. Эти материалы служат укрепляющими добавками в строительных смесях. Их

использование увеличивает прочность и эластичность, что особенно важно для создания устойчивых конструкций, способных выдерживать значительные нагрузки. При этом наноцеллюлоза является биоматериалом, что способствует экологической устойчивости.

Наноструктурированные поверхности также находят применение в строительной индустрии. Например, использование наноалюминия в покрытиях может обеспечить водоотталкивающие и грязеотталкивающие свойства, что значительно упрощает процессы обслуживания зданий. Такие поверхности легче чистить, и они обладают повышенной долговечностью, что благополучно сказывается на сроке эксплуатации материалов.

Свойства наноматериалов могут варьироваться в зависимости от метода их получения и модификации. К примеру, внедрение специфических добавок и компонентов может изменять реакцию материалов на внешние условия, влияя на их прочность, устойчивость к воздействию окружающей среды или активацию восстановительных процессов. Таким образом, точная настройка свойств материала позволяет создать оптимальные решения для различных строительных задач.

Применение наноматериалов возможно не только в рамках новой застройки, но и в ремонте и реставрации старых зданий. Использование аэрогелей и нанобетонных композиций при восстановлении исторических конструкций может значительно повысить их прочность и устойчивость к внешнему воздействию, сохраняя при этом первоначальный эстетический и архитектурный ценности объектов [4].

Несмотря на значительные преимущества, внедрение наноматериалов сталкивается и с некоторыми техническими и организационными сложностями. Среди них можно выделить высокую стоимость разработки и производства, недостаточную изученность долгосрочных эффектов воздействия на здоровье и окружающую среду. Применение новых технологий требует тщательной оценки не только с точки зрения доступа, но и безопасности на разных этапах – от производства до эксплуатации.

Использование нанотехнологий в строительстве связано с рядом технических вызовов и ограничений, которые необходимо учитывать при проектировании и реализации строительных объектов. Во-первых, создание наноматериалов требует высоких затрат на исследования и разработки. Процесс получения, синтеза и тестирования наноматериалов достаточно сложен и может занять много времени. Это порождает необходимость в интеграции знаний различных областей науки и техники, что увеличивает временные и финансовые затраты на реализацию новых проектов.

Следующим вызовом становится стандартизация наноматериалов. К концу 2020-х гг. многие страны и профессиональные объединения продолжают разрабатывать стандарты для использования нанотехнологий в строительстве. Отсутствие четких норм и стандартов может затруднять

инновационные процессы, приводить к правовым последствиям и увеличению рисков для подрядчиков и заказчиков.

Еще одной проблемой является масштабируемость. Большинство разработанных наноматериалов проходят успешные испытания на малых образцах, но переход к полноценной реализации на крупных строительных объектах требует дополнительных исследований. Не всегда удастся обеспечить одинаковое качество и эффективность наноматериалов в условиях массового производства. Требуется обеспечить контроль над процессами постройки, чтобы предотвратить возможные технологии, отличающиеся по свойствам от опытных образцов [5].

Наиболее существенным ограничением для внедрения нанотехнологий в строительство служит понимание их долгосрочного влияния на окружающую среду и здоровье человека. Всесторонние исследования на этот счет требуют времени и значительных финансовых вложений. Наночастицы, обладая уникальными свойствами, могут вести себя непредсказуемо. Поэтому необходимо учитывать возможные негативные эффекты на здоровье работников, а также на конечных потребителей зданий и сооружений.

В заключение данной работы можно с уверенностью утверждать, что нанотехнологии представляют собой один из самых перспективных и революционных направлений в строительной отрасли, способных значительно изменить подходы к проектированию, возведению и эксплуатации зданий. В ходе исследования было выявлено, что использование наноматериалов, таких как аэрогель, нанобетон, наносталь и наностекло, открывает новые горизонты для повышения качества и надежности строительных объектов. Эти материалы не только обладают уникальными физико-химическими свойствами, но и обеспечивают значительные преимущества в области теплоизоляции, прочности и долговечности, что в свою очередь способствует созданию более устойчивых и энергоэффективных зданий.

Экологические преимущества, связанные с применением нанотехнологий, также заслуживают особого внимания. Использование наноматериалов позволяет значительно снизить потребление ресурсов и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Например, нанобетон, благодаря своей высокой прочности и долговечности, требует меньшего количества материалов для достижения тех же конструктивных характеристик, что в свою очередь снижает объемы добычи и переработки сырья. Это создает возможность для более рационального использования природных ресурсов и уменьшения углеродного следа строительных проектов [6].

Однако, несмотря на все преимущества, существует ряд экономических и технических вызовов, которые необходимо преодолеть для массового внедрения нанотехнологий в строительстве. Высокая стоимость производства и недостаток знаний о новых материалах могут стать серьезными препятствиями на пути к их широкому применению.

Важно отметить, что для успешного преодоления этих ограничений необходимо активное сотрудничество между научными учреждениями, производителями и строительными компаниями. Это сотрудничество может способствовать не только обмену знаниями и опытом, но и созданию новых стандартов и нормативов, которые будут учитывать особенности применения наноматериалов в строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов А.С. Наноматериалы в строительстве: новые горизонты // Строительные технологии, 2021. № 3 С. 12–18.
2. Нанотехнологии и устойчивое развитие в строительстве // Архитектура и строительстве, 2023. № 2 с. 75–83.
3. Петров В.Л., Сидорова Н.И. Применение нанотехнологий для улучшения свойств строительных материалов // Журнал строительных наук, 2020. Т. 45. – № 2 с. 25–30.
4. Ковалев С.И. Влияние наночастиц на характеристики строительных растворов // Научный вестник строительного университета, 2021. Т. 39 с. 67–73.
5. Смирнова Т.А., Егоров П.И. Эффективность использования наноматериалов в современном строительстве // Проблемы и перспективы развития строительства, 2020. Т. 44 с. 22–28.
6. Наумов А.Е., Ашихмин Э.А., Фадин Ю.М., Плужников Н.А., Медведев С.В. Инновационные технологии в строительстве, Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2023.197-202 с.

**Кикалишвили Е. Н., аспирант,
Газиев Х. Х., магистрант,
Бударный Н. П., магистрант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Загороднюк Л. Х.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К СИСТЕМАМ ВЕНТИЛЯЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Развитие науки и техники наряду с улучшением жизненного уровня людей, обеспечивает работу на промышленном производстве без потерь и без вредного воздействия, а также облегчает организацию охраны окружающей среды. Практика показывает, что пренебрежение вентиляцией, ее низкая эффективность неминуемо влекут за собой потери во всех с нею связанных областях. В то же время правильно продуманная и качественно эксплуатируемая вентиляция позволяет получить большую экономию, используя ее резервы в области потенциального снижения расхода электрической и тепловой энергии. Отношение к вентиляции

становится показателем технической грамотности современных руководителей [1].

Как свидетельствует практика, типовая вентиляционная система с рассредоточенной раздачей приточного воздуха через расположенные наверху воздуховоды и вытяжкой через нижние каналы, оказывается в данном случае малоприменимой ввиду громоздкости и практической неуправляемости. Кроме того, общим, характерным недостатком существующих систем вентиляции подавляющего большинства производственных цехов является стабильность схемы организации воздухообмена, которая не изменяется по сезонам года, что приводит к неодинаковой эффективности в зимний и летний периоды. Необходимость в изменении схемы организации воздухообмена в зависимости от наружных климатических условий, характера и места выделения тепла, влаги и газов определена ролью вентиляции в конкретный момент, когда количество вентиляционного воздуха назначено из условия либо обогрева, либо ассимиляции теплоизбытков.

В течение года происходит непрерывное изменение конкретной для данного периода функции вентиляции, вызванное увеличением либо дефицита теплоты, либо объема тепло или газоизбытков. Поэтому существуют периоды, когда действующая аэродинамическая схема воздухообмена отрицательно влияет на эффективность работы системы вентиляции [3]. Исходя из вышеизложенного была разработана новая система вентиляции крупногабаритных производственных цехов, позволяющий устранить отмеченные недостатки, повышающий надежность и качество вентиляции, при одновременном снижении энергозатрат.

Это достигается тем, что систему вентиляционных каналов, приточных и вытяжных отверстий и вентиляторов, выполняют так, что свежий воздух заполняет всю верхнюю часть объема помещения, создавая воздушную демпферную подушку чистого воздуха, а загрязненный воздух отсасывают из нижней части объема помещения. Частоту переключений каналов регулируют по параметрам воздуха в рабочей зоне. Вентиляционные каналы выполняют из теплоемкого материала или устанавливают в них теплоаккумулирующие элементы, при этом часть загрязненного воздуха отсасывают из нижних зон вентилируемого помещения через нижние полости приточно вытяжных каналов. На рис. 1, *a* приведено схематическое изображение размещения вентиляционного оборудования в цехе; на рис. 1, *б* – размещение вентиляционного оборудования в разрезе А А цеха; на рис. 1, *в* – вид совмещенного канала в разрезе Б Б. Система вентиляции включает в себя ряд параллельных разомкнутых по оси помещения 1 воздухопроводов 2 разделенных по высоте посредством теплопроводной перегородки 3 на два изолированных канала: основной вентиляционный канал 2а с приточными 4 и вытяжными 5 отверстиями, оборудованными воздушными заслонками 6, и нижней полостью 2б с отверстиями 7 для постоянного отсоса из нижней зоны помещения примерно 30% загрязненного воздуха.

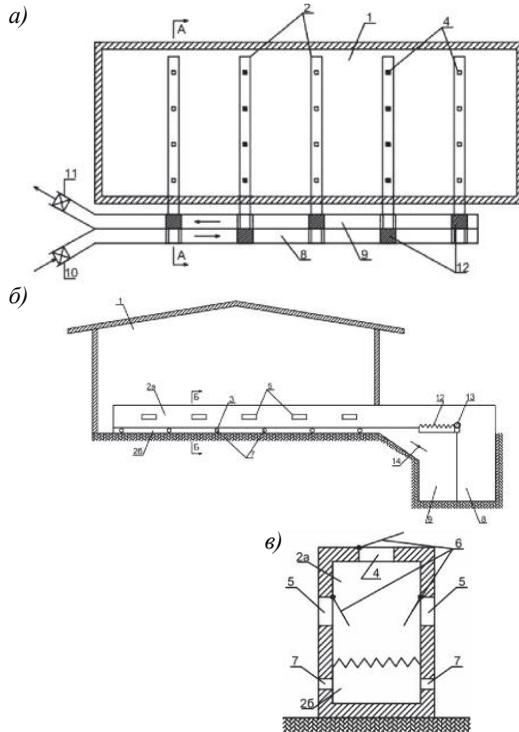


Рис. 1. Схематическое размещение оборудования вентиляционной системы: *а* – в плане цеха; *б* – схематическое размещение вентиляционного оборудования в разрезе А-А цеха; *в* – общий вид совмещенного канала в разрезе Б-Б цеха: 1 – помещение цеха; 2 – воздухопроводы; 2а – вентиляционные каналы; 2б – нижняя полость; 3 – теплопроводные перегородки; 4 – приточные отверстия; 5, 7 – вытяжные отверстия; 6 – заслонки; 8 – приточный канал; 9 – вытяжной канал; 10 – приточная вентиляционная камера; 11 – вытяжная вентиляционная камера; 12 – воздушная заслонка; 13 – привод; 14 – регулировочный клапан

Воздуховоды 2 выполняют из теплоемкого материала и прокладывают в помещении цеха 1 на нулевой отметке. Подачу свежего наружного воздуха в цех осуществляют по сборному приточному каналу 8, а удаление загрязненного по сборному вытяжному каналу 9, оборудованные соответственно: приточным 10 и вытяжным 11 вентиляционными камерами. Причем канал 8 работает постоянно на приток, а канал 9 постоянно на вытяжку, и прокладывают их ниже нулевой отметки помещения цеха [4].

Основные вентиляционные каналы 2а связаны с сборным приточным 8 и сборным вытяжным 9 каналами посредством воздушных заслонок 12, оборудованных приводом 13 для переключения каналов. Как видно на рис 1, а, заслонками 12, попеременно перекрывают сообщение между приточно

вытяжными каналами $2a$ обеспечивая таким образом переменную работу каналов $2a$. Нижняя полость приточно вытяжных каналов $2a$ имеет постоянное сообщение со сборным вытяжным каналом 9 через регулировочный клапан 14 . [5].

Вентиляционная система работает следующим образом.

Свежий наружный воздух через сборный приточный клапан 8 вентиляционные каналы $2a$ и приточные отверстия 4 подают в помещение 1 .

Загрязненный воздух из нижней части объема помещения 1 (рабочая зона) через вытяжные отверстия 5 , вентиляционный канал $2a$, сборный вытяжной канал 9 выбрасывают в атмосферу. При этом, примерно 30% загрязненного воздуха постоянно отсасывают из нижней части объема помещения 1 через вытяжные отверстия 7 , специальные вытяжные каналы $2б$, сборный вытяжной канал 9 и выбрасывают в атмосферу. Каждый из вентиляционных каналов $2a$, благодаря периодическому групповому переключению воздушных заслонок 12 работает попеременно то на приток, то на вытяжку, при этом частоту переключений каналов $2a$ на приток и вытяжку регулируют по параметрам воздуха в рабочей зоне. Переключение заслонок производится автоматически по заданной программе с использованием электроблокировки.

При работе каналов $2a$ на приток заслонками 6 закрывают вытяжные отверстия 5 и свежий приточный воздух через приточные отверстия 4 подают в верхнюю часть объема помещения 1 создавая воздушную демпферную подушку чистого воздуха, нагнетаемого из нее в рабочую зону. [2].

При работе каналов $2a$ на вытяжку заслонками 6 закрывают приточные отверстия 4 и загрязненный воздух отсасывают из нижней части помещения через вытяжные отверстия 5 , обеспечивая прямоточное движение воздуха из демпфера к вытяжным отверстиям.

Попеременная работа вентиляционных каналов $2a$ в холодное время обеспечивает, нагрев стенок канала за счет частичного аккумулирования ими теплоты

Другой возможностью повышения коэффициента регенерации является удлинение периода (цикла). Расчет колебания температуры стенки показывает реальность этого варианта. При удлинении цикла надо учитывать меняющуюся во времени температуру приточного воздуха. Оптимальные значения времени на приток и времени на вытяжку в зависимости от наружной температуры и заданных параметров воздушной среды в цехе должны быть выявлены в процессе освоения системы. [5].

Обеспечению более эффективного использования теплоты вытяжного воздуха способствует так же наличие постоянных вытяжных каналов $2б$, расположенных под основными вентиляционными каналами $2a$.

Попеременная работа каналов $2a$ на приток и на вытяжку, дает возможность периодически изменять направление циркуляции воздушных потоков в рабочей зоне цеха, а это, благодаря лучшему перемешиванию воздуха, уменьшает опасность застойных зон воздуха.

Введя асимметричность цикла (когда время на приток не равно времени на вытяжку) и варьируя количеством каналов и отверстий, одновременно работающих на приток и вытяжку, можно осуществлять управление работой системы, приспособлявая ее к требуемому режиму микроклимата и внешним условиям. Данная статья дополнит перечень научно технических статей и надеюсь станет пособием для специалистов строительной отрасли и студентов высших учебных заведений, обучающихся строительным специальностям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л. А., Рябчевский И. С., Атапина Н. А. Совместное моделирование ограждающих конструкций зданий // Университетская наука. 2021. № 1 (11). С. 77–79.
2. Козлов, А. А., Семенов, Д. В. Инновационные технологии вентиляции в условиях современного производства. / Козлов, А. А., Семенов, Д. В. // Вестник науки и образования. 2021. № 10(2). С. 45-51.
3. Петров, И. Ф., Сидорова, Н. Н. Современные методы расчета и проектирования вентиляционных систем на промышленных объектах. / Петров, И. Ф., Сидорова, Н. Н. // Журнал воздухообеспечения и вентиляции. – 2020. – № 5(3). – С. 32-38..
4. Смирнов, В. И. Энергоэффективные решения для вентиляции в производственных помещениях. / Смирнов, В. И. // Энергетика и строительство, . – 2019. – № 8(4). – С. 22-27.
5. Тихомиров, Е. С., Павлова, А. В. Автоматизация вентиляционных систем: от разработки до внедрения. / Тихомиров, Е. С., Павлова, А. В. // Научные исследования в области HVAC. – 2022. – № 11(1). – С. 50-56.

**Кикалишвили Е. Н., аспирант,
Газиев Х. Х., магистрант,
Бударный Н. П., магистрант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Загороднюк Л. Х.**

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК В ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

Еще в древности было известно, что смешением воздушной извести с вулканическим туфом можно получить гидравлически твердеющее вяжущее. Задолго до нашей эры греки для изготовления стойких в пресной и морской воде гидравлических растворов применяли туф – горную породу Санторинского месторождения, а римляне – вулканический туф с месторождения Пощуоли.

Такие добавки в последующем и были названы пуццоланами, а цементы, их содержащие, – пуццолановыми. Активными минеральными добавками (АМД) называют природные и искусственные материалы, которые при смешивании их в тонкоизмельченном виде с воздушной известью придают ей свойства гидравлического вяжущего вещества, а в смеси с цементом повышают его водо- и сульфатостойкость [1].

В настоящее время к пуццолановым материалам проявляется повышенный интерес, поскольку их использование позволяет снизить общее воздействие на окружающую среду и стоимость вяжущего (при снижении доли клинкера в составе портландцемента). Использование пуццоланов уменьшает выбросы углекислого газа на тонну продукции, а также может улучшить различные физические свойства получаемых композиционных вяжущих и бетонов.

Различные типы природных и искусственных АМД характеризуются разной пуццоланической активностью, различающейся в зависимости от особенностей данных материалов. Поэтому исследование способности материалов вступать в реакцию с гидроксидом кальция является важным в выборе типа и содержания АМД.

В некоторых странах в холмогорьях, бывают сосредоточены огромные запасы цеолитовых пород. Анализируя многочисленные исследования, проведенные по данной тематике статьи можно сделать вывод, что цеолиты представлены в основном клиноптилолитом с 15-90 % содержанием основного минерала и соотношением $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 = 8-11$ [3]. Результаты химического, рентгенофазового и дифференциально-термического анализа образцов цеолитов показывают их высокую стойкость к термическому и химическому воздействию, а также возможность их использования в качестве сорбентов и активных минеральных добавок в строительных материалах.

В данной статье разберем исследования проведенные в институте сейсмологии [1]. В качестве АМД использованы природные цеолитсодержащие породы и техногенные отходы термоаргиллитовой пыли керамзитового завода. Запасы цеолитсодержащих пород составляют более 30 млн. тонн. Они лежат на поверхности и находятся недалеко от железной дороги, что является благоприятным условием для промышленного освоения этого месторождения. Исследования показали, что месторождение цеолитовых туфов представляют собой алюмосиликат с каркасной структурой. Они представлены в основном анальцитом с 47 %-м содержанием основного минерала и соотношением $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 3,58$. По катионному составу породы содержат Na, Ca, Mg, K и Fe в значительном количестве. Термоаргиллитовая пыль представлена β -кварцем, иллитом и полевым шпатом с небольшим содержанием каолинита, соотношением $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 3,49$ [2].

Целью данного эксперимента было установление пуццоланической активности тонкодисперсных местных минеральных компонентов различной природы по способности поглощения добавками извести из

известкового раствора для получения композиционного вяжущего. Методика проведения эксперимента институтом сейсмологии заключается в следующем: 2 г добавки переносят в градуированный цилиндр (емкостью 100 см³), в который затем добавляют 100 мл насыщенного раствора извести (с концентрацией 1,05-1,15 г СаО на 1 л) и содержимое энергично взбалтывают. Через 2 сут. из цилиндра для титрования отбирают 50 мл раствора и титруют 0,05 Н раствором НС1, применяя индикатор метиловый оранжевый. Титрования проводят каждые 2 дня в течение 30 сут при нормальных условиях ($T = 20-25\text{ }^{\circ}\text{C}$). После каждого титрования в цилиндр добавляют 50 мл раствора извести. Количество СаО, поглощенное 1 г добавки от начала опыта, рассчитывается по суммарному количеству СаО, поглощенного за все время испытаний.

С целью выявления влияния на гидравлическую активность анальцима и алюмосиликатов цеолитсодержащей добавки ее сушили при температуре 105 °С и обжигали при температуре 600 и 700°С. Вопросы действия высоких температур на активность алюмосиликатных материалов мало изучены. Поэтому исследовали влияние высокотемпературного обжига цеолитсодержащей породы при 800 и 900°С. Кроме того в работе исследовалось возможность использования в качестве АМД обожженной термоаргиллитовой пыли – отхода производства термоаргиллитового гравия. Исследуемые отходы производства термоаргиллитового гравия представляют собой мелкий порошкообразный обожженный материал с циклонов печи обжига термоаргиллита. Сырьем для производства термоаргиллитового гравия является аргиллит. Получение товарной продукции осуществляется путем обжига аргиллита во вращающихся печах при температуре 1050-1250 °С [4].

Определения пуццоланической активности минеральных добавок по поглощению СаО приведены на рис. 1, 2.

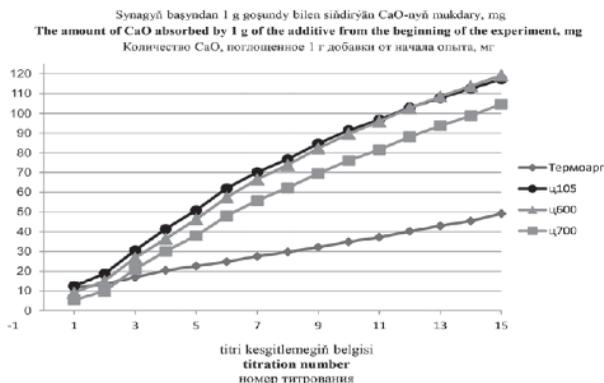


Рис. 1. Активность минеральных добавок по поглощению СаО из известкового раствора

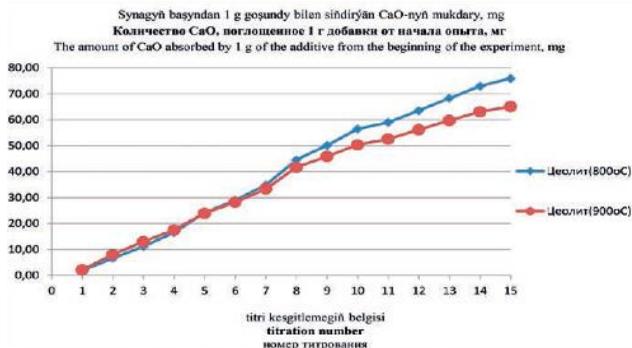


Рис. 2. Активность цеолитсодержащих добавок по поглощению CaO из известкового раствора при высокотемпературной обработке

Полученные результаты показывают, что за 30 сут термоаргиллитовая пыль поглощает 49 мг/г, обожженный при 700 °С цеолит – 105 мг/г, высушенный при 105 °С цеолит – 117 мг/г, обожженный при 600 °С цеолит – 119 мг/г (рис. 1). При высокотемпературной обработке обожженный при 900 °С цеолит поглощает 65 мг/г, а обожженный при 800 °С цеолит – 75,9 мг/г (рис. 2).

Таким образом наибольшей активностью по поглощению CaO обладает цеолитсодержащая порода, обработанная при температурах 105 и 600 °С. Наименьшей активностью обладает обожженная термоаргиллитовая пыль. В ряду убывания пуццоланической активности по поглощению CaO прокаленные при высоких температурах цеолитсодержащие добавки располагаются в следующем порядке: 700, 800 и 900 °С. [5].

По результатам исследований пуццоланической активности методом поглощения добавкой извести из известкового раствора было установлено, что цеолитсодержащую породу можно отнести к минеральным добавкам с высокой пуццоланической активностью, а термоаргиллитовую пыль – со средней пуццоланической активностью. По результатам исследований было выявлено, что высокотемпературный обжиг алюмосиликатных материалов не способствует повышению пуццоланической активности, необожженный цеолит имеет более высокую активность в начальные сроки, что имеет немаловажное значение. [6].

Цеолитсодержащие породы с невысоким содержанием анальцима и термоаргиллитовая пыль могут быть использованы в качестве активной минеральной добавки в производстве композиционных вяжущих для цементных бетонов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дьяконов, В. Я., Костина, Н. Н. Влияние минеральных добавок на свойства композиционных вяжущих / Дьяконов, В. Я., Костина, Н. Н. // Строительные материалы.. – 2020. – № 12(3). – С. 74-78..

2. Кузнецов, А. В., Сергеева, И. С. Использование вторичных минеральных добавок в бетонах. / Кузнецов, А. В., Сергеева, И. С. // Конструкционные материалы. – 2019. – № 15(2). – С. 95-100..

3. Баранов, И. Г. Композиционные вяжущие: состав и свойства. / Баранов, И. Г. // Журнал строительных материалов и технологий. – 2021. – № 7(1). – С. 45-52.

4. Петрова, Т. А. Перспективы применения минеральных добавок в строительстве./ Петрова, Т. А. // Научные исследования в строительстве. – 2022. – № 23(4). – С. 112-117..

5. Фролов, С. П., Серов, Е. И. Влияние типа минеральных добавок на прочностные характеристики цементов. / Фролов, С. П., Серов, Е. И. // Цемент и его компоненты. – 2018. – № 11(2). – С. 65-70..

6. Шахова, Д. Д., Черноситова, Е. С., Денисова, Ю. В. Исследование влияния технологических добавок на реологические свойства цементного порошка / Д. Д. Шахова, Е. С. Черноситова, Ю. В. Денисова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №10. 2017. – С. 123.

**Кикалишвили Е. Н., аспирант,
Газиев Х. Х., магистрант,
Бударный Н. П., магистрант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Загороднюк Л. Х.**

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

ЗАЩИТА ЗДАНИЙ ОТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С СИЛЬНЫМ ДЕЛЬТАОБРАЗНЫМ ИМПУЛЬСОМ ВОЛНЫ

В данной статье проведем анализ сейсмограммы землетрясения с катастрофическими последствиями, произошедшего 6 февраля 2023 г. в Турция, выявил наличие на сейсмограмме сильнейшего дельтаобразного импульса S волны. Как показано в работе [1], дельтаобразный импульс соответствует пику, имеющему максимум на нулевой частоте, что делает большинство классических сейсмоизолирующих устройств непригодными, а иногда даже опасными при появлении дельтаобразных импульсов. Возникает вопрос, как обеспечить защиту зданий и сооружений от сильнейших кратковременных сейсмических импульсов. Очевидно, это антисейсмические подушки на основе неорганических метаматериалов, расположенные под фундаментом объекта.

Целью данной статьи является антисейсмическая защита за счет создания антисейсмической подушки, расположенной под фундаментом защищаемого объекта, препятствующей дифракции дельта образных импульсов через фундамент к основным конструкциям здания или сооружения [2].

Указанная цель достигается за счет того, что антисейсмическая подушка, обладающая защитными свойствами, находится непосредственно под его фундаментом. Антисейсмическая подушка в плане должна выступать за границы фундамента на 0,35-0,7 м. в каждом направлении, в зависимости от балльности площадки; при этом для площадки с девятибалльной сейсмичностью – размер выступа – 0,35 м, а для десятибалльной площадки – размер выступа – 0,7 м. Это связано с амплитудой горизонтальных колебаний при землетрясениях. С помощью выступов за границы фундамента здание может смещаться по подушке во все стороны. Толщина подушки для защиты от *S* волн выполняется в диапазоне 0,15-0,45 м на основании расчетов, в зависимости от местных геологических условий, балльности площадки строительства, доминирующих частот в спектре ускорений и частоты, отвечающей пиковым ускорениям (PGA), а также высоты сооружения, (табл. 1). При высоте зданий более 180 м. или строительстве зданий высотой более 30 м в зонах десятибалльных землетрясений, антисейсмическая подушка должна состоять из двух или более, акустически контрастных, слоев метаматериалов с суммарной толщиной, определяемой по расчету.

Таблица 1

Толщины антисейсмических подушек в зависимости от балльности площадки и высоты гражданских и общественных зданий с гарантированным уменьшением амплитуд колебаний не менее чем в 2 раза

Высота здания, м	Балльность площадки по МСК-64	Толщина подушки, м
1	2	3
< 30	9	0,15
	9,5	0,20
	10	0,25
30-60	9	0,20
	9,5	0,25
1	2	3
60-90	9	0,25
	9,5	0,3
90-120	9	0,3
	9,5	0,35
120-150	9	0,35
	9,5	0,4
150-180	9	0,45

Верхний край антисейсмической подушки устанавливается на одном уровне с нижней поверхностью фундамента. Эффективность антисейсмической защиты достигается за счет модификации физических свойств материала антисейсмической подушки, что приводит к отражению и диссипации энергии объемных сейсмических волн, причем материал антисейсмической подушки выбирается таким образом, чтобы обеспечить как разность акустических импедансов подстилающего слоя грунта и

подушки, так и диссипирующие свойства материала внутри подушки. Такие материалы, существенно ослабляющие энергию волн, обладают свойствами широкодиапазонных фононных кристаллов. Для обеспечения диссипации энергии внутри материала подушки должны применяться метаматериалы с различными объемными и сдвиговыми упругими модулями при компрессии и декомпрессии (бимодульные материалы). Кроме того, метаматериалы, применяемые для антисейсмических подушек, должны обеспечивать малые когезионные свойства (до 7,5 МПа) и малые углы внутреннего трения (до 15 град). Эффективная плотность таких материалов должна быть как минимум в полтора раза меньше, чем плотность окружающего грунта. В то же время, по прочностным свойствам при компрессионном нагружении, метаматериалы должны выдерживать давление до 135 КПа, определяемое формулой $4.5g\rho h + 35$ КПа при $g = 9,8$ м/с², $\rho = 2,2$ т/м³ и $h = 1$ м (ρ – плотность подстилающего слоя грунта, h – высота столба единичной длины в грунте). Давление 135 КПа. отвечает сумме давлений от пикового ускорения (PGA) 4,5 г, связанного с приходом компрессионной фазы S волны большой интенсивности, отвечающей землетрясению 9,5 балла, и допустимому давлению в 35 КПа под подошвой фундамента для грунтов классов А-С. При этом давлении метаматериал должен выдерживать до $N = 3 \cdot 10^3$ циклов сдвиговых деформаций с амплитудой $a = 0,5$ м, что соответствует $n = 20$ сильным землетрясениям интенсивности 9,5 балла, включая возможные форшоки и афторшоки большой интенсивности, продолжительностью $t = 30$. с каждой, на частоте $w = 10$ Гц ($N = ntw$). В этих условиях износ метаматериала не должен превосходить 30 % [3].

Таким образом, обеспечивается долговечность материала подушек, сравнимая или превосходящая срок службы самого сооружения. Частотный диапазон, в котором антисейсмические подушки должны уменьшать энергию сейсмических волн, определяется либо по спектрограммам землетрясений, характерных для территории строительства, либо выбираться в диапазоне 3-15 Гц. для объектов общегражданского строительства и 2-35 Гц. для сооружений повышенной ответственности (реакторные блоки АЭС, здания ТЭЦ, опоры мостов и т.д.). На рис. 1 представлен вид на антисейсмическую подушку сверху (в плане).

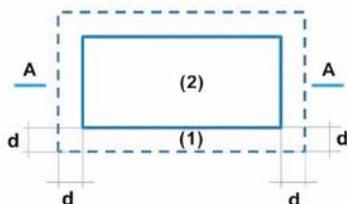


Рис. 1. Антисейсмическая подушка, вид сверху (план)

Антисейсмическая подушка (1) представляет собой геометрическую фигуру, подобную конфигурации фундамента сооружения (2) и выступающую за границы фундамента на расстояние d , составляющее 0,35 м. при исходной балльности площадки 9 баллов, на 0,55 м при исходной балльности площадки 10 баллов. На рис. 2 изображен разрез (А-А) – антисейсмическая подушка (1) толщиной h погружена в поверхностный слой грунта (3). Рассмотрим принцип работы антисейсмической подушки для гражданских или общественных зданий высотой менее 30 м. находящихся в зоне возможных девятибалльных землетрясений и стоящих на песчаном грунте (или гравийно-песчаной подушке) плотностью 1800 кг/м^3 класса С. Параметры антисейсмической подушки для этого сооружения подбираются по первой строке табл. 1.

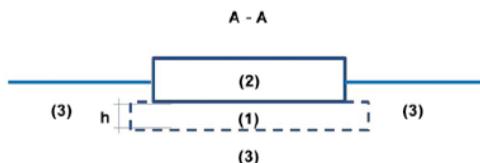


Рис. 2. Антисейсмическая подушка, разрез А – А

Таким образом, для этого сооружения антисейсмическая подушка должна быть выполнена из слоя метаматериала толщиной 0,15 м. и должна выступать за пределы фундамента на 0,35 м. Верхняя поверхность антисейсмической подушки должна располагаться непосредственно под подошвой фундамента. При взаимодействии объемных волн с антисейсмической подушкой происходит отражение энергии сейсмических волн за счет разности акустических импедансов материала подушки и свойств подстилающего грунта, а также диссипация энергии S волн в метаматериале подушки, что обеспечивает уменьшение амплитуды рефрагированных в фундаментные конструкции S волн во всем частотном диапазоне 3-15 Гц. в 2-4 и более раза. Отраженные от антисейсмической подушки волны направляются в обратном направлении вглубь Земли [4].

Необходимо отметить, что кинетическая энергия волнового поля является квадратичной функцией амплитуды. Проведенные исследования показывают, что с помощью антисейсмической подушки можно получить уменьшение кинетической энергии сейсмических волн в защищаемой территории в 8-9 раз во всем частотном диапазоне 3-15 Гц. [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Karakozova A., Kuznetsov S., Mondrus V. and Bratov V. The devastating 06.02.2023 Turkey – Syria earthquake of extreme intensity XI: Aposteriori estimates and damage prevention // E3S Web of Conf., 2023, vol. 410, Article 03001, pp. 1-8.

2. Клюев А.В., Пикалова Е.К. Технология усиления конструкций углеволокном // Сборник Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород. – 2013. – С. 33 – 37.

3. Халелова, А. К. Обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений / А. К. Халелова. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 46 (336). – С. 40-44.

4. Поляков В. С., Килимник Л. Ш., Черкашин А. В. Современные методы сейсмозащиты зданий. – М.: Стройиздат. 1989.

5. Муселемов Х.М., Устарханов О.М., Юсупов А.К. Статистический анализ акселерограмм реальных сильных землетрясений // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2017, №4. С. 170 – 183.

**Кикалишвили Е. Н., аспирант,
Газиев Х. Х., магистрант,
Бударный Н. П., магистрант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Загороднюк Л. Х.**

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

БЕТОННОЕ ПОЛОТНО: ПРОЧНОСТЬ, ГИБКОСТЬ, ПРОСТОТА

Бетон – это незаменимый материал, который используют при строительстве самых разных зданий и сооружений. Однако основным недостатком бетонных работ являются большие затраты на труд и гибкость формы. Особенно бетон невыгоден для содержания и ремонта гидротехнических сооружений.

В последние годы в Англии, Бельгии, России и других промышленно развитых странах при строительстве жилых домов, гидросооружений, автомобильных трасс применяют наряду с бетоном инновационный строительный материал с цементной смесью – бетонное полотно. Это эластичный материал, пропитанный раствором бетона и застывающий после его увлажнения водой. На поверхности полотна формируется тонкий, но твердый, жаростойкий, не пропускающий воду бетонный слой.

Основа бетонирующего состава – песчано-цементная смесь, которая размещена между слоями полотна, созданного не с использованием ткацкого метода, а при помощи термической и механической обработки. Такая ткань содержит трехмерные волокна, насыщенные сухой смесью бетона, полученной по специальной технологии. Из-за ориентации их расположения сразу после намачивания материал начинает твердеть [3].

Бетонное полотно состоит из волокнистой впитывающей влагу поверхности, укрепляющей волоконной матрицы, сухой бетонной смеси и водонепроницаемой подкладки из поливинилхлорида (ПВХ). В России налажено производство рулонного бетонного полотна, которое широко

применяется в основном в строительстве трубопроводов, гидротехнических сооружений и для создания долговечного и качественного дорожного покрытия. Монтаж бетонного полотна проводится быстро, удобно и экономично.

Одно из преимуществ полотна в том, что его можно стелить даже на неподготовленную поверхность. Благодаря своей гибкости оно плотно «облегает» все неровности и сглаживает выемки. Главное требование при укладке – чтобы отдельные полотна шли внахлест, то есть край предыдущего куска полотна перекрывал край следующего. Это необходимо для их последующего скрепления между собой. Полотно легко отрезается от рулона с помощью обычного ручного инструмента.

Между собой отдельные полотна (куски) можно крепить различными способами: болтами, саморезами, клеем или герметиком. Смачивание производится не под давлением, а путем разбрызгивания воды по поверхности холста или путем его погружения в воду. Подходит как пресная, так и морская вода. Для смачивания 1 м² полотна весом 7 кг требуется около 3,5-4 л воды. Застывание происходит в течение 1-2 ч в зависимости от температуры окружающей среды. Окончательно полотно застывает через 24 ч.

Технология изготовления бетонного полотна была изобретена в Великобритании и теперь успешно реализуется и в других странах. Этот инновационный строительный материал имеет более легкую структуру по сравнению с обычным бетоном и выпускается полотном или рулоном. Рулонный бетон легкий и прост в монтаже, что экономит время и труд рабочих; для его укладки не требуется оборудование для смешивания и дорогостоящая техника (рис. 1). Материал прост в обращении, поэтому для его монтажа не требуются специальные навыки. Всего за один час можно уложить до 200 квадратных метров полотна. Материал безвреден, поскольку произведен из экологически чистого природного сырья [1].



Рис. 1. Укладка рулонного бетона

Инновационная ткань обладает высокой прочностью по сравнению с бетонным покрытием и имеет высокие огнеупорные свойства. Новый

материал устойчив к воздействию влаги, кислот и прочим агрессивным составам. Укладывать бетонное полотно или рулон можно в любых, даже труднодоступных местах и погодных условиях, включая сильный мороз и жару; во время дождя не требуется дополнительное поливание. Кроме того, после монтажа полученным покрытием не требуется ухода.

Материал обладает практически нулевой подвижностью, поэтому при надежном скреплении с основанием покрытие не сдвинется, и его герметичность не нарушится. Бетонное полотно можно резать и крепить в соответствии с особенностями любой конструкции. Благодаря гибкости и простоте в использовании данный материал чаще всего применяют в строительстве водоканальных систем. Каналы, проходящие через пустынные земли, поглощают около 35-40% транспортируемой воды [2]. Таким образом, около половины воды не используется по назначению.

Применение бетонного полотна при строительстве арыков и других оросительных систем предотвращает просачивание воды в почву и препятствует ее засолению. Структура полотна не подвержена влиянию трещин. Ткань способна повторить любые изгибы поверхности, на которую ее укладывают. Бетонное полотно предотвращает эрозию почвы, вызванную погодными условиями, и защищает склоны.

Поэтому бетонное полотно является отличным решением при сооружении каналов и водопроводных труб. Кроме того, новый строительный материал используется в качестве защитного покрытия для контроля эрозионных процессов, для возведения новых и защиты существующих конструкций, эксплуатируемых в различных условиях, включая агрессивные среды и любой климат.



Рис. 2 Инновационная ткань

Несмотря на легкость, полотно отличается прочностью и долговечностью. В частности, оно используется при возведении сборных конструкций, для защиты трубопроводов, в дорожном и железнодорожном строительстве и т.д. [4].

Использование бетонного полотна позволяет повысить эксплуатационную надежность и срок службы сооружений различной

направленности, упростить технологию строительства, сократить сроки строительства, уменьшить расход дорожно-строительных материалов, снизить объем подготовительных работ и уменьшить материалоемкость строительства.

Помимо этого, материал не требует больших расходов на эксплуатацию. В случае разрушения целостности покрытия нет необходимости в его полном обновлении; можно просто отрезать небольшой кусок бетонного полотна и положить на поврежденное место, скрепив с уже имеющимся покрытием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов, В. С. Железобетонные и каменные конструкции / Кузнецов В. С. - Москва: Издательство АСВ, 2019. - 360 с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Высш. шк., 1987.
3. Лесовик Р.В., Баженов Ю.М., Мелкозернистые бетоны на основе композиционных вяжущих и техногенных песков: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 567 с.
4. Калашников В.И. Через рациональную реологию – в будущее бетонов // Строительные материалы XXI века. Технологии бетонов. №5. 2007.
5. Коррозия бетонов, методы их защиты / М.В. Москвин и др. – М.: Стройиздат, 1980.

Кудрявых А.Д., студент

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Наумова Л.Н.**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ДПК – ПИРОЛИЗНЫЙ УГЛЕРОД

XXI век называют веком композиционных материалов, которые прочно входят во все сферы и области жизнедеятельности человека. Требования современных дизайнеров, конструкторов и технологов не удовлетворяются натуральными и синтетическими материалами прошлых лет [2]. Сочетание различных веществ позволяет композитным материалам проявлять свои лучшие физико-механические свойства в определенных сферах промышленности.

В строительной отрасли в качестве наполнителей все чаще используются новые конструкционные материалы на основе полимерных композитных материалов (ПКМ). В качестве наполнителя в них используются натуральные волокна, или, другими словами, древесно-полимерных композитов (ДПК) [1].

Целью данной работы является изучение свойств я полимерного композиционного материала для строительной отрасли на основе полимерной матрицы (поливинилхлорида (ПВХ)), содержащей в качестве наполнителей древесную муку и пиролизный углерод.

В настоящее время для полимеров широко распространены связующие на основе наноразмерных добавок, в основном имеющих углеродную основу. Наиболее эффективным являются наноразмерный технический углерод. В качестве эффективных и относительно дешевых нанодобавок в работе рассмотрен вид технического углерода – пиролизный углерод [5, 6].

Пиролиз – это перспективный метод переработки отходов, направленный на получение помимо твердого полупродукта, пиролизную газовую и жидкую фазы. Данный метод позволяет утилизировать различные отходы, которые трудно поддаются утилизации, такие как пластмассы, автопокрышки и т.д. Полученный продукт представляет собой углеродные адсорбенты, которые могут использоваться, как молекулярные сита, обладающие большой способностью к сорбции и активному разделению смесей на индивидуальные химические вещества.

Пиролизный углерод обладает морозопористой структурой, размер пор может регулироваться в диапазоне от 18 до 300 нм. Это позволяет увеличить показатель термостабильности полимерной композиции. Для данного наполнителя характерна высокая однородность пористой структуры и трехмерная упорядоченность строения [3].

При добавлении пиролизного углерода в расплав ДПК-ПВХ, его вязкость уменьшается, однако механический показатель прочности при этом не снижается. Увеличиваются электрические, физико-механические, реологические свойства, а также структура и долговечность композита, снижается показатель водопоглощения ДПК [4].

Готовые композитные материалы с применением технического углерода могут использоваться в строительстве в качестве антистатических покрытий и отделочных материалов с защитой от электромагнитных помех.

Пиролизный углерод представлен в виде мелкодисперсного порошка черного цвета. Для него характерна почти идеальная сферичность частиц. Микрофотография единичной частицы и агрегатов частиц пиролизного углерода представлены на рис. 1.

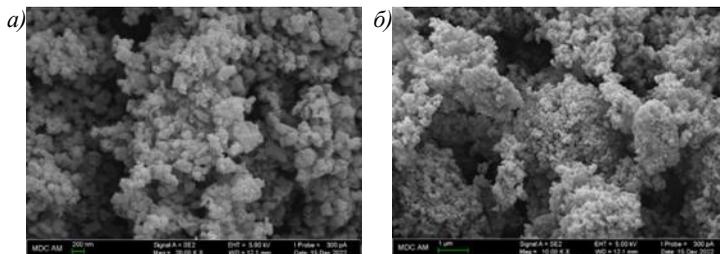


Рис. 1. Микрофотографии пиролизного углерода: а – перед проведением пиролиза; б – после проведения пиролиза

Были проведены испытания для образцов первого и второго компонентных составов. Первый компонентный состав с использованием в качестве наполнителя древесную муку, второй с использованием пиролизного углерода. Свойства композитной смеси, модифицированной и немодифицированной углеродной добавкой, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Свойства композитной смеси, модифицированной и немодифицированной углеродной добавкой

Показатель	Составы	
	48 % древесная мука	48 % пиролизный углерод
Прочность при растяжении, МПа	32	32
Прочность при изгибе, МПа	50	52
Истираемость, мкм	216	210
Водопоглощение, %	1,68	1,43
Плотность, г/см ³	1,16	1,17
Разбухание	1,05	1,01
ПТР, г/10 мин	0,49	0,66
Термостабильность, мин	225	229
Скорость шнеков, об/мин	20	20
Загрузка двигателя, % от max	30	28
Давление в фильере, бар	20	17

На основании полученных результатов сравнили составы композитной смеси модифицированной и немодифицированной углеродной добавкой.

Ожидаемого увеличения термостабильности композиции при использовании пиролизного углерода не было выявлено.

Водопоглощение образцов в присутствии пиролизного углерода снижается на 0,25 %. Показатель истираемости также снижается у модифицированного образца на 0,6 мкм.

Процесс разбухания экструдера для модифицированного образца приближается к 1, что говорит о значительном снижении степени обратимой деформации расплава после прекращения действия напряжения в формующей головке экструдера.

Основной составляющих свойств полимерных композитов является их технологичность с точки зрения производственного процесса. В процессах экструдирования введение пиролизного углерода не приводит к изменениям в технологических режимах. Эксплуатационная нагрузка экструдера при добавлении пиролизного углерода уменьшается, что позволяет повысить производительность технологично логического процесса.

Таким образом, осуществлено введение пиролизного углерода в качестве связующего агента ДПК-ПВХ. Сделаны выводы, что рекомендовано использование связующего агента в сухом виде, для исключения энергозатратной операции по сушке наполнителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кербер, М.Л. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин и др. – 2008. – 560 с.
2. Клесов, А.А. Древесно-полимерные композиты / А.А. Клесов. – 2010. – 736 с.
3. Касперович, О.М. Разработка технологии производства высоконаполненных древесно-полимерных композитов / О.М. Касперович, В.В. Яценко, Е.С. Лосик // Труды БГТУ. 2012. № 4. – С. 9-25.
4. Наумова Л.Н., Клюев С.В., Аюбов Н.А. Дисперсно-наполненный композит на техническом углероде / Л.Н. Наумова, С.В. Клюев, Н.А. Аюбов // Инженерный вестник Дона. – 2023. – 538-551 с.
5. Раков, Э.Г. Нанотрубки и фуллерены. Учебное пособие / Э.Г. Раков. – 2006. – 255 с.
6. Сухно, И.В. Углеродные нанотрубки. Часть I / И.В. Сухно, Ю. Бузько // Высокотехнологические приложения. – 2008. – С. 232.

Марушко М.В., ст. преп.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Погорелова И.А.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ И ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ ТЕРМОВАКУУМИРОВАННОГО НЕАВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА ОТ РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Авторами проведены исследования для изучения влияния водотвердого отношения (В/Т), количества воздухововлекающей добавки и величины вакуума на среднюю плотность и прочность на сжатие термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавно твердения. Опыты проводились с предварительно подобранными сырьевыми компонентами. На основе проведенных опытов, которые способствовали оптимизации состава материала и технологии его получения, были поставлены два трехфакторных эксперимента с изучением влияния В/Т, количества добавки и величины вакуума на среднюю плотность и прочность термовакuumированного неавтоклавно ячеистого бетона на основе золы-уноса.

Технологические параметры производства термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавно твердения и его физико-механические свойства получены с использованием математического аппарата. Варьировали основные факторы: водотвердое соотношение В/Т (X_1) в пределах от 0,3 до 0,45 с интервалом варьирования 0,05; воздухововлекающая

добавка Полипласт Аэро 815 (X_2) от 0 до 0,5 % с интервалом варьирования 0,25 и давления вакуума (X_3) от 0,075 до 0,095 МПа с интервалом варьирования 0,01. Факторы, не вошедшие в план эксперимента, приняты постоянными.

В лабораторных условиях была заформована серия ячеистобетонных образцов размерами 100×100×100 мм. Образцы выдерживали в нормальных условиях твердения в течение 28 суток, по истечении которых определены их физико-механические показатели.

Разработана матрица трехуровневого плана с применением экспериментальных данных термовакuumированного неавтоклавного ячеистого бетона с гусиноозерской золой-унос в качестве наполнителя. Для получения математических моделей, отражающих связь между выходными параметрами (средней плотностью и прочностью на сжатие) и основными факторами, проводился статистический анализ экспериментальных данных в компьютерных программах, целью которого является оценка значимости коэффициентов уравнений и проверка адекватности уравнений. В ходе обработки данных были получены коэффициенты уравнений регрессии.

Разработаны математические модели средней плотности (ρ_{cp}) и прочности на сжатие (R_{cp}) термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения с золой-унос Гусиноозерской ГРЭС в качестве наполнителя:

$$\rho_{cp} = 591,68 - 53,9 \cdot X_1 - 91,1 \cdot X_2 - 134,4 \cdot X_3 + 38,32 \cdot X_1^2 + 50,32 \cdot X_2^2 + 31,82 \cdot X_3^2 + 10,38 \cdot X_1 \cdot X_2 + 15,38 \cdot X_1 \cdot X_3 + 17,88 \cdot X_2 \cdot X_3$$

$$R_{cp} = 4,28 - 0,12 \cdot X_1 - 0,68 \cdot X_2 - 1,14 \cdot X_3 - 0,07 \cdot X_1^2 - 0,17 \cdot X_2^2 - 0,17 \cdot X_3^2 + 0,03 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,03 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,18 \cdot X_2 \cdot X_3$$

Оценка адекватности приведенных уравнений проводилась по критерию Фишера. Согласно полученным уравнениям регрессии, произведен анализ влияния исследуемых факторов на выходные параметры. Построены зависимости прочности на сжатие и средней плотности термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения от В/Т, количества воздухововлекающей добавки и величины вакуума (рис. 1-3) [1-5].

Из рис. 1 видно, что при низких значениях В/Т исходные формовочные массы достаточно жесткие, что отрицательно сказалось на процесс вспучивания – наблюдается недовспучивание смесей, в следствие чего материал получился более плотным и прочным. Увеличение В/Т привело к тому, что вязкость формовочной смеси с гусиноозерской золой повышалась, плотность смеси увеличивалась при планомерном падении прочности. Это можно объяснить физико-механическими характеристиками золы – высокими показателями насыпной плотности (около 1000 кг/м³) и удельной поверхности зерен (600 м²/кг). Соблюдалась закономерность, что каждому режиму термовакuumирования соответствует оптимальный состав формовочной смеси, при котором

достигается минимальная ее средняя плотность и лучший показатель по прочности на сжатие [6-8].

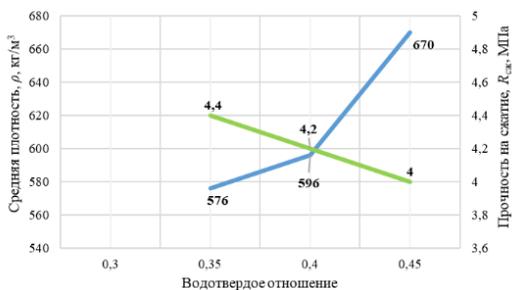


Рис. 1. Зависимости средней плотности (ρ) и прочности на сжатие ($R_{сж}$) термовакуумированного неавтоклавного ячеистого бетона от В/Т:

— средняя плотность, ρ (кг/м³),
— прочность на сжатие, $R_{сж}$ (МПа)

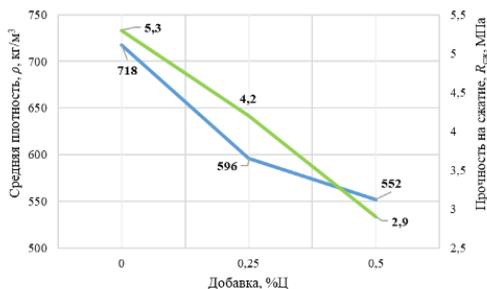


Рис. 2. Зависимости средней плотности (ρ) и прочности на сжатие ($R_{сж}$) термовакуумированного неавтоклавного ячеистого бетона от добавки:

— средняя плотность, ρ (кг/м³),
— прочность на сжатие, $R_{сж}$ (МПа)

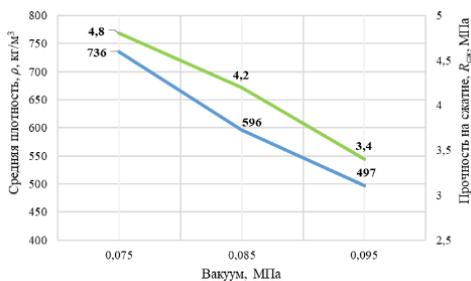


Рис. 3. Зависимости средней плотности (ρ) и прочности на сжатие ($R_{сж}$) термовакуумированного неавтоклавного ячеистого бетона от величины вакуума:

— средняя плотность, ρ (кг/м³),
— прочность на сжатие, $R_{сж}$ (МПа)

Заменителями пористых зерен могут служить воздухововлекающие добавки. Примененная добавка увеличивает воздухововлечение в бетонную смесь на 3-6 %. Поэтому чем больше ее в формовочной смеси, тем ниже средняя плотность и прочность получаемого материала (рис. 2) [14].

Зависимость средней плотности и прочности неавтоклавногo ячеистого бетона от величины вакуума имело экстремальный характер. В проведенных опытах, в виду применения высоковязких смесей с низким В/Т, установлено, что при повышении величины вакуума средняя плотность и прочность бетона на сжатие значительно снижаются (рис. 3) [9, 10].

Полученные математические модели средней плотности и прочности термовакуумированного ячеистого бетона использовались для анализа влияния различных технологических факторов на выходные параметры, оптимизации состава формовочной смеси, построения номограмм, взаимовызывающие выходные параметры получаемого материала и все существенно влияющие на них технологические факторы и позволяющие корректировать состав ячеистого бетона неавтоклавногo твердения и режим термовакуумирования с целью обеспечения заданных параметров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 9-16.
2. Марушко М.В., Погорелова И.А., Сулейманова Л.А. Структура неавтоклавногo ячеистого бетона на основе дисперсных систем // Труды I международной научно-практической конференции «Архитектура. Строительство. Информационные технологии - 2023 (АСИТ-2023)». Новороссийск, 2023. С. 23-26.
3. Suleymanova L.A. Theoretical basis of formation highly organized porous structure of aerated concrete / L.A. Suleymanova, I.A. Pogorelova, M.V. Marushko // Materials Science Forum. 2018. Vol. 945. Pp. 309-317. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.309.
4. Suleymanova L.A. Processing methods used to create high-quality porous structure of aerated concrete / L.A. Suleymanova, M.V. Marushko, A.S. Kolomatsky // Materials Science Forum. 2020. Vol. 992. Pp. 212-217. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.992.212.
5. Марушко М.В. Вибровакуумированные пористые композиты / М.В. Марушко, В.А. Белогуров // Сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова) «Наука и инновации в строительстве». Белгород, 2018. С. 405-408.
6. Sueymanova, L.A. Thermally insulated cellular geopolymer / L.A. Suleymanova, M.V. Marushko, I.S. Ryabchevskiy, I.A. Pogorelova // The II International Scientific Conference «Industrial and Civil Construction 2022». 2022. Vol. 2758. Pp. 58-62. doi: 10.1063/5.0129452.

7. Патент на изобретение № 2750535. Способ изготовления ячеистобетонных изделий / М. В. Марушко, Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский, И. А. Погорелова. Оpubл.: 29.06.2021.

8. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В. Формирование структуры термовакuumированного ячеистого бетона на основе дисперсных систем // Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова «Наука и инновации в строительстве». Белгород, 2023. С. 229-234.

9. Сулейманова Л.А. Вибровакуумированный ячеистый бетон / Л.А. Сулейманова. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1997. 130 с.

10. Сулейманова Л.А. Газобетон неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих / Л.А. Сулейманова, В.С. Лесовик. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 304 с.

Назаренко Е.И., аспирант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Лукутцова Н.П.**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИСТИРОЛБЕТОНА

Повышение требований к эффективности тепловой защиты зданий и сооружений приводит к необходимости разработки инновационных строительных теплоизоляционных материалов, к которым можно отнести полистиролбетон. Этот вид бетона обладает рядом преимуществ (сниженные масса изделий, коэффициент теплопроводности, расход цемента), выделяющих его на фоне остальных теплоизоляционных материалов. Однако существенным недостатком является низкая адгезия пенополистирольного заполнителя к цементному вяжущему. Решением проблемы является применение добавок-адгезивов-ПАВ, снижающих контактный угол смачивания пенополистирольного заполнителя [1-2].

Целью работы является исследование физико-механических свойств модифицированного полистиролбетона.

Для изготовления, модифицированного полистиролбетона применялись следующие материалы:

1. Быстротвердеющий портландцемент (Ц) класса ЦЕМ II /А–И 42,5Б ООО «Холсим (Рус) СМ», Российская Федерация) (1).

2. Бездобавочный нормально-твердеющий портландцемент (Ц) марки ЦЕМ 0 42,5Н АО «Белорусский цементный завод» г. Костюковичи, Могилевская область, Беларусь (2).

3. Вспененный полистирол (ПС) – продукт полимеризации стирола (винилбензола), термопластичный полимер линейной структуры. Гранулы полистирола размерами от 2 до 5 мм (ГОСТ 20282).

4. SikaLatex (SL) - водная эмульсия синтетического каучука. Латексная добавка предназначена для снижения усадки, повышения водонепроницаемости и прочности, адгезионных слоев на гладком бетоне, повышения пластичности и удобоукладываемости растворов.

5. Жидкое стекло (ЖС) – это щелочной раствор силикатов натрия (ГОСТ 24211–2008). Модуль основности равен 3.

6. MasterGlenium 115 (MG) – добавка в бетон на основе поликарбоксилатных эфиров применяется для производства как товарного бетона, так и бетона для железобетонных изделий. Эффективно работает в бетонных смесях любого класса подвижности.

7. Жидкость для затворения: питьевая вода (ГОСТ 23732–2011).

При проведении исследований использовались стандартные методы определения прочности при сжатии, средней плотности, коэффициента теплопроводности полистиролбетона [3].

В ранее выполненных исследованиях установлено положительное влияние введения добавок в состав полистиролбетона, которые позволяют регулировать такие свойства, как прочность при сжатии, среднюю плотность и коэффициент теплопроводности [4–6].

Для определения воздействия добавок SikaLatex и жидкого стекла на физико-механические свойства ПСБ были отформованы 19 составов, при этом применялись два вида модификации компонентов полистиролбетона: обработка гранул пенополистирола и введение добавок в цементно-песчаную смесь. Количество эмульсии синтетического каучука варьировалось в пределах 5–7 %, жидкого стекла 0–5 %.

Составы полистиролбетона и результаты исследований представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Составы полистиролбетона

№	Модификация компонентов	Расход SL, %	№	Модификация компонентов	Расход SL, %	Расход ЖС, %
1к	–	–	11	гранулы	7	–
2	ЦЕМ II	5	12	ЦЕМ II	5	–
3	гранулы	5	13	гранулы	5	–
4	гранулы	5	14	ЦЕМ 0	5	–
5	ЦЕМ II	5	15	ЦЕМ 0	5	5
6	ЦЕМ II	7	16	ЦЕМ 0	5	–
7	гранулы	7	17	ЦЕМ 0	7	–
8	ЦЕМ II	5	18	ЦЕМ 0	5	5
9	гранулы	5	19	ЦЕМ 0	7	5
10	ЦЕМ II	7				

Таблица 2

Результаты исследования

№	Прочность при сжатии, $R_{сж}$, 3 сут, МПа	Прочности при сжатии, $R_{сж}$, 28 сут, МПа	Средняя плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности Вт/м·°С
1к	3,92	5,88	781	0,30
2	10,29	12,74	938	0,40
3	2,94	3,92	605	0,21
4	1,47	1,47	390	0,12
5	1,38	1,62	390	0,12
6	0,98	1,96	507	0,16
7	0,98	1,56	371	0,10
8	1,13	1,65	236	0,05
9	0,56	0,98	236	0,05
10	0,46	1,02	273	0,06
11	0,65	1,32	292	0,07
12	0,98	0,98	430	0,13
13	0,98	0,98	450	0,13
14	7,01	21,03	642	0,23
15	4,03	12,06	554	0,18
16	4,08	12,13	525	0,17
17	4,02	12,25	350	0,09
18	1,1	3,43	408	0,12
19	1,05	3,26	394	0,11

Исследование физико-механических свойств полистиролбетона показало:

1. Предварительная обработка гранул полистирола добавками, не эффективна, т.к. существенных изменений в физико-механических свойствах полистиролбетона не происходит.

2. Сниженный расход полистирольных гранул приводит к повышению средней плотности полистиролбетона, что сказывается на прочности при сжатии (увеличение в 3-5 раз), и коэффициенте теплопроводности (увеличение от 2 до 4 раз).

Последовательность приготовления бетонной смеси: введение цементно-песчанной смеси, введение половины затворяющей жидкости с добавкой SikaLatex с последующим перемешиванием в течение двух минут, введение пенополистирольного заполнителя, введение второй половины затворяющей жидкости и перемешивание в течение 2 минут. Производство полистиролбетонных изделий будет осуществляться путем объемного вибропрессования, которое имеет такие преимущества, как повышенная производительность и ускоренный процесс получения изделий с едиными установленными параметрами по размерам и форме.

В настоящее время выделяют основной фактор, влияющий на адгезию в системе пенополистирол- цементный камень – низкая смачиваемость гранул полимера [7 - 9].

Гранулы пенополистирола имеют свойство гидрофобности, которое влияет на адгезию между заполнителем и цементным камнем (раствором). При этом краевой (контактный) угол смачивания (θ) заполнителя, обработанного водой, имеет значение более 90° ($\theta=317^\circ$).

Наиболее распространенным способом повышения адгезии является применение добавок-адгезивов, которые способствуют снижению гидрофобности поверхности полистирольных гранул [10-11].

При исследовании контактного угла смачиваемости пенополистирольного заполнителя применялись следующие материалы: вспененный полистирол; жидкое стекло; SikaLatex; MasterGlenium. Соотношение между водой и добавками SL, ЖС и MG составило 1:1 и 1:2.

Для определения контактного угла смачиваемости заполнителя применялись следующие технические приемы: смачивание заполнителя водой, обработка гранул полимером добавками (табл. 3).

Таблица 3

Результаты исследования

Показатель	Необработанные гранулы	SL		ЖС		MG	
		1:2	1:1	1:2	1:1	1:2	1:1
Высота капли, H, мм	2,5	1	0,5	1	0,5	1,3	1
Диаметр капли, L, мм	2	4	5	5	4	3	4
Тангенс угла, tg θ	2,5	1,3	0,41	0,95	0,53	4,1	1,3
Краевой угол смачивания, θ , °	317	53	21	43	28	76	53

Согласно результатам исследования, можно сделать вывод о том, что наиболее предпочтительным вариантом снижения контактного угла смачивания является обработка гранул добавками SikaLatex и жидким стеклом, при этом контактный угол смачивания равен 21° и 28° соответственно.

С позиции обеспечения получения материалов с нормативными и улучшенными свойствами в результате проведенных исследований подтверждена возможность повышения адгезии между пенополистирольным заполнителем и цементным вяжущим, путем введения модифицирующей добавки SikaLatex в цементно-песчаную смесь, а также установлено рациональное содержание составляющих компонентов в бетонной смеси.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Назаренко Е.И., Лукутцова Н.П. Влияние вида пластифицирующей добавки на свойства полистиролбетона: сб. ст. Ежегодная национальная научно-практическая конференция магистрантов и аспирантов Брянского государственного инженерно-технологического университета

«Актуальные вопросы техники, науки, технологии» / БГИТУ. Брянск, 2023. – 692-694 с.

2. Назаренко Е. И. Разработка и исследование полистиролбетона на основе модифицированных техногенных отходов / Е. И. Назаренко // VIII Международныи студенческий строительный форум - 2023 : Сборник докладов. В 2-х томах, Белгород, 28 ноября 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 201-204. – EDN MBXVVP.

3. ГОСТ 33929-2016. Полистиролбетон. Технические условия. – Введ. 01.04.2016. – М.: Стандартинформ. – 2016. – 24 с.

4. Патент РФ № 2819771 С1, С04В 38/08. Полистиролбетон : № 2023114759 : заявл. 05.06.2023 : опубл. 23.05.2024 / Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Назаренко Е.И., Грибанов В.В., Панихидкина Д.С. Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Брянский государственный инженерно-технологический университет" Заявка № 2023114759, заявл. 05.06.2023. – Опубл. 23.05.2024. – Бюл. № 15.

5. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Соболева Г.Н., Александрова М.Н., Головин С.Н. Структура и свойства полистиролбетона с силикатными пастами // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. – 2017. №11. – С. 25–33.

6. Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Левкин И.С., Любочко Д.С., Марусов В.А. Конструкционно-теплоизоляционный базальтополистиролбетон // Инновации в строительстве : материалы международной научно-практической конференции, Брянск, 03–06 апреля 2024 года. – Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2024. – С. 101-103.

7. Журба О. В., Архинчеева Н.В., Щукина Е.Г., Константинова К. К. К вопросу об адгезии цемента к полистиролу // Проблемы и достижения строительного материаловедения – Сб. докл. Белгород. – 2005 г. – 74-77 с.

8. Цыдыпова А. Ц. Конструкционно-теплоизоляционный полистиролбетон с адгезионными добавками / Научные технологии и инновации, Белгород, 09–10 октября 2014 года. Том 3. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2014. – 410-417 с.

9. Лукутцова Н. П., Пыкин А. А., Головин С. Н. Дисперсно-армированный полистиролбетон с комплексным кремнеземсодержащим модификатором // Строительное материаловедение: настоящее и будущее: Сборник материалов I Всероссийской научной конференции, посвященной 90-летию выдающегося ученого-материаловеда, академика РААСН Юрия Михайловича Баженова, Москва, 01–02 октября 2020 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020. – С. 128-133.

10. Довжик В.Г. Факторы, влияющие на прочность и плотность полистиролбетона // Бетон и железобетон. - 2004. - № 3. - С. 5-11.

11. Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. – М.: Химия, 1969. – 321 с.

Пушкарская Д.В., аспирант
Маркин А.М., студент

Научный руководитель: канд. хим. наук, доц.
Любушкин Р.А.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ МИКРОСФЕР В СИСТЕМАХ ОСВЕЩЕНИЯ

Полюе кремнийорганические микросферы, скрепленные связующим элементом, называют синтактовыми материалами. Разработка системы освещения на основе композиционных материалов с кремнийорганическими микросферами является перспективным направлением для исследований. Полученные материалы обладают высокими физико-механическими и теплофизическими показателями [1, 2], могут применяться в сфере растениеводства, животноводства и промышленном освещении для увеличения эффективности производства (снижения издержек), повышения продуктивности и потенциала отечественных производителей, что позволит снизить долю импортного товара на внутреннем рынке и даст возможность выхода отечественных производителей на мировой рынок.

До новых разработок в системах освещения применялись конструкции из стекла, что удорожало обслуживание объектов из-за хрупкости материала. В качестве альтернативы стеклянным изделиями можно использовать композиционные материалы на основе поликарбоната. Поликарбонат является синтетическим термопластичным полимером, состоящим из сложных полиэфиров угольной кислоты и двухатомных спиртов. Преимуществом материала являются высокий показатель прочности при изгибе, более легкий вес в сравнении с изделиями из стекла, прозрачность материала, показатель светопропускания достигает 95 %, устойчивость к химическому воздействию [3]. Оптические свойства композиционных материалов с кремнийорганическими микросферами могут изменяться за счет уникальной структуры организации [4].

Кремнийорганические микросферы получали способом суспензионной полимеризации. Полимерные кремнийорганические микросферы однородной структуры могут применять в разных областях исследованиях и промышленной деятельности: в оптической и электронной микроскопии могут служить в формате калибровочного эталона, в сфере светорассеивания, в процессе расчета частиц аэрозоля, в процессе анализа малоугловой рефракции рентгеновских лучей, в процессе седиментации и т.д. Для достижения устойчивой суспензии с необходимым диапазоном распределением частиц по размеру осуществляли полимеризацию при объемном соотношении

мономер/тетраэтоксисилан 1:1 в присутствии радикального инициатора в количестве 2,0 мас. % (персульфата калия) на мономер [5, 6]. Полная конверсия мономера достигается в среднем при температуре 80 °С и времени процесса 6 ч с образованием микросфер разных размеров (рис. 1).

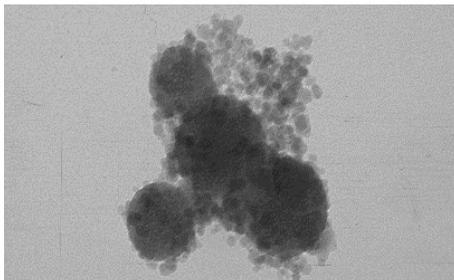


Рис. 1. Кремнийорганические микросферы

Значимым показателем материалов на основе полимеров считается стабильное значение коэффициента преломления в объеме. Чистые, прозрачные полимеры обладают низким показателем светорассеивающей способностью.

Для повышения этой способности в материал вводят различные модификаторы для изменения структуры, которые создают оптически неоднородную среду с размером частиц, который соизмерим с длиной волны падающего света, что позволяет лучше рассеивать свет [7].

Благодаря данным модификациям кремнийорганические микросферы можно будет применять для создания светорассеивающих диффузоров на основе поликарбоната.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № FZWN-2024-0001 с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлов В. А. Синтактные материалы с высокими диэлектрическими свойствами на основе кремнийорганического полимера // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 12. – С. 47-50.

2. Селиванов О. Г., Михайлов В. А. Теплоизоляционные синтактовые материалы на основе термостойкого кремнийорганического полимера // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 7. – С. 12-13. – EDN SEXGFD.

3. Мухачев А. Д. Применение поликарбонатов в качестве энергоэффективной светопрозрачной конструкции // Образование, наука, производство, Белгород, 20–22 октября 2015 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. – С. 1326-1329.

4. Паршин А. М., Гуняков В. А., Зырянов В. Я., Шабанов В. Ф. Структура и оптические свойства самоорганизованных ансамблей нематических доменов на поверхности поликарбоната// Жидкие кристаллы и их практическое использование. – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 84-88.

5. Патент № 2611629 С1 Российская Федерация, МПК С08G 77/44, С08F 2/18, С08F 112/08. Применение кремнийорганических стабилизаторов для получения полистирольных суспензий с узким распределением по размерам : № 2015144326 : заявл. 15.10.2015 : опубл. 28.02.2017 / И. А. Грицкова, А. А. Ежова, Д. И. Шрагин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский технологический университет".

6. Грицкова И. А., Прокопов Н. И., Марков А. Г., Чалых А. Е., Аль-Хаварин Д. Полистирольные суспензии, полученные в присутствии карбоксилсодержащего кремнийорганического поверхностно-активного вещества // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. – 2005. – Т. 47, № 4. – С. 710-715. – EDN HSAGLR.

7. Пушкарская Д. В., Рыжих Д. А., Любушкин Р. А., Фролова О. А. Композиционные структуры на основе полиметилметакрилата // VI Международная конференция по коллоидной химии и физико-химической механике (IC CCRPM). – Казань: «Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», 2023. – С. 176. – EDN UHONKJ.

Сериккызы Г., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Калмагамбетова А.Ш.**

*Карагандинский технический университет
имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан*

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ БЕТОНА

Строительство в условиях жаркого и сухого климата представляет собой серьезную проблему для возведения бетонных и железобетонных конструкций. Высокие температуры, достигающие 40-50 °С, и низкая относительная влажность воздуха (10-20 %) значительно усложняют процессы укладки и твердения бетона, что приводит к различным негативным последствиям для структуры и долговечности материалов. В таких условиях быстрое испарение воды из свежесозданного бетона вызывает разрушение его структуры, что ухудшает физико-механические свойства и снижает прочность конструкций.

Для изучения влияния жаркого и сухого климата на качество бетона и железобетона в данной статье использован комплексный подход, включающий как теоретический анализ, так и практическое

экспериментальное исследование. Методология исследования включает следующие этапы:

На первом этапе проведен обзор существующих исследований, посвященных особенностям бетонирования в условиях высокой температуры и низкой влажности. Рассмотрены процессы, такие как испарение воды из бетона, ускоренная гидратация и схватывание цемента, а также влияние этих факторов на прочность и долговечность бетона. Оценены основные проблемы, связанные с ухудшением физических и механических свойств бетона в жаркую погоду.

Для практической части исследования были смоделированы условия жаркого и сухого климата, характерные для строительных площадок в таких регионах. Использовались бетонные смеси различного состава с учетом вариаций в соотношении воды и цемента, вида цемента, а также различного типа заполнителей (крупных и мелких). Эксперименты проводились в лабораторных условиях с контролем температуры (30-50 °С) и влажности воздуха (10-20 %).

На основе полученных результатов была выработана система рекомендаций по оптимизации состава бетонных смесей, улучшению технологии их укладки и ухода в условиях жаркого и сухого климата. Также разработаны предложения по улучшению технологического процесса на строительных площадках для обеспечения долговечности и надежности бетонных конструкций.

Изучение воздействия жаркого и сухого климата на бетоны и железобетонные конструкции является важной областью строительных исследований. Высокие температуры и низкая относительная влажность воздуха (10-20 %) в летний период значительно ухудшают качество бетона, препятствуя его нормальному твердению и гидратации. Это приводит к ряду дефектов, таких как микротрещины, потеря прочности и долговечности конструкций. Для минимизации негативного воздействия таких условий на строительные материалы в последние десятилетия разрабатывались различные подходы и технологии. Рассмотрим существующие исследования в этой области.

Высокие температуры оказывают на бетон двоякое воздействие. Во-первых, ускоряется процесс испарения воды из свежесложенного бетона, что нарушает гидратацию цемента. Во-вторых, при недостаточной увлажненности цементные зерна не могут полностью прореагировать с водой, что снижает прочностные характеристики материала. Как показано в работах Шишкова и Шапошникова [1, с. 47-52], в условиях сухого и жаркого климата бетон теряет значительную часть воды, что приводит к образованию макропор и снижению его водоудерживающих свойств. Эти процессы способствуют снижению плотности бетона и ухудшают его долговечность, поскольку избыточная пористость нарушает структуру бетона.

Быстрое испарение воды из бетона в сухом климате вызывает увеличение осадки и может привести к появлению трещин в твердеющем материале. Это явление было подробно исследовано в работах Гончарова и

Павлова [2, с. 74-78], где было показано, что быстрое высыхание бетона в таких климатических условиях способствует образованию трещин в его верхней части. Потери воды из бетона могут составлять 50-70 % в течение первой ночи, что приводит к дефектам в структуре, ухудшению физико-механических свойств и даже разрушению конструкций.

Изучение технологий укладки бетона в условиях жаркого климата показывает, что необходимо сокращать время от приготовления смеси до ее укладки. Согласно исследованиям Иванова и Чижова [3, с. 18-25], для оптимизации технологического процесса важно сократить это время до 30-60 мин при температуре 25 °С и до 15-30 мин при температуре 30 °С. Это позволяет избежать излишней потери воды, а также предотвратить преждевременное схватывание смеси, что обеспечивает необходимую подвижность и предотвращает образование трещин.

В настоящее время изучаются меры, основанные на долговременной прочности бетона в сухом климате, при этом основное внимание уделяется их долговечности. В жаркие периоды года, в условиях низкой относительной влажности, сразу после укладки бетона происходит выделение воды, что приводит к разрушению его структуры.

При замерзании бетона объем воды в порах бетона увеличивается, что приводит к разрушению структуры в нем, а процесс гидратации цемента частично или полностью прекращается. В результате испарения воды как структурного элемента в бетоне образуются микро- и даже макропоры, а структура остается дефектной. Процессы гидратации цемента происходят неполноценно, и бетон не обладает соответствующими физико-механическими свойствами. В связи с этим при изготовлении сборных железобетонных конструкций приходится решать сложные вопросы водонепроницаемости бетона, защиты от воздействия солнечной радиации и тому подобное. Для повышения качества строительства в условиях сухого жаркого климата необходимо установить требования к промышленности строительных материалов по увеличению производства высокопрочных, быстротвердеющих цементов, крупных и мелких заполнителей.

Учитывая дефицит высококачественных природных крупных заполнителей и эффективность использования пористых заполнителей в сухом климате, необходимо расширять их производство.

Сухая и жаркая погода значительно усложняет технологию бетонных работ; расход воды на бетонную смесь увеличивается с повышением температуры; быстро теряется подвижность при транспортировке бетонной смеси или хранении ее до укладки; в затвердевшем бетоне появляются трещины; под воздействием солнечной радиации в конструкциях образуется неравномерная зона движения; усложняются условия производства бетонных работ, повышается их стоимость и возникают другие последствия.

Известно, что бетонная смесь быстро теряет свою подвижность в результате ускорения гидратации и схватывания цемента в жаркую и сухую погоду. Это обусловлено высокими температурами, испарением воды затвердевания. В результате не обеспечивается подвижность

бетонной смеси, нарушаются принятые условия транспортировки и укладки, а также условия поверхностной обработки конструкций. В сухую и жаркую погоду года время от приготовления бетонной смеси до окончания ее укладки должно быть по возможности коротким и составлять 30-60 мин при температуре $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 15-30 мин при температуре $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, при температуре $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ не должно превышать 10-15 мин. Фактором, влияющим на быстрое изменение консистенции смеси во времени, является высокая температура и связанное с ней ускорение гидратации и схватывания цемента, в то время как улетучивание воды из бетона остается второстепенным фактором.

Быстрое испарение воды из свежесуложенного бетона приводит к увеличению осадки, что в условиях сухого и жаркого климата является причиной разрушения конструкций, значительно ухудшая структуру и физико-механические свойства бетона, а также вызывая преждевременное растрескивание затвердевшего бетона. Вредное воздействие сухого и жаркого климата не только затрудняет проведение бетонных работ, но и негативно сказывается на эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций.

В таких неблагоприятных условиях принимаются меры по сохранению влаги, например, проводится регулярный полив, применяются консерванты, такие как увлажненный материал, опилки.

В заключение следует отметить, что жаркий и сухой климат оказывает значительное влияние на качество бетона и железобетона, усложняя процессы укладки и затвердевания, что приводит к снижению прочности и долговечности конструкций. Быстрое испарение воды из бетона, ускорение гидратации и схватывания цемента в таких условиях могут привести к появлению трещин, ухудшению физико-механических характеристик и разрушению структуры материала. Чтобы минимизировать эти негативные последствия, необходимо разрабатывать и внедрять специализированные технологии, которые обеспечат эффективное поддержание влажности в бетоне и защиту от солнечной радиации. Важными мерами являются повышение качества строительных материалов, использование быстротвердеющих цементов, а также оптимизация методов укладки и ухода за бетоном, таких как полив и применение консервантов. Только комплексный подход к решению этих проблем позволит повысить долговечность бетонных конструкций и обеспечить их надежную эксплуатацию в условиях сухого и жаркого климата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шишков С. И., Шапошников О. В. Влияние высокой температуры на прочность бетона в жарком климате. // Строительные материалы, 2020.
2. Гончаров А. В., Павлов П. А. Проблемы образования трещин в бетоне при высоких температурах. // Строительная механика, 2019.
3. Иванов, А. В., Чижов, С. М. Оптимизация технологических процессов бетонирования в жарком климате. // Журнал строительных исследований, 2021.

Тищенко А.Е., студент,
Пардаев М.Р., студент,
Сысолятин В.Е., студент

Научный руководитель: ст. преп.
Пирьев Ю.С.

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

АРМИРОВАНИЕ ПЕНОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ В МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ

Бетон остается основным конструкционным материалом в различных эксплуатационных условиях, так как высок показатель архитектурно – строительной выразительности, малой энергоемкости и эксплуатационной надежности [1].

Для малоэтажного строительства в основном используют перекрытия из блоков ячеистого пенобетона. Они выдерживают относительно большие нагрузки и при этом обладают хорошими теплоизоляционными и звукоизоляционными свойствами. Также же при возведении малоэтажных зданий с применением пенобетона в качестве элементов перекрытия использования грузоподъемных машин и механизмов не требуется. Это приводит к уменьшению стоимости строительства.

В настоящее время практически все перекрытия, перегородки жилых помещений малоэтажных торговых центров и промышленных объектов, строятся именно из легкого бетона, в том числе из пенобетона. Конструкционные пенобетонные изделия имеют небольшую плотность и достаточную и необходимую прочность, поэтому они удовлетворяют в полной мере нагрузочным требованиям.

Максимальная нагрузка высчитывается с учетом мебели, людей, технического инвентаря, но без учета веса самого перекрытия. Чердачные и цокольные необходимо утеплять, а между этажами укладывать звукоизоляционный материал. Исходя из этого, можно сказать, что именно этот материал полностью подходит под эти параметры. Возможность работать с раствором прямо на строительной площадке позволяет повысить производительность работы, уменьшить затраты на оборудование, рабочую силу и транспортировку готовых изделий [2].

Монолитное пенобетонное перекрытие имеет ряд преимуществ, которые делают его одним из наиболее популярных видов перекрытий:

- уменьшить нагрузку на несущие стены, фундаменты и другие конструкции;
- способствует экономии используемого бетона, арматуры и соответственно объема бетонирования;
- повышают звукоизоляцию и огнестойкость перекрытия;
- могут исключить использованию опалубки.

Перекрытия из пенобетона относят к классу сборно-монолитных перекрытий, поскольку они выполняются в два этапа. Первый этап

предполагает выполнение несущих балок и заполнителя в форме пенобетонных блоков (балок) в заводских условиях. На втором этапе проводится непосредственное возведение конструкций на объекте: выставляются несущие балки, которые были выполнены из квадратных каркасов или арматурных треугольных, на нижней несущей части которых проводилась заливка бетоном для придания жесткости.

Благодаря использованию перекрытий из пенобетона удастся избежать устройства опалубки перекрытий, что сокращает себестоимость конструкции и сроки возведения зданий. На следующем этапе балки переопираются телескопическими стойками перекрытий монолитного типа либо обычными досками для восприятия будущих нагрузок без провисов и прогибов. Промежутки между балками заполняют пенобетонными блоками, что позволяет создать геометрическую ребристую форму будущего перекрытия из пенобетона. В подобных конструкциях пенобетонные блоки выполняют функцию пустотообразователя и облегчителя конструкции перекрытия.

Пенобетонные плиты являются в перекрытии элементами несъемной опалубки, образующей ребристую однонаправленную структуру, после чего блоки остаются в теле перекрытия, повышая звукоизоляцию сборного ребристого монолитного перекрытия.

После установки на объекте сборной части конструкции из пенобетона переходят к армированию верхнего слоя бетона. В большинстве случаев армирование выполняют арматурной сеткой с ячейками. В местах опирания на стены и по контуру перекрытия устраивают арматурный балочный каркас. На следующем этапе выставляют торцевую опалубку перекрытия из пенобетона, выполненную либо из фанеры, либо в конструкциях несущих стен. После чего проводят бетонирование. Необходимо обратить внимание на то, что оно должно проходить без разрывов, в противном случае могут появляться холодные неработающие швы в бетонном теле перекрытия [3].

Армирование монолит-пенобетонных перекрытий производится созданием каркасных элементов, которые размещаются в опалубке и заливаются раствором. При этом необходимо применять вязанный каркас. Долговечность такой конструкции значительно выше. Не подвергнутый высокотемпературному воздействию металл каркаса будет более стойким к разрушающим внешним факторам [4].

Исходя из изложенного ранее можно сделать вывод о том, что армирование пенобетонных перекрытий в малоэтажных строениях направлено на равномерное распределение нагрузок по всему объему конструкции и уменьшение вероятности образования трещин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 9-17.

2. Устройство перекрытий из пенобетона – какие выбрать? // [Электронный ресурс] – URL: <https://hardstones.ru/ustrojstvo-perekrytij-iz-penobetona-kakie-vybrat.html>

3. Монолитные перекрытия из пенобетона // [Электронный ресурс] – URL: <https://o-cemente.info/izdelija-iz-betona/monolitnye-perekrytiya-iz-penobetona.html>

4. Актуальность армирования пенобетонных стен // [Электронный ресурс] – URL: <https://penobloki.pro/wiki/aktualnost-armirovaniya-penobetonnykh-sten/>

**Хаялиев О.В., студент,
Скалозуб З.Ю., студент,
Стрючкова М.В., студент**

**Научный руководитель: ассистент
Дудченко В.А.**

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

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

В современном мире искусственный интеллект (ИИ) внедряется в различные области жизни, в том числе и бизнеса. Он находит широкое применение в различных сферах деятельности, значительно повышая эффективность и изменяя подходы для решения задач. Применение ИИ способствует выполнению ранее нерешаемых задач и снижению временных и ресурсных затрат.

В данный момент ИИ присутствует в таких ключевых областях, как:

- сельское хозяйство;
- промышленность и производство;
- торговля и маркетинг;
- финансовый сектор;
- транспорт и логистика;
- здравоохранение;
- образование;
- развлечения и медиа;
- безопасность;
- государственное управление.

Можно заметить, что ИИ уже занял обширное место в нашем обществе и представить сейчас жизнь без него будет проблематично. В данной статье рассмотрены особенности применения ИИ.

Лесная промышленность играет ключевую роль в глобальной переработке ресурсов, и Россия, обладая более 20 % мировых лесов,

занимает уникальное положение благодаря своим обширным запасам древесины, однако страна контролирует лишь 3 % международного рынка древесины. Основной причиной является использование устаревших технологий в лесозаготовке и переработке, что приводит к тому, что почти половина экспортируемой продукции представляет собой круглый лес и недорогие пиломатериалы. Кроме того, менее 40 % доступной расчетной лесосеки используется из-за низких объемов заготовки, что ставит под сомнение эффективность управления ресурсам. В России существует множество предприятий, занимающихся обработкой древесины, но рынок автоматизации этих процессов остается на недостаточно развитом уровне. Это подчеркивает настоятельную необходимость реформирования отрасли и внедрения современных технологий, включая цифровые решения, которые могут значительно улучшить производственные процессы и повысить конкурентоспособность лесной отрасли на мировом рынке [1]. На данный момент уже наблюдается внедрение ИИ в переработке древесины и нашел не мало способов применения:

- анализ изображения древесины для определения ее типа, качества и дефектов. Это позволяет автоматизировать процесс сортировки;

- анализ данных с датчиков, установленных на оборудовании, для предсказания возможных поломок и проведения профилактического обслуживания, что значительно уменьшает время простоя и траты на ремонт;

- возможность исследования новых композиций и технологий обработки древесины, что дает более прочные и устойчивые проекты;

- разработка новых, более оптимальных схем и способов резки древесины, минимизируя отходы и максимизируя выход продукции;

- анализ исторических данных о продаже и рыночных для прогнозирования спроса на различные виды древесины и изделия из нее;

- анализ маршрутов доставки и распределения ресурсов, чтобы минимизировать затраты на транспортировку и повысить эффективность логистики;

- автоматический контроль качества готовой продукции, включая анализ текстуры, цвета и других характеристик, что позволяет быстрее выявлять отклонения от стандартов;

ИИ способен помочь в оценке устойчивости лесных ресурсов и оптимизации процессов переработки для минимизации воздействия на окружающую среду, включая управление отходами и переработку.

Роботизированные системы, управляемые искусственным интеллектом, могут выполнять задачи, такие как сборка, упаковка и обработка древесины, что повышает производительность и снижает трудозатраты (рис. 1).



Рис. 1. Роботы в производстве мебели

Внедрение искусственного интеллекта в переработку древесины требует значительных инвестиций в технологии и обучение персонала, но потенциальные выгоды в виде повышения эффективности, снижения затрат и улучшения качества продукции делают этот путь привлекательным для многих компаний в данной области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кравченко П.П., Бурцев Д.С. Цифровые технологии в лесной промышленности: перспективы и барьеры // Вопросы инновационной экономики. 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-v-lesnoy-promyshlennosti-perspektivy-i-bariery> (дата обращения: 19.10.2024).

2. Беспалова В.В., Полянская О.А. Внедрение цифровых технологий на предприятиях лесного комплекса // Журнал прикладных исследований. 2021. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-tsifrovuyh-tehnologiy-na-predpriyatiyah-lesnogo-kompleksa> (дата обращения: 19.10.2024).

3. Литвинов, В. В. Лазерная обработка деревянных поверхностей / В. В. Литвинов, С. И. Овсянников // Природоподобные технологии строительных композитов для защиты среды обитания человека: II Международный онлайн-конгресс, посвященный 30-летию кафедры Строительного материаловедения, изделий и конструкций. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 29-33.

4. Кунцев, А. С. Комплексное использование лесных ресурсов Белгородской области / А. С. Кунцев, С. И. Овсянников // Современные технологии деревообрабатывающей промышленности: Материалы международной научно-практической онлайн-конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 235-243.

5. Овсянников, С. И. Современные тенденции использования древесины в архитектурных конструкциях / С. И. Овсянников, О. Л. Руденко // Инновационное проектирование в современном обществе: Сборник материалов Международной объединенной научно-практической конференции, Белгород, 21–22 апреля 2024 года. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 105-117.

Чашин Д.Ю., аспирант,
Данилов Д.Ю., аспирант,
Тольпин Д.А., аспирант

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Тольпина Н.М.

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

ТВЕРДЕНИЕ ШЛАКО-ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В НОРМАЛЬНЫХ И ТЕРМОВЛАЖНОСТНЫХ УСЛОВИЯХ

Термическая деструкция бетона представляет собой значительную проблему на объектах коммунальной инфраструктуры и других сооружениях, контактирующих с горячей водой. Это явление часто наблюдается в бетонных трубах с портландцементным вяжущим, предназначенных для транспортировки горячей воды, а также в градирнях тепловых и атомных электростанций и других подобных конструкциях [1-5]. Особенно ярко деструктивные процессы под воздействием повышенной температуры и влажности проявляются в цементных кольцах глубоких нефтяных и газовых скважин, где температура пластовых вод достигает 80-200 °С и более [6-9]. В таких условиях наблюдаются явления, которые получили название «термическая коррозия» [7]. Целью исследований является изучение влияния доменного гранулированного шлака на термическую стойкость цементного камня при его длительном твердении в условиях повышенной температуры и влажности.

В качестве субъекта исследований использовали доменный гранулированный шлак Новолипецкого металлургического комбината в дозировке 30 % (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав доменного гранулированного шлака АО «Новолипецкий металлургический комбинат»

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	S	MnO ₂	TiO ₂
40,08	7,5	0,51	41,66	9,35	0,45	0,63	0,45

Результаты испытаний на прочность при изгибе и сжатии образцов в разные сроки твердения (1, 3, 6 и 12 мес) представлены на рис. 1. Образцы, твердеющие в стандартных условиях (20 °С), продемонстрировали стабильный рост прочности в течение первых трех месяцев, после чего темпы набора прочности стабилизировались. Образцы чистого цементного камня, твердеющие при повышенной температуре (80 °С) и влажности, показали наименьшую прочность, при этом заметное снижение прочности наблюдалось после трех месяцев в связи с усилением деструктивных напряжений в материале. В шлако-цементных образцах прочность при сжатии также снизилась после 12 мес твердения. В термовлажностных условиях добавление шлака способствовало увеличению прочности шлако-цементных образцов на изгиб по сравнению с чисто цементными образцами.

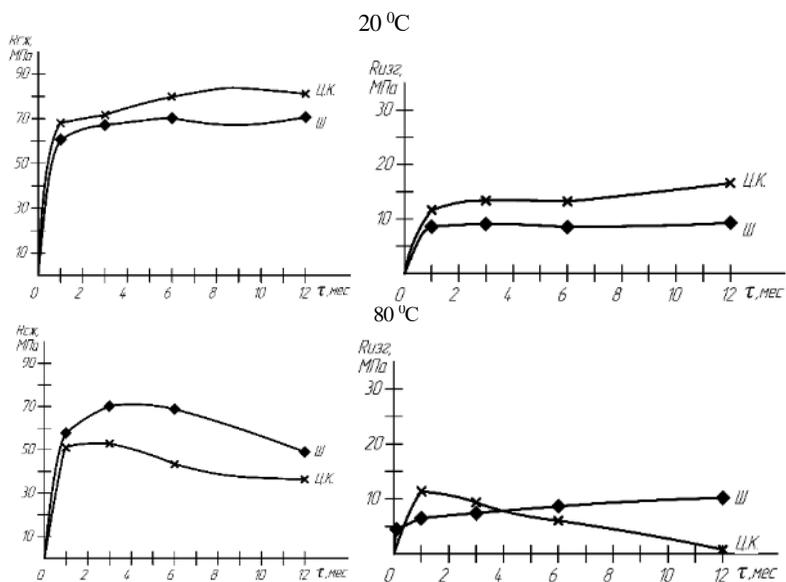


Рис. 1. Изменение предела прочности образцов при изгибе и сжатии, твердевших в различных термовлажностных условиях: ЦК - цементный камень; Ш – ШЦ;шлак =70:30

Коэффициент термической стойкости определяли, как отношение прочности на сжатие образцов, твердеющих в воде при 80 °С, к прочности образцов, твердеющих при 20 °С. Через 12 мес твердения коэффициент термической стойкости для шлако-цементного камня составил 0,69, а для чистого цементного камня – 0,47. Это указывает на значительное положительное влияние шлака на термическую стойкость цементного камня в течение данного периода.

Фазовые изменения в цементном камне с активными минеральными добавками изучались методом рентгенофазового анализа через 12 мес твердения (рис. 2). Рентгенограммы показывают, что у образцов с добавлением шлака, твердеющих при 80 °С, наблюдается заметное уменьшение интенсивности дифракционных пиков, характерных для $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($d = 4,93; 2,63; 1,93 \dots \text{Å}$) по сравнению с образцами, твердеющими при 20 °С, что свидетельствует об интенсификации образования низкоосновных гидросиликатов кальция.

Методом электронной микроскопии установлено, что твердение шлако-цементного камня в нормальных условиях способствует формированию более однородной микроструктуры. В то время как при термовлажностном твердении наблюдается значительная неравномерность в распределении продуктов гидратации, а также изменения в размерах и морфологии частиц (рис. 3).

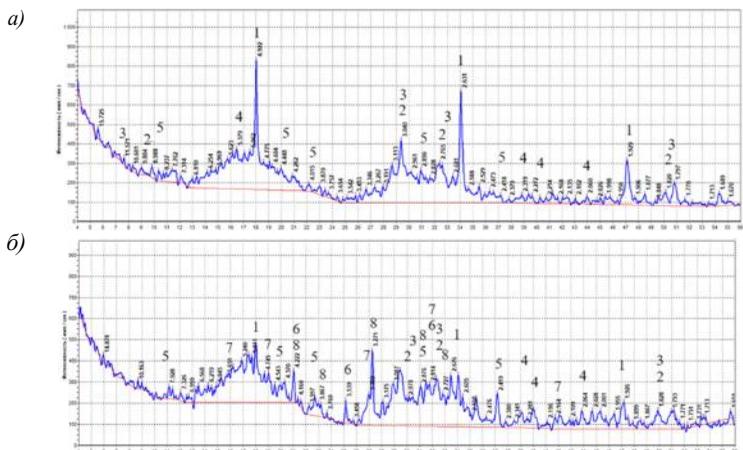


Рис. 2. Рентгенограмма шлако-цементного камня, твердевшего при температуре 20 °С (а) и 80 °С (б): 1 – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($d=4,93; 2,63; 1,93; 1,79 \dots \text{Å}$); 2 – C_2SH_2 ($d=9,8; 3,07; 2,80; 2,00; 1,83 \dots \text{Å}$); 3 – $\text{CSH}(\text{B})$ ($d=12,5; 3,07; 2,80; 1,83 \dots \text{Å}$); 4 – C_3AH_6 ($d=5,14; 2,30; 2,23; 2,04 \dots \text{Å}$); 5 – $\text{C}_3\text{AS H}_{12}$ ($d=8,92; 4,46; 3,99; 2,87; 2,45 \dots \text{Å}$); 6 – $\text{C}_2\text{S}_3\text{H}_2$ ($d=4,24; 3,36; 2,85; 2,65; 2,25 \dots \text{Å}$); 7 – $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ ($d=5,74; 4,73; 3,19; 2,84; 2,74; 2,145 \dots \text{Å}$); 8 – $\text{C}_2\text{SH}(\text{A})$ ($d=4,22; 3,9; 3,54; 3,27; 2,87; 2,8 \dots \text{Å}$)

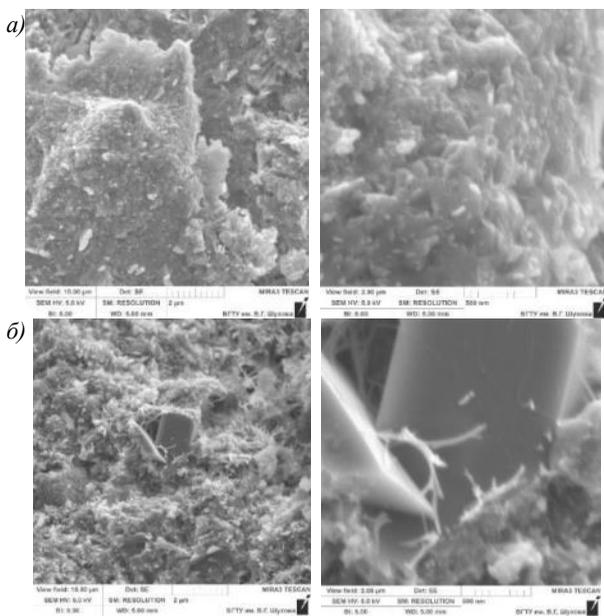


Рис. 3. Микроструктура шлако-цементного камня: а – нормального твердения, б – термовлажного твердения; гидросиликаты; 12 мес

Были обнаружены крупные призматические кристаллы гидросиликатов кальция, идентифицированных как $C_2SH(A)$ (рис. 3). Кристаллизация крупных гидратных частиц, сопровождаемая уменьшением числа контактов срастания, приводит к снижению сцепления кристаллов между собой и другими компонентами цементного камня. Это вызывает развитие внутренних растягивающих напряжений из-за кристаллизационного давления, что ослабляет общую структуру материала.

Таким образом, исследованиями установлено, что без добавок портландцементный камень быстро теряет прочность и со временем разрушается при повышенной температуре и влажности, в то время как шлако-цементные составы характеризуются более высокой термической стойкостью. В этой связи шлаковый тонкодисперсный наполнитель целесообразно использовать в бетонных изделиях с повышенной термической стойкостью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тольпина Н.М. Деградация цементного камня в условиях повышенной температуры и влажности / Н.М. Тольпина, Д.Ю. Чашин // Вестник ГНТУ. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 109-117.

2. Yu, Z., Y. Experimental Study on Thermal Expansion Behavior of Concrete under Three-Dimensional Stress // Z, Yu. F, Zhang. X. Ma. et al // Advances in Civil Engineering. – 2021. – Vol. 1.

3. Мазур В.А., Куценко Т.Н., Петров С.В. Выбор рационального метода ремонта монолитных железобетонных оболочек градирен с учетом использования различных средств подмащивания // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2020. № 6. С. 11-18.

4. Чашин Д.Ю. Проблемы деструкции бетона в условиях повышенных технологических температуры и влажности / Д.Ю. Чашин, Д.А. Тольпин // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции «Инженерное дело на Дальнем Востоке России». – 2023. – С. 94-98.

5. Тольпина Н.М. Особенности фазообразования в цементных системах при повышенных температурах и влажности/ Н.М. Тольпина, Д.Ю. Чашин, Е.Н. Хахалева // VII Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве», посвященная 170-летию В. Г. Шухова: сб. докл. – Белгород: Изд-во БГТУ. 2023. С. 237-241.

7. Рахимбаев, Ш.М. Регулирование технических свойств тампонажных растворов / Ш.М. Рахимбаев. – Ташкент: Изд-во «Фан» УзССР, 1976. – 159 с.

8. Славчева Г.С. Механизмы и закономерности изменения прочностных характеристик бетонов в связи с их температурно-влажностным состоянием / Г.С. Славчева, Л.В. Ким // Вестник Инженерной школы ДВФУ. – 2015. – № 1 (22). – С. 63-68.

9. Рахимбаев, Ш.М. Сравнительная стойкость бетонов с заполнителем различных размеров и без него / Ш.М. Рахимбаев, Н.М. Тольпина // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2017. – №11. – С. 43-47.

Чашин Д.Ю., аспирант,
Данилов Д.Ю., аспирант,
Тольшин Д.А., аспирант

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Тольшина Н.М.

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

ПРОЦЕССЫ ДЕСТРУКЦИИ В ЦЕМЕНТНОМ КАМНЕ ПРИ ТЕРМОВЛАЖНОСТНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ СРЕДЫ

Преждевременная деградация цементного камня под воздействием тепла и влаги часто наблюдается на инфраструктурных объектах, таких как градирни, где происходит охлаждение или транспортировка горячей воды [1, 2]. Разрушение бетона может начаться спустя несколько лет эксплуатации, а затраты на восстановление конструкций нередко превышают первоначальные вложения [3-5]. Одной из причин ослабления цементного камня при высоких температурах и влажности является термодинамическая нестабильность гидратных фаз, которые кристаллизуются, снижая прочность и увеличивая пористость [6-8]. Эти процессы ведут к термической коррозии, хорошо изученной в тампонажных цементах [9]. Однако исследований, посвященных длительному контакту бетона с горячей водой, недостаточно [10]. Настоящая работа направлена на изучение изменений цементного камня при повышенной температуре и влажности.

Для проведения исследований был выбран портландцемент ЦЕМ I 42,5Н, соответствующий ГОСТ 31108-2020 и изготовленный на заводе «Осколцемент» (состав: C3S=61,59 %, C2S=14, %, C3A= 6,83 %, C4AF=13,73 %; НГ=26 %; начало схватывания – 230 минут, активность – 56,2 МПа). Из теста нормальной густоты были сформованы образцы размером 3х3х3 см, половина которых твердела в воде при температуре 20°С в течение 12 месяцев, а другая часть – при температуре 80°С. В результате исследования прочности цементного камня выяснилось, что при твердении в горячей воде прочность цементного камня снижается почти в два раза по сравнению с образцами, твердевшими при нормальной температуре, а коэффициент термической стойкости составляет 0,47 (табл 1). Коэффициент термической стойкости был рассчитан как отношение предела прочности при сжатии образцов, твердевших при температуре 80°С, к пределу прочности образцов, твердевших при 20°С: $K_{\text{терм.ст}} = R_{80\text{сж}} / R_{20\text{сж}}$.

Таблица 1

Прочность цементного камня через 12 мес твердения

Материал	В/Ц	$R_{\text{сж}}^{20}$, МПа	$R_{\text{сж}}^{80}$, МПа	$K_{\text{терм.ст}}$
Цементный камень	0,26	81,2	38,3	0,47

Резкое снижение прочности связано, прежде всего, с рекристаллизацией высокодисперсных частиц гидратных фаз при повышенных температуре и влажности, что сопровождается увеличением размера кристаллов и перекристаллизацией первичных кальциевых гидросиликатов разной основности. Для выявления особенностей фазового состава цементного камня в разных тепловлажностных условиях были использованы методы рентгенофазового и дериватографического анализа.

Сравнительный анализ рентгенограмм на рис. 1, 2 показал, что у образцов цементного камня, твердевших при 80 °С, по сравнению с образцами, твердеющими при нормальной температуре, наблюдается снижение интенсивности дифракционных максимумов Ca(OH)_2 (2,63; 1,93 Å), с одновременным появлением максимумов, соответствующих α -гидрату двухкальциевого силиката $\text{C}_2\text{SH(A)}$ (4,22; 3,9; 3,54; 3,27 Å).

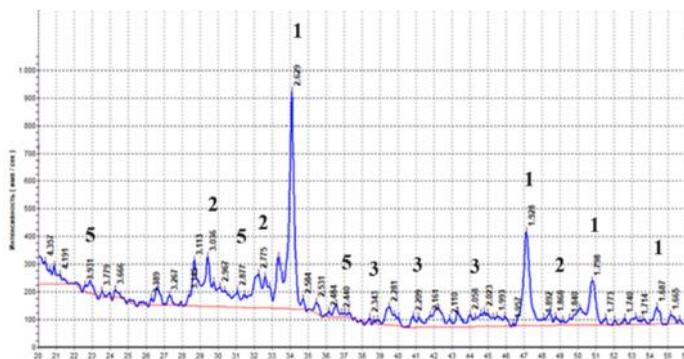


Рис. 1. Рентгенограмма цементного камня, твердевшего при температуре 20°C:
1 – Ca(OH)_2 , 2 – C_2SH_2 , 3 – C_3AH_6 , 5 – C_3ASiH_2

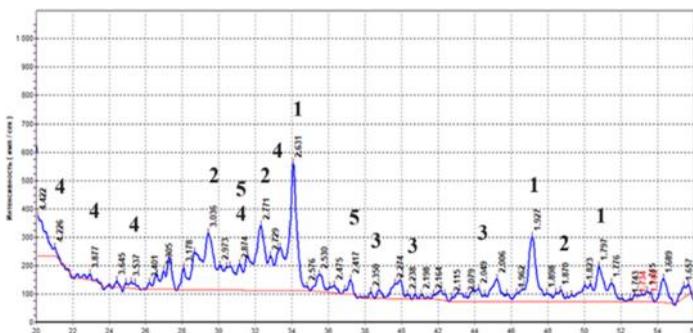


Рис. 2. Рентгенограмма цементного камня, твердевшего при температуре 80°C:
1 – Ca(OH)_2 , 2 – C_2SH_2 , 3 – C_3AH_6 , 5 – C_3ASiH_2

Минимальное содержание Ca(OH)_2 у образцов цементного камня, твердеющих при высокой температуре, указывает на связывание

значительной доли извести в высокоосновные кальциевые гидросиликаты. На рентгенограммах присутствуют линии основных гидратных фаз: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (2,63; 1,93 Å), C_2SH_2 (3,03; 2,8 Å), C_3AH_6 (2,30; 2,23; 2,04 Å), $\text{C}_3\text{ASH}_{12}$ (4,46; 3,99; 2,87; 2,28 Å), $\text{C}_2\text{SH}(\text{A})$ (3,9; 3,54; 3,27 Å).

Электронно-микроскопический анализ образцов после 12 мес твердения выявил значительные различия в их микроструктуре. Образцы нормального твердения содержат плотно сросшиеся частицы гидросиликатного геля. В образцах, твердевших при 80 °С (рис. 3), наблюдаются крупные кристаллы α -гидрата двухкальцевого силиката, что вызывает локальные напряжения и объясняет снижение прочности.

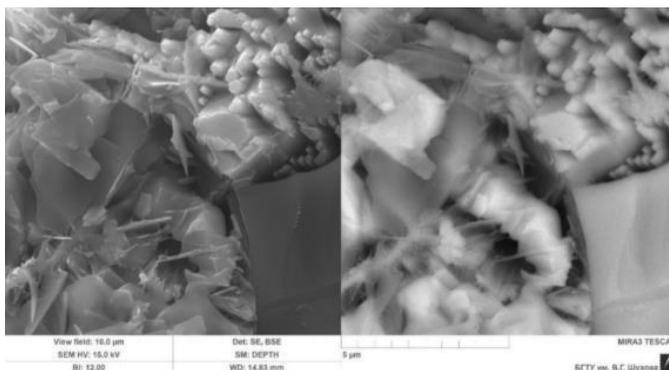


Рис. 3. Микроструктура цементного камня после 12 мес твердения при 80 °С; гидросиликаты

Комплексный анализ новообразований показал, что при длительном тепловлажностном воздействии в цементном камне образуются высокоосновные гидраты, кристаллизация которых приводит к увеличению пористости и снижению прочности материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов, М.И. Промышленные тепловые электростанции / М.И. Баженов, А.С. Богородский, Б.В. Сазанов, В.Н. Юренев – М.: Энергия, – 1979. – 296 с.
2. Калатузов В.А. Проблемы обеспечения надежности железобетонных вытяжных башен градирен / В.А. Калатузов // Энерго-INFO. – 2009. – №10(33). – С. 60-62.
3. Мазур В.А. Выбор рационального метода ремонта монолитных железобетонных оболочек градирен с учетом использования различных средств подмащивания / В.А. Мазур, Т.Н. Куценко, С.В. Петров // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2020. – № 6. – С. 11-18.

4. Чашин Д.Ю. Проблемы деструкции бетона в условиях повышенных технологических температур и влажности / Д.Ю. Чашин, Д.А. Тольпин // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции «Инженерное дело на Дальнем Востоке России». – 2023. – С. 94-98.

5. Тольпина Н.М. Особенности фазообразования в цементных системах при повышенных температурах и влажности/ Н.М. Тольпина, Д.Ю. Чашин, Е.Н. Хахалева // VII Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве». Белгород: Изд-во БГТУ. – 2023. – С. 237-241.

6. Абрамов С. А. Термическая усталость тампонажного камня и механизм ее проявления в условиях скважин // Нефтегазовая геология, геофизика и бурение. – 1984. – №3. – С. 48-49.

8. Булатов, А.И. Коррозия тампонажного камня / А.И. Булатов, Ш.М. Рахимбаев, Л.И. Рябова –Краснодар: СКО НА РФ, – 1993. – 380 с.

9. Рахимбаев, Ш.М. Регулирование технических свойств тампонажных растворов / Ш.М. Рахимбаев. – Ташкент: Изд-во «Фан» УзССР, 1976. – 159 с.

10. Славчева Г.С. Механизмы и закономерности изменения прочностных характеристик бетонов в связи с их температурно-влажностным состоянием / Г.С. Славчева, Л.В. Ким // Вестник Инженерной школы ДВФУ. – 2015. – № 1 (22). – С. 63-68.

Шаповалова А.А., аспирант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, доц.
Клюев С.В.**

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

РАЗРАБОТКА АКТИВНОЙ ДОБАВКИ В ЦЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ТОНКОМОЛОТОГО БАЗАЛЬТА И ОБОЖЕННОГО СВЕКОЛЬНОГО ДЕФЕКТА

В данной статье представлены исследования связанные с проблемой утилизации большого количества техногенных отходов, а именно теплоизоляционного утеплителя на основе базальта, а также сельскохозяйственных отходов. Накопленные отходы, представляют большую проблему с точки зрения их складирования, переработки и утилизации. С подобной проблемой столкнулась и сельскохозяйственная отрасль, только третья часть отходов растениеводства идет в переработку, остальная часть утилизируется как отход IV-го класса. Что невыгодно с экономической точки зрения для самих агрохолдингов. В работе представлены результаты экспериментального исследования по возможности получения самоупрочняющейся бетонной смеси из базальтового порошка, полученного путем обработки отходов

теплоизоляционного материала с использованием сельскохозяйственных отходов, полученных путем измельчения золы жома сахарной свеклы в качестве замены цемента. Подбор эффективного состава активной добавки для получения самоупрочняющейся строительной смеси, на основе тонкомолотого отхода теплоизоляционного материала (ОТМ) (до $S_{уд} = 3000 \text{ см}^2/\text{г}$) и золы свекольного жома (Жс) (до $S_{уд} = 4500 \text{ см}^2/\text{г}$). Рекомендуется использование активной добавки в количестве 5 % ОТМ и до 3% Жс. При большем применении Жс заметно резкое снижение прочностных характеристик, как на сжатие, так и на изгиб.

Государственная политика настоятельно призывает к сокращению использования природных ресурсов. В последнее время этим объясняется интерес к поиску альтернативных строительных материалов [1, 2]. Некоторые материалы из отходов строительного производства эффективно перерабатываются, другие, к примеру, минеральная вата, остаются недостаточно используемыми материалами [3, 4]. Отходы минеральной ваты могут использоваться в керамике, цементе или композитах, получение адсорбентов для очистки сточных вод и т.п. [5]. Во многих исследованиях минеральная вата была изучена как предшественник щелочно-активированных материалов без каких-либо дополнительных связующих [6-10]. При условии ее предварительного измельчения, для удаления волокнистой природы материала. Тем самым она может служить частичной заменой обычного портландцемента в качестве строительного материала. В работах Сахар А. Мостафа и др [8, 11] успешно получена самоупрочняющаяся бетонная смесь на основе базальтовых волокон и нанозолы из переработанных продуктов сельского хозяйства – жмых тростника, стеблей хлопка и риса.

В рамках данного исследования был использован отход минеральной теплоизоляционной базальтовой ваты «Извол» (ОТМ). Произвели помол на шаровой мельнице с различными удельными поверхностями, для определения наиболее эффективного времени измельчения ОТМ и с целью избавиться от волокнистости материала, его активации и применения в качестве вяжущего. На рис. 1 представлен график помола ОТМ в зависимости от времени. Согласно графику, оптимальным временем для помола ОТМ является 100 с (соответствует $S_{уд} = 2494 \text{ см}^2/\text{г}$).

В целях доступности, улучшения экологической обстановки региона применяли отход переработки сахарной свеклы. На территории Белгородской области действует 11 заводов по переработке сахарной свеклы, ежегодно образуется около 200 тыс. т дефеката. Дефекат подготавливали путем термической обработки в муфеле при температуре 900°C со скоростью нагрева $10^\circ\text{C}/\text{мин}$ в течение 4 ч, и последующим охлаждением до достижения комнатной температуры. При обжиге зола Жс не приобрела необходимую однородность. Поэтому был произведен помол на шаровой мельнице в течении 60 с до $S_{уд} = 4487 \text{ см}^2/\text{г}$. На рис. 2 представлены полученные материалы ОТМ и Жс.

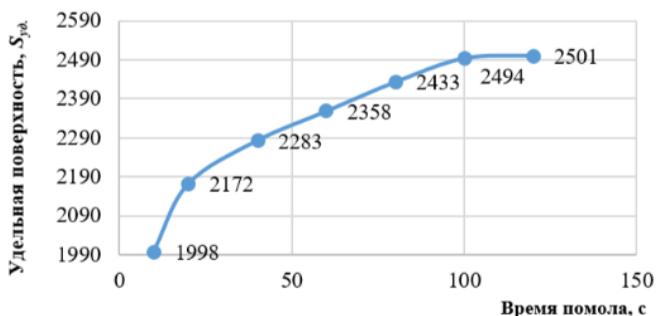


Рис. 1. График зависимости удельной поверхности от времени помола ОТМ

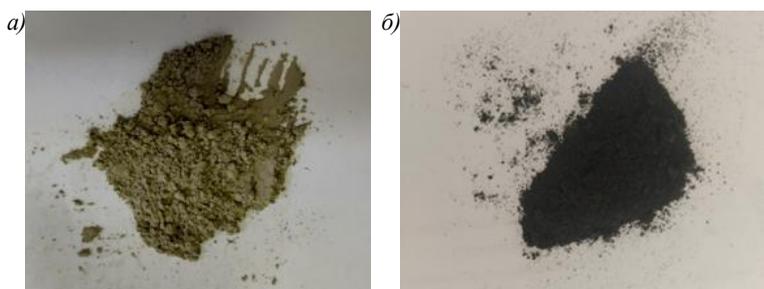


Рис. 2. Полученные материалы: а – полученный ОТМ при 100 с помоле; б – полученная зола Жс при 60 с помоле

Для разработки активной добавки использовали методику, предложенную профессором С. А. Мостафой. [8]. Нами была использована полифункциональная добавка POLIFROM P4, в целях избежания проблем, описанных в исследовании профессора Мостафы.

Были заформованы образцы-кубики размером 3×3×3 см с добавкой извола 5 % по массе цемента и нанозолой жома от 1 до 5% (табл. 1) [12].

Таблица 1

Результаты механической прочности исследуемых образцов

№ п/п	Ц, гр	П, гр	В/Ц	ОБВ, %	Пл, %	Жс, %	ρ , гр/см ³	М, гр	Размер, см	R, МПа	
										7 сут.	28 сут.
1.	150	300	0,4	5	1	1	2,5	58,3	2,9×2,9×2,8	29,96	59,32
2.	150	300	0,4	5	1	2	2,5	60	2,8×3×2,8	28,12	56,42
3.	150	300	0,4	5	1	3	2,3	55	3×28×2,7	26,23	52,46
4.	150	300	0,4	5	1	4	2,4	60	3×2,8×2,9	25,01	50,02
5.	150	300	0,4	5	1	5	2,3	60	2,9×3×3	22,14	44,28
6*	150	300	0,4	-	1	-	2,5	63	3×3×2,9	27,83	55,66

* – получены данные по контрольному образцу

На этапе формования Жс и ОТМ вводили совместно с заполнителем (песком) и основным вяжущим (цементом), после чего затворяли водой с пластифицирующей добавкой. Твердение наступало естественным путем без дополнительного нагрева и пропаривания образцов. Механическую прочность полученных образцов снимали на 7 и 28 сут соответственно. Полученные данные говорят о перспективном использовании Жс (4487 см²/г) и ОБВ (2494 см²/г). Согласно полученным данным целесообразна замена цемента Жс до 3%. Дальнейшее увеличение нанозолы в цементной смеси приводит к снижению прочностных характеристик цементного камня, расслоению, выделению воды, в некоторых исследованиях, говорится о высокой водопотребности обожженных сельскохозяйственных отходов [11, 13]. Полученные результаты разнятся с зарубежными исследованиями. Вероятно, это связано с типом полученной нанозолы, исходным сырьем для которой послужила сахарная свекла.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках национального проекта «Наука и университет» по созданию новой лаборатории «Разработка, исследования и опытно-промышленная апробация наукоемких технологий и технических средств для производства полимерсодержащих композиционных смесей и изделий из техногенных органоминеральных компонентов» (проект FZWN-2024-0002).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Papadopoulos A. M. State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments //Energy and buildings. – 2005. – Т. 37. – №. 1. – С. 77-86.
2. Väntsi, O., Kärki, T. Mineral wool waste in Europe: a review of mineral wool waste quantity, quality, and current recycling methods Journal of Material Cycles and Waste Management, Bd. 16, pp. 62-72 (2014).<https://doi.org/10.1007/s10163-013-0170-5>.
3. Lin W.-T., Han T.-Y., Huang C.-C., Cheng A., Huang R. Using Rock Wool Wastes as Partial Replacement of Cement in Cement-Based Composites. Adv. Sci. Lett. 2012;8:489–494. doi: 10.1166/asl.2012.2334.
4. Абдрахимов В.З. Использование отходов минеральной ваты в производстве керамических стеновых материалов // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 10, № 3. – С. 53–60. DOI: 10.15593/2224-9826/2019.3.06
5. Alkaysi, M., El-Tawil, S., Liu, Z., & Hansen, W. (2016). Effects of silica powder and cement type on durability of ultra high performance concrete

(UHPC). *Cement and Concrete Composites*, 66, 47-56 DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2015.11.005

6. M. Amin, A.M. Zeyad, B.A. Tayeh, I. Saad Agwa Effect of ferrosilicon and silica fume on mechanical, durability, and microstructure characteristics of ultra high-performance concrete *Constr. Build. Mater.*, 320 (2022), Article 126233, 10.1016/j.conbuildmat.2021.126233

7. B.S. Thomas, J. Yang, K.H. Mo, J.A. Abdalla, R.A. Hawileh, E. Ariyachandra Biomass ashes from agricultural wastes as supplementary cementitious materials or aggregate replacement in cement/geopolymer concrete: a comprehensive review *J. Build. Eng.*, 40 (2021), Article 102332, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102332>

8. Петропавловская В.Б., Новиленкова Т.Б., Бурьянов А.Ф., Соловьев В.Н., Петропавловский К.С. Утилизация отходов минерального волокна в производстве гипсовых изделий // *Вестник МГСУ*, т. 12, вып. 12 (111), 2017, с. 1392-1398. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.12.1392-1398.

9. Фирсов В.В., Самойленко В.В., Блазнов А.Н., Пенкина Е.А., Углова Т.К. Переработка отходов минераловатного производства // *Ползуновский вестник*, №4-2, 2015, с. 61-65.

10. Yliniemi J, Kinnunen P, Karinkanta P, Illikainen M. Utilization of Mineral Wools as Alkali-Activated Material Precursor. *Materials (Basel)*. 2016 Apr 26;9(5):312. doi: 10.3390/ma9050312

11. Łązniewska-Piekarczyk B, Czop M, Smyczek D. The Comparison of the Environmental Impact of Waste Mineral Wool and Mineral in Wool-Based Geopolymer. *Materials (Basel)*. 2022 Mar 10;15(6):2050. doi: 10.3390/ma15062050.

12. Kozhukhova N., Kadyshev N., Cherevatova A., Voitovich E., Lushin K. Reasonability of Application of Slags from Metallurgy Industry in Road Construction // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018. Vol. 692. Pp. 776–782. DOI: 10.1007/978-3-319-70987-1_82

13. Doschek-Held, K., Krammer, A.C., Steindl, F.R., Sattler, T., Juhart, J. Recycling of mineral wool waste as supplementary cementitious material through thermochemical treatment. *Waste Manag Res*. 2024 Sep;42(9):806-813. doi: 10.1177/0734242X241237199.

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Аль-Згуль И.Х., аспирант

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Шенна С.Г.

*Донской государственный технический
университет, г. Ростов-на-Дону, Россия*

МЕТОД ABC ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТОВ ОПЕРАЦИОННЫХ РИСКОВ

Динамические изменения в управлении объектом строительства, связанные с развитием технологий, изменениями в законодательстве, увеличением требований к безопасности и экологическим стандартам, а также с развитием методов управления проектами на всех этапах жизненного цикла – от инвестиционного замысла до утилизации, привели к возрастанию необходимости в непрерывном управлении рисками. Эксплуатационный период – один из самых длительных и ответственных этапов жизненного цикла объекта. В данной статье сформулируем общий подход по учету, анализу и управлению операционными рисками, которые влияют на эффективность процесса управления на данном этапе.

Существует множество работ и исследований, в которых представлены различные методы оценки операционных рисков [1].

Также есть работы, в которых проблема определения ранга операционных рисков представлена с использованием методов многокритериального принятия решений [2]. Стратегии управления операционными рисками, во-первых, позволяет определить наиболее критичные риски, которые требуют первоочередного внимания с точки зрения потенциального ущерба или затрат, во-вторых, способствует рациональному распределению ресурсов, фокусируясь на управлении наиболее значимыми рисками, что, в свою очередь, обеспечивает оптимизацию управленческих решений.

Наконец, посредством использования количественных, качественных и многокритериальных методов ранжирования удастся интегрировать различные параметры риска (например, вероятность наступления, степень воздействия и стоимость устранения) в единую систему, способствующую более точной оценке уровня контроля и определению приоритетов. Недостаток таких подходов заключается в том, что внимание менеджмента часто фокусируется только на наивысшем ранге операционного риска.

Стратегии управления операционными рисками на уровне компании управляющей строительным объектом на этапе эксплуатации определяются в зависимости от уровня или приоритета

идентифицированных операционных рисков. В данной статье стратегия управления операционными рисками как на уровне процесса реализации, так и на уровне компании, определяется на основе приоритета операционных рисков, который определяется расчетно-экспертным методом. Разделение управления операционными рисками на два уровня-уровень реализации (эксплуатации) и уровень компании обусловлено, прежде всего, различиями в масштабах управления и характере рисков, что требует комплексного подхода к их оценке.

В частности, на уровне эксплуатации управление рисками сосредоточено на локальных процессах, связанных с поддержанием функционирования строительного объекта в нормальном техническом состоянии, что обеспечивает минимизацию рисков потерь эксплуатационной эффективности.

Между тем, на уровне управляющей компании приоритет отдается стратегическим аспектам управления, включая финансовую устойчивость, репутационные угрозы и соблюдение нормативных требований, что позволяет интегрировать управление рисками в общую бизнес-стратегию.

Проблема классификации операционных рисков в условиях неопределенности является частью задачи управления рисками, которая оказывает значительное влияние на эффективность и результативность выполнения бизнес-процессов на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства.

Приоритет операционных рисков, определяемый с использованием объективных методов, значительно меньше зависит от субъективных оценок лиц, принимающих решения, и, следовательно, является более релевантным. Таким образом, можно считать, что стратегия управления операционными рисками, определенная с учетом полученного приоритета, является вполне подходящей как на уровне каждого бизнес-процесса, так и на уровне компании. Такая стратегия способствует значительному повышению эффективности рассматриваемых процессов. Управление рисками на уровне процессов является одним из преимуществ предложенной модели по сравнению с другими моделями управления рисками, описанными в литературе.

В данной статье рассмотрен ABC-метод, адаптированный для определения приоритета идентифицированных операционных рисков в рамках каждого процесса на уровне предприятия. Значения элементов риска описываются заранее определенными лингвистическими выражениями, которые моделируются с использованием треугольных нечетких чисел.

Элементы риска делятся на два типа- прогнозируемые и случайные

Прогнозируемые – те, которые можно минимизировать благодаря планированию и профилактическим мерам. Например, регулярные осмотры фасада дома для предотвращения обрушения облицовки.

Случайные события – те, которые невозможно полностью предусмотреть или предотвратить. Например, ущерб от стихийных бедствий (град, сильный ветер, наводнение)

Предполагается, что, если речь идет об операционных рисках, третья измеряемая характеристика риска, определяемая как сценарий нежелательных и незапланированных событий, может быть заменена на переменную «возможность выявления риска» [3].

В контексте процедуры нормализации для каждого элемента риска на уровне процесса значения нормализуются с использованием метода линейной нормализации [4]. Таким образом, каждому риску присваивается упорядоченная тройка значений: нормализованная величина последствий, нормализованная частота возникновения и нормализованная возможность выявления риска.

В данной статье обозначен подход к определению значений показателей каждого идентифицированного операционного риска на уровне предприятия. Подход основывается на использовании экспертных знаний и субъективных оценок специалистов в области управления рисками из каждого рассматриваемого предприятия. Оценки формируются на основе консенсуса. Определение приоритетов идентифицированных рисков выполнено с использованием метода ABC, который далее кратко описан.

Предполагается, что не все элементы риска имеют одинаковую важность. Эксперты в области управления рисками принимают свои оценки консенсусом. Агрегированное значение каждого элемента рассчитывается с помощью оператора FOWA [5], а общее расстояние представляет собой сумму трех элементов. Рассчитанные расстояния сортируются в порядке возрастания.

Первые 15-20 % рассчитанных значений (которые соответствуют рассматриваемым операционным рискам) принадлежат классу А. Операционные риски, относящиеся к классу А, на уровне процесса p , $p=1, \dots, P$, оказывают наибольшее влияние на реализацию рассматриваемого процесса. Эти риски должны быть тщательно отслеживаемы менеджментом, который должен постоянно контролировать уровень рисков и применять методы, направленные на снижение последствий и частоты появления рисков.

На втором этапе этой методики критерий классификации идентифицированных рисков в рамках каждого процесса реализации установлен как расстояние упорядоченной тройки от точки с координатами $(0, 0, 0)$ для элементов риска прогнозируемого типа. Критерий классификации идентифицированных рисков в рамках каждого процесса реализации установлен как расстояние упорядоченной тройки от точки с координатами $(1, 1, 1)$ для элемента риска случайного типа. Расстояние рассчитывается как евклидово расстояние между двумя точками в пространстве

Рассчитанные значения сортируются в порядке возрастания. Около 40-50% рассчитанных значений (которые соответствуют операционным рискам) принадлежат классу С. Операционные риски, относящиеся к классу С, на уровне каждого рассматриваемого процесса реализации практически не влияют на реализацию процесса.

Оставшиеся операционные риски принадлежат классу В и имеют средний уровень воздействия на реализацию процесса. Управление рисками класса В осуществляется с использованием стандартных методов и процедур.

Таким образом, метод ABC, адаптированный для практического использования при определении приоритета операционных рисков на уровне управляющей компании, представляет собой эффективный инструмент для управления рисками. Это, в свою очередь, способствует повышению как общей эффективности, так и результативности бизнес-процессов. Адаптация метода позволяет более объективно оценивать и систематизировать риски, что способствует более рациональному распределению ресурсов для минимизации угроз. Кроме того, использование расчетно-экспертного подхода для определения приоритетов рисков помогает улучшить координацию между уровнями управления и повышает качество принятия решений, что в целом способствует оптимизации процессов и улучшению показателей компании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pinto, A. QRAM: a Qualitative Occupational Safety Risk Assessment Model for the construction industry that incorporates uncertainties by the use of fuzzy sets / A. Pinto // *Safety Science*. – 2014. – С. 57-76.
2. Fera, M., Macchiaroli, R. Appraisal of a new risk assessment model for SME / M. Fera, R. Macchiaroli // *Safety Science*. – 2010. – Vol. 48, no. 10. – P. 1361-1368.
3. Van der Voort, M. M., Klein, A. J. J., de Maaijer, M., Van den Berg, A. C., Van Deursen, J. R., Versloot, N. H. A. A quantitative risk assessment tool for the external safety of industrial plants with a dust explosion hazard / M. M. Van der Voort [и др.] // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. – 2007. – Vol. 20, no. 4. – P. 375-386.
4. Shih, H. S., Shyur, H. J., Lee, E. S. An extension of TOPSIS for group decision making / H. S. Shih, H. J. Shyur, E. S. Lee // *Mathematical and Computer Modelling*. – 2007. – Vol. 45, nos. 7-8. – P. 801-813.
5. Merigó, J. M., Casanovas, M. Using fuzzy numbers in heavy aggregation operators / J. M. Merigó, M. Casanovas // *International Journal of Information Technology*. – 2008. – Vol. 4, no. 4. – P. 267-272.

Артемова К.А., магистрант,
Шаповалов М.М., магистрант,
Трошкина В.Б., магистрант

Научный руководитель: ассистент
Сиденко И.В.

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

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Железобетонные конструкции занимают важное место в современном строительстве благодаря своей высокой прочности, долговечности и универсальности. Они используются в самых различных сферах: от жилых и коммерческих зданий до мостов, дамб и других инфраструктурных объектов. Однако, несмотря на свои выдающиеся характеристики, железобетонные конструкции подвержены различным факторам, которые могут существенно сократить их срок службы и привести к разрушению. В связи с этим, обеспечение надежности и долговечности железобетонных конструкций становится одной из ключевых задач в области строительной инженерии.

Актуальность данной работы обусловлена растущими требованиями к качеству и безопасности строительных объектов, а также необходимостью оптимизации затрат на их эксплуатацию и обслуживание. В условиях глобальных изменений климата, увеличения числа природных катастроф и воздействия агрессивных сред, вопрос о надежности железобетонных конструкций становится особенно актуальным. [1] Исследования показывают, что многие конструкции не соответствуют проектным срокам эксплуатации, что вызывает необходимость в более глубоком понимании механизмов их повреждения и методов диагностики.

В данной работе мы рассмотрим несколько ключевых аспектов, связанных с обеспечением надежности и долговечности железобетонных конструкций. В первой части будет проведен вводный анализ проблемы надежности, где мы обсудим основные факторы, влияющие на срок службы конструкций, а также существующие подходы к их оценке. [2] Мы сосредоточимся на агрессивных средах и их влиянии на железобетон, включая химические, физические и биологические факторы, которые могут способствовать коррозии и разрушению материалов.

Следующий раздел будет посвящен механизмам повреждений и способам их диагностики. Мы рассмотрим современные методы, используемые для выявления и оценки состояния железобетонных конструкций, включая неразрушающие испытания и мониторинг состояния в реальном времени. [3] Экспериментальная оценка сроков службы конструкций также займет важное место в нашей работе, где мы проанализируем данные, полученные в результате испытаний, и сравним их с проектными значениями.

Химическая коррозия бетона развивается в бетоне при воздействии на него агрессивных сред - кислот, солей и щелочей, вступающих в обменные реакции с составляющими цементного камня вследствие чего образуются хорошо растворимые соли. Разрушение конструкций кислотами и кислотными газами наиболее часто происходит на промышленных предприятиях, в хранилищах кислот и т.п. В результате взаимодействия кислоты (серной, соляной, азотной) с основным оксидом цементного камня - гидроксидом кальция бетон разрушается.

Агрессивные среды и их влияние на железобетон:

Химические факторы. Реакции между компонентами материала и агрессивными химическими средами приводят к вымыванию соединений. В результате образуются трещины, материал местами становится рыхлым, в порах накапливаются соли, которые разрушают структуру материала. Например, когда в раствор добавляют гипс, с ним реагируют компоненты цемента и формируется гидросульфат алюмината кальция – минерал, который приводит к образованию микротрещин.

Физико-химические факторы. Если бетонные конструкции находятся в воде, гидроксид кальция, который входит в состав материала, вымывается. При отрицательных температурах жидкость, которая находится в теле бетона, замерзает и давит на стенки пор. После оттаивания в бетоне возникают трещины, отслаивается арматура, на поверхности возникают сколы.

Биологические факторы. Подобные разрушения развиваются во влажных средах из-за проникновения микроорганизмов вглубь материала и их развития на поверхности. Грибки, бактерии, мхи и лишайники не только снижают эксплуатационные свойства бетона, но могут вызвать нарушения здоровья.

Радиационные факторы. Если на бетонные конструкции попадает ионизирующее излучение, находящаяся в бетоне вода испаряется и камень деформируется. Чем выше радиация, тем сильнее разрушения, которые появляются в результате деформации кристаллической решетки минералов.

Важным аспектом исследования является прогнозирование долговечности железобетона. Различные подходы и модели, которые позволяют предсказать срок службы конструкций с учетом влияния внешних факторов и условий эксплуатации. На основе полученных данных мы предложим стратегии предотвращения разрушений, которые могут быть внедрены на этапе проектирования и эксплуатации объектов.

Регулярное мониторинг состояния конструкций, использование технологий неразрушающего контроля и диагностики позволяет выявлять ранние стадии повреждений и проводить своевременные восстановительные работы. [4] Это также может помочь избежать аварийных ситуаций, связанных с разрушением конструкций.

Особое внимание следует уделить проектированию, которое должно включать в себя анализ потенциальных агрессивных воздействий со стороны окружающей среды. Проектировщики должны учитывать все

условия, в которых будут эксплуатироваться конструкции, чтобы гарантировать их долговечность и безопасность на протяжении всего срока службы.

Лишь комплексный подход, включающий как технические средства, так и учет специфики эксплуатации, способен предотвратить или минимизировать негативные эффекты агрессивных сред, тем самым обеспечивая надежность железобетонных конструкций.

Также стоит рассмотреть интеграцию интеллектуальных технологий. [5] Внедрение систем мониторинга на базе нейронных сетей и машинного обучения способствует повышению эффективности диагностики. Эти методы обеспечивают не только сбор данных, но и их последующий анализ для прогнозирования состояния конструкции. Алгоритмы могут учитывать множество параметров: климатические условия, физико-механические свойства материалов, режимы загрузки и даже потенциальные угрозы. Это позволяет не только выявлять текущие проблемы, но и предсказывать возможные разрушения.

Важно учитывать, что каждой конструкции присущ свой набор потенциальных дефектов, и стандартизированные подходы к диагностике не всегда будут эффективны. Требуется анализ всех условий эксплуатации и учет специфики конкретного объекта. Разработка индивидуальных методик и внедрение гибких подходов позволит значительно повысить уровень надежности и долговечности железобетонных конструкций.

Смешанные методы, объединяющие как традиционные, так и современные технологии, становятся основой для создания надежных систем диагностики. [6] Это приносит безопасность эксплуатации и экономическую целесообразность, позволяя снизить затраты на ремонты и увеличивая срок службы конструкций. [7] Оптимизация процессов мониторинга и диагностики открывает возможности для дальнейших исследований, нацеленных на понимание механизмов разрушения и поиск новых решений для их предотвращения.

Таким образом, обеспечение надежности и долговечности железобетонных конструкций является многогранной задачей, требующей комплексного подхода и междисциплинарного сотрудничества. Важно продолжать исследования в этой области, чтобы разработать более эффективные методы защиты и восстановления конструкций, что в конечном итоге приведет к повышению безопасности и экономической эффективности строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов А.С. Обеспечение долговечности железобетонных конструкций // Строительные материалы, 2020. № 3. С. 34–38.
2. Сидоров П.Л. Технологические аспекты обеспечения надежности бетона // Журнал строительных технологий, 2019. № 7. С.45–52.
3. Иванов И.И., Петрова Е.Ю. Влияние агрессивной среды на долговечность железобетона // Научные труды кафедры строительных материалов, 2018. №15. С. 18–25.

4. Лебедев В.В. Методы оценки прочности и долговечности железобетонных конструкций // Вестник инженерной науки. 2021. №4. С. 78-84.

5. Григорьев Ю.А. Новые подходы к улучшению долговечности железобетонных изделий // Строительство и архитектура, 2022. № 2. С. 92–100.

6. Петренко А.В., Соловьев Р.Е. Проблемы и перспективы ремонта и восстановления железобетонных конструкций // Строительная механика, 2020. № 6. С. 50–57.

7. Лебедев В.М. Технология возведения зданий и сооружений. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. 373 с.

**Артемова К.А., магистрант,
Шаповалов М.М., магистрант,
Трошкина В.Б., магистрант**

**Научный руководитель: канд. экон. наук, доц.
Жариков И.С.**

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ НА СТАДИИ СНОСА ЗДАНИЙ

Введение в информационное моделирование зданий (ТИМ) представляет собой важный аспект современного строительства, который находит все более широкое применение в различных стадиях жизненного цикла зданий и сооружений. В последние годы наблюдается значительный рост интереса к ТИМ, что связано с необходимостью повышения эффективности проектирования, строительства и эксплуатации объектов. Однако, несмотря на очевидные преимущества, использование информационных моделей на стадии сноса зданий остается недостаточно исследованным и внедренным направлением. Это создает определенные проблемы, такие как неэффективное управление процессами демонтажа и образованием отходов, что в свою очередь негативно сказывается на экологии и устойчивом развитии. [1]

Предварительное создание информационной модели с учетом всех строительных норм и требований позволяет произвести детальную оценку конструкций, а также принять во внимание потенциальные опасности, связанные с уничтожением определенных элементов здания. Например, анализ может выявить, что определенные конструкции могут принести вред здоровью работников на этапе сноса, если не будут соблюдены соответствующие меры предосторожности. В таком случае, информационная модель позволяет заранее проработать оптимальные пути и методы укрепления или демонтажа, снижающие риски.

Кроме того, наличие цифровой модели дает возможность использовать симуляции для удовлетворения требованиям безопасности. [2] Это важный аспект, особенно когда речь идет о старых зданиях с

ненадежными конструкциями или в случае их нахождения в густозаселенных районах. С помощью программного обеспечения можно предсказать потенциальные обрушения, что позволит более эффективно подготовить площадку и обеспечить защиту как для рабочих, так и для окружающих. [3]

Учитывая вопросы устойчивого развития и охраны окружающей среды, информационные технологии также помогают провести более глубокий анализ материалов, используемых в здании. Изучение и каталогизация всех компонентов многократно упрощает задачу по их переработке и утилизации. [4] В рамках современных практик зеленого строительства важно минимизировать отходы, и BIM предоставляет инструменты для оценки повторного использования материалов. Это не только снижает затраты компании, но и способствует уменьшению негативного воздействия на окружающую среду.

Следует упомянуть и об интеграции новых технологий и методов. Использование дронов и других беспилотных летательных аппаратов в совокупности с BIM позволяет осуществлять мониторинг состояния обрабатываемого объекта в реальном времени. [5] Это дает возможность быстро реагировать на изменения ситуации, а также получать необходимую информацию для актуализации модели. С помощью таких технологий становится возможным обеспечить высокий уровень точности измерений, что критически важно на этапах, когда старые конструкции подвергаются воздействию. Однако внедрение новых технологий требует предварительной подготовки и обучения персонала, что также рассматривается на этапе генерального плана сноса.

Важным аспектом является и координация между всеми участниками проекта. Благодаря неразрывной связи всех данных и информации, собранной в единой модели, обеспечивается минимум рисков в коммуникации. [6] Проектировщики, строители и управленцы могут работать с одними и теми же данными и изменениями, что исключает возможность возникновения ошибок, вызванных недопониманием или недостатком информации. BIM позволяет фиксировать и обновлять данные в реальном времени, делая процессы более прозрачными и взаимосвязанными.

Анализ нормативной базы, регулирующей снос зданий и применение ТИМ, показал, что в последние годы в России наблюдается тенденция к обновлению и улучшению законодательства в этой области. Новые изменения в Градкодексе РФ открывают дополнительные возможности для использования информационных моделей, однако для их эффективного применения необходимо разработать более детализированные и конкретные правила, которые бы учитывали специфику процессов демонтажа. Это позволит не только улучшить качество выполнения работ, но и повысить уровень безопасности на строительных площадках.

С помощью информационного моделирования также можно заранее спрогнозировать потенциальные проблемы, связанные с сносом здания. Например, модель может предсказать возможные аварийные ситуации или

показать, как снос может повлиять на соседние объекты. Это позволяет команде заранее разработать планы предотвращения и минимизации рисков. Совершенствование планирования на основе данных из модели помогает предотвратить ненужные задержки в процессе сноса и повышает общую эффективность проекта в отличие от традиционного способа.

Таким образом, использование информационных моделей на стадии сноса зданий представляет собой актуальную и перспективную область, которая требует дальнейшего изучения и внедрения. Применение ТИМ может значительно улучшить процессы демонтажа, управление отходами и рециклинг, что в свою очередь будет способствовать более устойчивому и экологически безопасному строительству. Важно, чтобы все заинтересованные стороны, включая государственные органы, строительные компании и научные учреждения, объединили усилия для реализации потенциала информационного моделирования в этой области, что позволит не только повысить эффективность сноса, но и внести вклад в охрану окружающей среды и устойчивое развитие.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов И.И. Применение информационного моделирования в процессе сноса зданий // *Строительная механика*, 2021. № 2. С. 12–19.
2. Кузнецова Л.Ф. Информационные модели как инструмент управления рисками при сносе // *Вестник строительной науки*, 2022. № 6. С. 11–19.
3. Синицын А.В. Правила обследования зданий и сооружений: теория и практика, Москва: Стройиздат, 2010. 320 с.
4. Комиссаров В.И. Методика обследования зданий и сооружений// *Строительные материалы и конструкции*, 2012. № 3. С. 15–21.
5. Грибов А.Н. Техническое диагностирование зданий и сооружений: современный подход // *Научные труды*, 2018. № 9. С. 101–107.
6. Лебедев В.М. Технология возведения зданий и сооружений. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. 373 с.

Баженова О.О., ст. преп.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Дрокин С. В.

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

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЗДАНИЙ

В связи с исчерпанием срока службы значительного количества зданий и сооружений актуальной задачей является определение их остаточного ресурса и продолжительности нормальной эксплуатации. При этом в течении срока службы очень часто может меняться функциональное назначение отдельных помещений и здания в целом,

измениться нагрузки на конструкции, а также значительно измениться условия эксплуатации. При этом еще на этапе проектирования и строительства возможно появление дефектов и повреждений, которые снижают срок службы отдельных конструкций и здания в целом. Остаточный ресурс здания также очень сильно зависит от частоты проведения текущих и капитальных ремонтов.

Существует два базовых подхода к определению остаточного ресурса: с применением теории вероятности (метод экспертных оценок или логико-вероятностная модель) или с применением детерминированных расчетов (математическое моделирование или детерминированная модель) [1-3].

Основным недостатком вероятностных методов является потребность в большом объеме информации о физико-механических свойствах материалов, геометрических параметрах конструкций, внешних воздействиях, скорости протекания коррозии, имеющихся дефектах и повреждениях, и их развитии, влияние условий эксплуатации и т.д.

Детерминированные расчеты заключаются в выборе зависимости (формулы), которая описывает изменение прочностных, функциональных качеств конструкции. Чтобы выбрать или описать функцией зависимость нужно знать точное представление о механизме процессов, а так, как и в случае применения вероятностных методов, нужна информация о изменении физико-механических свойств материалов с течением времени. Зависимость должна быть в достаточной степени обоснована, в противном случае экстраполяция предполагаемого закона поведения конструкции по выбранному параметру может привести к серьезным ошибкам.

Вышеописанные методы имеют ограниченную область применения, так как не учитывают многие факторы – скрытые дефекты и повреждения, резкое изменение условий эксплуатации или воздействие особых нагрузок.

Большинство методик расчета остаточного ресурса требуют большого количества исходных данных. Методики, доступные для использования, зачастую дают весьма неточные результаты.

В настоящий момент имеется рекомендованная к использованию вероятностная методика определения остаточного ресурса и надежности отдельных конструкций и эксплуатируемых зданий, и сооружений [4].

По данной методике остаточный ресурс или срок эксплуатации до капитального ремонта рассчитывается в годах на основании визуального обследования отдельных конструкций по формуле:

$$t = \frac{0,16}{\lambda},$$

где λ – постоянная износа.

$$\lambda = -\frac{\ln y}{t_{\varphi}},$$

где t_{φ} – срок эксплуатации в годах на момент обследования.

Относительная оценка надежности производится по формуле:

$$y = 1 - \varepsilon,$$

где ε – величина повреждения строительных конструкций через t лет ее эксплуатации;

$$\varepsilon = 1 - e^{-\lambda t}.$$

Основным недостатком данной методики является величина коэффициентов значимости отдельных видов конструкций, которые не регламентируются в данных рекомендациях или другой нормативной литературе.

В настоящее время метод экспертных оценок с применением теории вероятности является более перспективным, чем метод с применением детерминированных расчетов, так как позволяет более точно определять остаточный срок службы объектов при условии объективности выводов о текущем состоянии конструкций.

В настоящий момент нет работоспособной инженерной методики расчета надежности и остаточного срока службы эксплуатируемых зданий и сооружений. Для доработки существующих методик необходимо создать информационную базу результатов длительных испытаний конструкций и зданий в целом, а также в выявлении закономерностей влияния различного рода дефектов на состояние отдельных конструкций и зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоляго Г.А. Современные подходы к расчету остаточного ресурса изгибаемых железобетонных элементов с коррозионными повреждениями / Г.А. Смоляго, Н.В. Фролов // Вестник ТГАСУ, 2019. – №6 – С. 88-100.
2. Голубев К.В., Шестакова Е.А. Особенности определения остаточного ресурса зданий и сооружений исторической застройки // Современные проблемы науки и образования. – 2015. - №1. – С.427
3. Волков М.Д., Кибкало А.В. Существующие модели оценки остаточного ресурса конструкций и их сравнительный анализ // Молодой ученый. – 2016. -№25 (129).
4. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. ЦНИИПромзданий, 2001. 101 с.

**Гнездилов Д.В., аспирант,
Олейников А.А., аспирант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Наумов А.Е.**

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

ЭФФЕКТИВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

Эффективная организация общественных пространств гражданских зданий является актуальной проблемой современной действительности, так как повышается плотность застройки и расходы на содержание этих

пространств. Данный вопрос можно рассматривать на различных этапах жизненного цикла здания, как на этапе идеи и проектного предложения, так и на этапе реновации, когда здание меняет свои функциональные особенности и приобретает новые, изначально незаложенные функции.

На примере отечественного и зарубежного опыта проектирования и реновации общественных пространств, мы можем пронаблюдать наиболее удачные приемы и решения, повышающие эффективность, коммерциализацию и популярность данных мест у населения.

Рассмотрим российский проект МФК Лахта-центр – это комплекс зданий на Лахтинском проспекте. (рис. 1).



Рис. 1. Общественное пространство КЗС Лахта

При создании концепции общественного пространства необходимо учитывать идентичность местности, особенностям местного колорита и стиля жизни населения. Близость Финского залива и северное расположение диктует особую концепцию и настроение, которое отразится в интерьере. В данном интерьере общественного пространства КЗС Лахта используются натуральные материалы отделки, а также имитации натуральных текстур и фактур. Колористические решения представлены в спокойных светлых и пастельных оттенках, что в свою очередь подчеркивает атмосферу природы севера [1-3].

Из-за сложной геометрии здания были использованы нетипичные и уникальные конфигурации внутренних пространств. В одном помещении могут находиться четыре разнонаправленные колонны и наклонные в разных плоскостях фасады. Что делает интерьеры уникальными и узнаваемыми. «Индивидуальность – связана с общественной ценностью и должна вызывать ассоциации, общественный резонанс, значимость» [4].

Одним из основных принципов по видению Захаровой Е.Е. является вовлечение жителей в создание общественных пространств. «Без таковой (выработка задания на проектирование, обсуждение проекта, участие в реализации, субъективация поддержания пространства) данный институт работать не будет» [5]. Понимание интересов сообщества в различных

областях деятельности способствуют созданию наиболее актуальных и востребованных функциональных зон.

Особое внимание уделяется системе навигации. Визуальные указатели должны находиться на ключевых узлах, они должны быть максимально понятными и хорошо считываться. Поток посетителей должны быть логичными и интуитивно понятными для всех групп населения. Так же необходимо продумать основные маршруты движения между ключевыми зонами, а также места рекреации по пути этих маршрутов.

Обеспечение комфорта и безопасности является одной из главных задач при проектировании общественных пространств. Необходимо так расположить ключевые маршруты и функциональные зоны, чтобы те не имели узких проходов и тупиков, были достаточно освещены, а также разделить потоки посетителей.

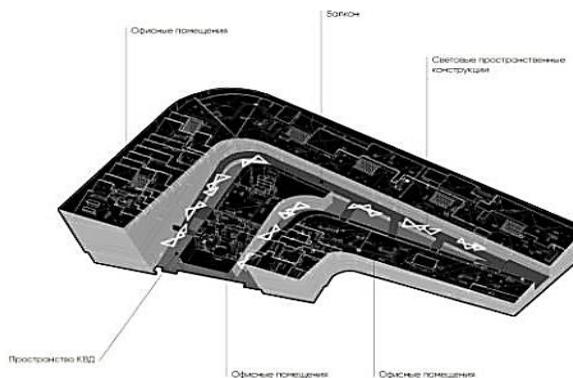


Рис. 2. 3D разрез общественного пространства КЗС Лахта

В проекте общественного пространства КЗС Лахта присутствует озеленение, что в свою очередь способствует «оживлению» пространства. Оно представлено в зонах рекреации на ключевых маршрутах между офисными помещениями. «Для наиболее успешного формирования зон экологического комфорта следует учитывать, что любое пространство должно соответствовать своему целевому назначению, отвечать поставленным задачам, быть удобным, комфортным и эстетически привлекательным.» [6]

При проектировании общественных пространств немалую роль играет освещение. Современный этап характеризуется активным практическим внедрением осветительных LED-технологий. [7] Оно может являться арт-объектом и при этом быть функциональным. Также стоит определиться с цветовой температурой, она способствует созданию нужной атмосферы, концептуально и функционально подходящей того или иного общественного пространства. Освещение КЗС Лахта представлено в виде

парящих геометрических фигур, что подчеркивает задачи пространства и общий дух. Холодная цветовая температура и динамичность линий светильников отсылает к образу ледников и северного сияния, что подчеркивает атмосферу пространства. [8-10]

Эффективная организация общественных пространств подразумевает использование основных принципов при создании проекта:

- идентичность местности;
- уникальность объемно-планировочных решений;
- колористика, соответствующая дизайн-концепции;
- вовлечение жителей в создание проекта;
- понятная система навигации;
- безопасность пространства;
- функциональное зонирование;
- озеленение;
- освещение.

Применяя основные принципы проектирования общественных пространств, мы создаем уникальное место, в котором будет комфортно находиться различным категориям населения. Тем самым создается продуманное многофункциональное пространство, которое будет актуально многие годы на протяжении всего жизненного цикла здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евстигнеева Е.А., Чулков В.О. Реновация как оболочка множества инновационных видов реорганизации в управлении жизненным циклом объектов строительства // Вестник Евразийской науки. 2020. С. 12-13.
2. Маклакова Т.Г. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Учебник для вузов. – М., Стройиздат, 1981. – 368 с., ил.
3. Чулков В.О. Инфографическая модель цикла реорганизации. – Управление инвестиционно-строительным и жилищно-коммунальным комплексами: Международный сб. науч. трудов / Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.О. Чулкова. – М.: МГАКХиС, 2010. – С. 394–409.
4. Кадыров Т.Э. Общественные пространства: феномены, тенденции и процессы. // Известия КГАСУ, 2014. – С. 115-119.
5. Захарова Е.Е. Общественные пространства – новый вектор социокультурного развития территории // Урбанистика. 2018. № 1. С. 59-65.
6. Зазуля В.С. Экологический комфорт и общественные пространства // Урбанистика. 2020. № 3. С. 75-90.
7. Козлов Д.Г. Общие тенденции развития светового дизайна средствами LED-технологий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016.. – С. 146-153.
8. Poot, Tine, Maarten Van Acker, and Els De Vos. 2015. “The Public Interior:: The Meeting Place for the Urban and the Interior”. *idea journal* 15 (1):44-55

9. Tam A. N. T. From Spaces to Societies: Exploring the Impact of Public Interior Design on Urban Social Interactions //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 535. – С. 03008.

10. Cai X., Zhang Y. Design and application of ecological concept in interior space of public buildings //Advances in Petrochemical Engineering and Green Development. – CRC Press, 2022. – С. 432-436.

Демин В.О., аспирант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Смоляго Г.А.**

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

О ПРИМЕНЕНИИ ИНДИКАТОРОВ КОРРОЗИИ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

В процессе визуального обследования производится предварительная оценка технического состояния строительных конструкций. Некоторые конструктивные элементы с определенных сторон или вовсе не имеют доступа для визуального осмотра по различным причинам, среди которых – устройство иных конструктивных решений (конструкция пола прикрывает плиты перекрытия сверху), размещение оборудования (доступ к несущим конструкциям здания или сооружения затруднен, или вовсе невозможен в связи с расположением технологического оборудования и коммуникаций) [1].

Определение остаточного ресурса строительных конструкций зданий и сооружений опирается в том числе и на их техническое состояние. Отсюда можно сделать вывод, что чем больше данных о повреждениях в структурах конструкции собрано – тем точнее можно определить текущее техническое состояние конструкции и спрогнозировать ее остаточный ресурс [2-3].

Регулярные периодические обследования технического состояния строительных конструкций в соответствии с положениями ГОСТ 31937-2024 зачастую проводятся не на всех предприятиях, что не позволяет проследить динамику изменения технического состояния строительных конструкций и приводит к более позднему обнаружению дефектов и повреждений. В конечном счете несвоевременное обнаружение и оценка дефектов и повреждений ведет к увеличению риска наступления отказа конструкции и повышению финансовых и трудовых затрат на восстановление конструкции или проведение реконструкции [4-5]. Недостаточность проведения регулярного обследования технического состояния производственного здания может быть компенсирована сбором отдельных данных, свидетельствующих прямо или косвенно о

техническом состоянии конструкций, силами обслуживающего персонала предприятия.

В связи с постепенным переносом проектной документации в BIM возникает потребность добавить к модели функционал оценки технического состояния строительных конструкций. Накопленная в едином информационном пространстве информация о здании, включая этап проектирования, строительства и эксплуатации, позволит в будущем иметь полную картину жизненного цикла здания. Часть регулярно собираемых данных о состоянии строительных конструкциях здания можно автоматизировать.

Для решения поставленных задач может потребоваться установка датчиков, определяющих тот или иной параметр строительных конструкций. В случае применения данного решения в массовом строительстве промышленных зданий установка дорогостоящих датчиков и сложного оборудования избыточна и экономически нецелесообразна.

В такой ситуации предлагается произвести установку простого индикатора, цель которого – определить глубину коррозии бетона и инициацию коррозии арматуры [6-8].

Индикатор представляет собой систему стальных проволок, проходящих на различном строго определенном расстоянии от поверхности бетона. Проволока имеет малый диаметр и не соприкасается с арматурной конструкцией. В случае достижения коррозионного фронта до индикаторной проволоки происходит ее коррозия с последующим разрывом цепи. Данная индикаторная проволока позволит с определенным шагом и крайне просто определить глубину коррозии конструкции и возможный момент инициации коррозии арматуры. Индикатор должен иметь возможность оценить коррозию как снизу плиты, так и сверху, где воздействие жидкой агрессивной среды наиболее интенсивно, а доступ крайне затруднен конструкцией пола (исключает сплошной визуальный контроль) и технологическим оборудованием [9]. Выводные контакты должны обладать достаточным диаметром для сохранения работоспособности при коррозионных процессах и выводиться снизу для простого доступа (рис. 1).

Процесс проверки состояния индикатора может производиться простым мультиметром в режимах «измерение сопротивления» или «проверка диода (прозвонка)» в том числе силами обслуживающего персонала. При необходимости автоматизации можно считывать параметры проводимого тока через проволоку централизованно, что обеспечит своевременное обнаружение изменения технического состояния строительных конструкций.

Предполагается использовать конструкции с встроенным индикатором в отношении 1 индикатор на 10 конструкций. В качестве контактной площадки индикаторов может применяться обычная закладная деталь. Для удобства мониторинга состояния индикатора стоит рассмотреть возможность вывода контактов внешними проводами на

ближайшую доступную вертикальную поверхность (стена, колонна) на высоте 1,0 м от пола. Возможность мониторинга без необходимости применять лестницы или подмости еще больше упростит и ускорит процесс, что в конечном счете позволит обеспечить периодичный мониторинг строительных конструкций.

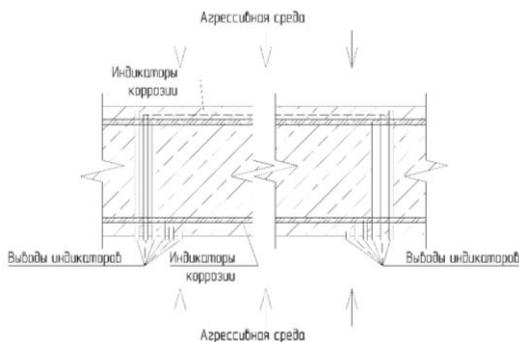


Рис. 1. Принципиальная схема размещения индикатора коррозии

Введение практики контроля технического состояния строительных конструкций через простые дешевые индикаторы, встроенные в саму конструкцию, позволит увеличить точность результатов обследования технического состояния, проводить регулярный мониторинг силами самого предприятия без каких-либо серьезных трудозатрат и глубоких знаний.

В долгосрочной перспективе введение подобных индикаторов позволит собрать данные о коррозии железобетонных конструкций различных предприятий в больших объемах, что обеспечит более полное понимание характера эксплуатации строительных конструкций в условиях воздействия силовых воздействий и агрессивной среды при эксплуатации в реальных условиях производственных зданий.

В конечном счете данное предложение призвано уменьшить аварийность тех зданий и сооружений, конструкции которых подвержены интенсивному влиянию агрессивной среды [10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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. Том 1. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 94-100.
2. Пухонто Л.М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений: (силосов, бункеров, резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен). Монография. М.: Изд-во АСВ, 2004. 424 с.

3. Смоляго Г. А., Фролов Н.В. Современные подходы к расчету остаточного ресурса изгибаемых железобетонных элементов с коррозионными повреждениями // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21, № 6. С. 88-100.

4. Беляев, С. М. Расчет остаточного ресурса зданий с учетом запаса несущей способности конструкций // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № 3(11). С. 22-25.

5. Добромыслов А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам. Справочное пособие. М.: Изд-во АСВ, 2004, 72 с.

6. Ерофеев В.Т., Федорцов А.П., Богатов А.Д., Федорцов В.А. Биокоррозия цементных бетонов, особенности ее развития, оценки и прогнозирования // Фундаментальные исследования. 2014. № 12-4. С. 708-716.

7. Ключева Н. В., Дорофеев А. А. К оценке предельной глубины повреждения нагруженного и корродирующего бетона // Строительство и реконструкция. 2011. № 2(34). С. 25-29. – EDN OIKVNX.

8. Смоляго Г. А., Крючков А. А., Дрокин С. В., Дронов А. В. Исследование аспектов хлоридной коррозии железобетонных конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 22-24. – EDN RYXDTN.

9. Демин, В. О. Характерное повреждение от воздействия молочной кислоты на цементный бетон // 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.

10. Леденев В.В., Однолько В.Г. Анализ причин аварий зданий и сооружений и пути повышения их надежности // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2012. Т. 18, № 2. С. 449-457.

Дудченко К.А., магистрант

Научный руководитель: ст. преп.

Долженко А.В.

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

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В КРИЗИСНЫХ УСЛОВИЯХ

В современных условиях строительная отрасль оказывается перед множеством вызовов, требующих активного государственного участия в регулировании и развитии отрасли. Стоит учесть, что в условиях кризиса особую роль играет практико-ориентированная модель государственного регулирования строительной отрасли [1].

В Российской Федерации существует система управления строительным хозяйством, которая включает регулируемую функцию со стороны органов государственного управления. Федеральными органами

исполнительной власти, ответственными за управление в строительной отрасли, являются различные министерства, службы и агентства, среди которых Министерство строительства и ЖКХ Российской Федерации (Минстрой) является основным. Минстрой взаимодействует с другими федеральными органами и региональными ведомствами для обеспечения эффективного регулирования и контроля в строительстве.

Поскольку строительная отрасль представляет собой крупнейший источник государственных доходов, то ее регулирование обеспечивает эффективность с точки зрения общеэкономического и социального функционирования (рис. 1) и также позволяет говорить о безопасности сделок субъектов на законодательном уровне [2].



Рис. 1. Направления деятельности государства в регулировании экономических процессов строительной отрасли

Помимо прочего, стоит рассмотреть этот аспект деятельности в современных кризисных реалиях последних лет, поскольку одной из наиболее важных характеристик строительной сферы является волатильность, связанная с общей экономической ситуацией в стране, отражающейся чаще всего именно на строительной отрасли. Дестабилизация, вызванная пандемией COVID-19 и геополитическими переменами в мире [3], поставила мировую экономику в чрезвычайно сложное положение, которое сопровождается нарушением цепочек поставок и высоким уровнем инфляции на фоне стремительного роста цен на энергоносители. Строительный сектор не защищен от этих проблем, и компании должны быть осведомлены о предстоящих рисках. 2022-23 гг. был отмечен серьезными трудностями, такими как рост материальных затрат, дефицит рабочей силы и стагнация производительности. Но за этими трудностями скрывается множество новых возможностей для тех, кто способен адаптироваться к новой реальности.

Постановление Правительства РФ от 31 августа 2023 г. № 1417 является важным шагом в регулировании сферы инженерных изысканий, проектирования, строительства и сноса. Утвержденный порядок формирования и ведения реестра документов поможет обеспечить более систематизированный подход к хранению и учету ключевых документов, связанных с данными видами деятельности.

Важно и то, что на Минстрой России возложены полномочия по ведению реестра, что позволяет обеспечивать централизованный подход к учету документов. Операторы, в свою очередь, помогают обеспечивать

корректную систематизацию и включение необходимой информации в реестр, что способствует повышению прозрачности и эффективности в строительной сфере.

Существующая структура управления и нормативного регулирования, характеризующаяся фрагментированным распределением функций между различными федеральными органами исполнительной власти, а также присутствием более двадцати технических комитетов, занимающихся утверждением стандартов, является сложной и может создавать трудности для согласованного развития сектора экономики. Параллельно, размещение утвержденных документов в различных органах препятствует эффективному доступу и использованию этой информации сторонами, занятыми в строительной сфере.

Для решения этой проблемы важным событием для отрасли становится создание реестра нормативной и технической документации. Данный ресурс играет критическую роль в регулировании обнаруженных противоречий и устранении дублирования процессов архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, эксплуатации и обслуживания зданий и сооружений [5].

При рассмотрении нормативной работы за 2023 г., было установлено, что государством в сфере строительства разработаны и приняты акты, содержащие в себе антикризисные меры и охватывающие все наиболее важные аспекты отрасли (жилищное строительство, инфраструктурное строительство, долевое строительство, комплексное развитие территории, расселение аварийного жилья и т.д.), которые представляют собой: 131 Правительственный акт, 37 федеральных законов, 87 приказов Минстроя России.

Сегодняшняя стратегическая задача состоит в полной реализации потенциала строительного комплекса, который имеет значительное влияние на развитие каждого отдельного региона и страны в целом [4].

Также, одним из наиболее обсуждаемых документов стало распоряжение Правительства РФ об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 г. с прогнозом до 2035 г.

В рамках стратегии особое внимание будет уделено разработке и использованию эффективных инструментов для достижения поставленных задач. Кроме того, будет обозначено ресурсное обеспечение стратегии, включая выделение необходимых финансовых ресурсов и определение источников для их бюджетного финансирования, что позволит достичь запланированных результатов и обеспечить успешную реализацию стратегии [6].

Таким образом, государственное участие играет ключевую роль в развитии и регулировании строительной отрасли. Государство может влиять на отрасль через различные механизмы, такие как нормативное регулирование, финансовая поддержка, участие в инфраструктурных проектах.

Государственные меры стимулирования способствуют развитию строительной отрасли, формированию современной инфраструктуры, созданию рабочих мест и обеспечению устойчивого экономического роста. Повышение профессионализма и безопасности в строительстве не только благотворно влияет на качество жизни граждан, но и является важным фактором долгосрочной эксплуатации инженерных систем и сооружений.

Важно, чтобы государственное участие было целенаправленным, эффективным и прозрачным и могло обеспечить устойчивое и сбалансированное развитие строительной отрасли в интересах общества и экономики страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловьева, Е. Е. Правовые аспекты государственного регулирования инвестиционно-строительной деятельности / Е. Е. Соловьева, Р. Г. Абакумов, А. Е. Наумов // *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. – 2018. – № 4(30). – С. 146-151.
2. Глаголев, С. Н. К вопросу об эффективности государственного регулирования экономики в условиях кризиса / С. Н. Глаголев, В. В. Моисеев // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2016. – № 5. – С. 217-223.
3. Грушина О.В. Кризисы XXI века, или как выжить отрасли жилищного строительства в РФ / О.В. Грушина, Т.А. Красноштанова // *Государственное управление. Электронный вестник*. – 2023. – №95. – С. 20-40.
4. Старова, О. В. Влияние государственного регулирования в строительстве / О. В. Старова, П. А. Пугачева, Е. В. Вдовина // *E-Scio*. – 2020. – № 12(51). – С. 386-392.
5. Суворова, М. О. Совершенствование системы управления жизненным циклом комплексной застройки территорий с позиции низкоуглеродного развития / М. О. Суворова, А. Е. Наумов, В. В. Строкова // *Строительство и архитектура*. – 2023. – Т. 11, № 2. – С. 3. – DOI 10.29039/2308-0191-2023-11-2-3-3.
6. Кошечев, В. А. Формирование механизма реализации государственного регулирования инновационной деятельности в строительстве / В. А. Кошечев, Ю. А. Цветков, А. В. Крянев // *Теоретическая экономика*. – 2021. – № 5(77). – С. 103-109.

Левшин А.М., студент

Научный руководитель: ст. преп.
Рябчевский И.С.

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

МЕХАНИЗМЫ АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМИ ДААННЫМИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В строительной отрасли наблюдается значительный рост генерации и использования данных, что свидетельствует о цифровизации отрасли [1, 2]. Большие данные можно использовать для информирования о планировании и проектировании проектов, мониторинга хода строительства и оптимизации операций и обслуживания. Собирая и анализируя данные о прошлых проектах, строительные компании могут использовать прогностическую аналитику для выявления потенциальных рисков и возможностей для улучшения; датчики могут использоваться для мониторинга производительности оборудования, производительности труда и условий окружающей среды в режиме реального времени. Используя аналитику данных для оптимизации цепочки поставок в строительстве, компании могут сократить отходы, улучшить логистику и повысить эффективность, а также оптимизировать потребление энергии, сократить эксплуатационные расходы и повысить устойчивость [3]. В целом, большие данные становятся все более важными в строительной отрасли, поскольку компании стремятся улучшить результаты проектов, сократить расходы и повысить эффективность. Однако рост цифровизации строительных компаний часто все еще находится на ранних стадиях.

Помимо обычных строительных процессов, включая сборное производство и строительные площадки, программное обеспечение для планирования и управления строительством, такое как BIM (информационное моделирование зданий), EIS (информационная система для руководителей), DSS (система поддержки принятия решений), также генерирует большие данные [4, 5]. Однако термин «большие данные» не просто означает «большой объем» данных, содержащих обильную информацию, которую можно было бы назвать «массивными данными». По сути, «большие данные» (англ. Big Data – большие данные) означают данные, которые, как правило, неструктурированы, неоднородны и, следовательно, сложны в обработке.

В результате неструктурированные данные должны обрабатываться аналитикой данных на протяжении всего процесса строительства, включая изображения, электронные письма, планы, веб-сайты и отчеты [6]. На рис. 1 показаны типовые сценарии генерации больших данных, включая повсеместно используемые датчики, установленные на оборудовании, применяемом на строительных площадках, или терминальные устройства,

такие методы связи, как спутник, Wi-Fi и т.д., пограничные или облачные серверы, а также все виды строительных услуг, включая управление, проектирование, мониторинг, планирование, составление графиков и т. д.

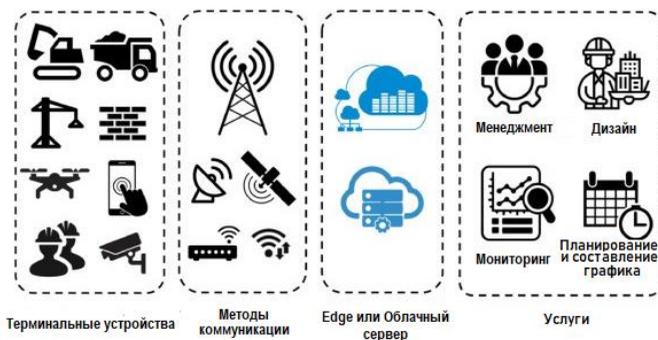


Рис. 1. Сценарии генерации больших данных в процессе строительства

Аналитика данных в строительной отрасли вносит вклад во многие различные аспекты, включая проектирование зданий, управление затратами на строительство, прогнозирование потребления энергии и идентификацию моделей, прогнозирование производительности материалов, управление безопасностью, создание облачной структуры, принятие решений и другие области [2]. С другой стороны, обширные данные, собранные о ходе строительных проектов в течение всего их жизненного цикла, состоянии оборудования, деятельности рабочих, позициях материалов, траекториях транспортных средств, потреблении энергии, погодных условиях и т. д., могут улучшить модели искусственного интеллекта (ИИ) [7], предоставляя более широкое понимание строительной отрасли.

Инжиниринг данных, включая сбор, обработку, хранение, базу данных и конвейер, служит основой для эффективного анализа данных, упорядочивая необработанные данные в форму, которая удобна как для анализа, так и для хранения. Инструменты для инжиниринга данных представлены на рис. 2.

Инжиниринг больших данных должен соответствовать следующим критериям с точки зрения анализа данных:

- доступность для различных типов данных;
- эффективное хранение массивных данных;
- возможность масштабирования инженерных систем;
- глобальный контроль данных.

От сбора данных до всего конвейера инжиниринг больших данных является систематической задачей, как показано на рис. 3.



Рис. 2. Компоненты управления большими данными

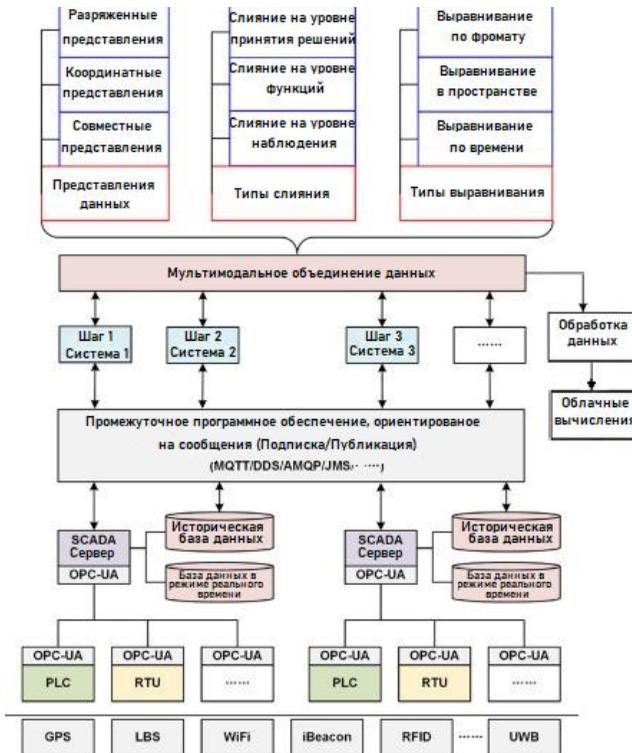


Рис. 3. Диаграмма проектирования больших данных

Данные, которые используются в процессе строительства, собираются из мультимодальных источников и передаются с использованием различных методов и протоколов в соответствии с перспективой получения данных. Помимо различных типов данных на основе датчиков, часто используются глобальная система позиционирования (GPS) [2], способ автоматической идентификации объектов (RFID), в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в транспондерах, или RFID-метках [8], служба определения местоположения (LBS) [9] и т.д. После получения из различных источников разнородные данные объединяются в единый процесс. Для передачи локальных данных используются как кабельные, так и беспроводные технологии, включая Wi-Fi, сверхширокополосную связь (UWB) и т.д. Открытая платформенная единая архитектура коммуникаций (OPC-UA), стандарты обмена данными для промышленной связи (M2M или соединение ПК-машина) используются для управления полученными данными с помощью программируемых логических контроллеров (PLC), удаленных терминальных устройств (RTU) и других устройств [10].

Все формы данных в конечном итоге будут управляться сервером диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) (рис. 4). Система SCADA имеет важное значение для процесса сбора данных в области инжиниринга данных, которая управляет многими видами больших данных в строительной отрасли, включает показания датчиков, такие как скорость, температура, данные о частоте и т.д., а также контролирует и регулирует весь процесс сбора данных.



Рис. 4. Сервер диспетчерского управления и сбора данных (SCADA)

Данные непрерывно записываются, а затем преобразуются в текущие и исторические данные путем подключения и мониторинга распределенных устройств по всей площадке и на протяжении всего процесса строительства. Для хранения этих двух типов данных используются отдельные базы данных. В то время как текущие данные в реальном времени используются для точной настройки предварительно обученной модели системы для лучшей синхронизации мгновенных ответов системы или обнаружения аномальных событий, исторические данные используются для построения эмпирических моделей для анализа системы. Устойчивость и чувствительность модели системы с точки зрения

обслуживания и ответов улучшаются за счет слияния исторических и реальных данных.

Обработка данных требуется для форматированных данных из-за шума, отсутствующих данных и непоследовательной природы реальных данных. Обработка данных для повышения качества имеет решающее значение, поскольку данные низкого качества дают информацию низкого качества. Основные методы подготовки данных включают очистку, преобразование и дискретизацию [11]. Очистка данных очищает исходные данные, удаляя шум и избыточную информацию, закрывая пробелы, выявляя и обрабатывая выбросы и сглаживая шум. Меньшее по объему, идентичное аналитическое представление исходного набора данных создается путем сокращения данных. Дискретизация и преобразование данных включают или изменяют исходные данные для повышения эффективности процесса добычи данных и способности понимать извлекаемые закономерности.

Между информацией и принятием решений существует динамическая связь. Технология данных обычно используется для оптимизации, сбор, обновление данных, распознавание образов и корреляция происходит автоматически. Системы больших данных используются подходами ИИ для предоставления информации и понимания еще до начала проекта, что позволяет на ранних этапах управлять потенциальными проблемами, включая проблемы координации на строительных площадках, конфликты между различными дисциплинами и профессиями и даже влияние погоды. Возможность менять свое мнение в ответ на понимание данных может оказать существенное влияние на сокращение затрат и превышение сроков.

Большие данные также могут помочь повысить производительность строительных площадок и машин. Для повышения эффективности на современных строительных площадках используются датчики для сбора данных о площадке и оборудовании. Производительность и использование инструментальных машин можно изучить достаточно подробно благодаря информации, выдаваемой данными устройствами при подключении к рабочему оборудованию на площадке. Данные датчиков могут показать, когда строительное оборудование простаивает и используется, что позволяет подрядчикам повысить топливную экономичность и производительность, а также определить, выгоднее ли покупать, брать в аренду или лизинг рассматриваемое оборудование.

Аналитика данных в реальном времени на месте и за его пределами может улучшить выявление и оценку рисков. Беспилотные авиационные средства, BIM и сборные строительные технологии являются примерами последних, важных технологий, которые могут помочь снизить или даже полностью устранить типовые риски, включая отклонение от запланированных сроков проведения работ, проблемы безопасности и погоду. Кроме того, аналитика данных может включить системы, использующие автоматическое обучение, для контроля опасностей в реальном времени и на месте. Например, решения для больших данных

могут предупреждать проектную группу о потенциальных задержках, общем превышении сроков и стоимости проекта, оценивая производительность ключевых ресурсов, таких как рабочие и оборудование. Кроме того, можно накладывать проектно-ориентированные данные на корпоративные данные для выявления тенденций, собирая как структурированные, так и неструктурированные данные [2].

Современная строительная отрасль требует обработки и аналитики больших данных в реальных промышленных приложениях в течение жизненного цикла строительного проекта. Методы больших данных помогают строительной отрасли, повышая эффективность и сокращая отходы за счет использования передовых информационных технологий и систем управления данными. Современные технологии, такие как ИИ, сложные статистические и оптимизационные модели и аналитика больших данных, предлагают дополнительные возможности для улучшения процессов. Развитие аналитики больших данных расширяет возможности отслеживания, записи и анализа данных для прогнозирования и рекомендации наилучшего алгоритма действий для управления строительными проектами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова, Л. А. Управление данными BIM-модели при оценке устойчивости жизненного цикла зданий / Л. А. Сулейманова, И. С. Рябчевский // Университетская наука. – 2023. – № 1(15). – С. 117-119.

2. Yan H., Yang N., Peng Y., Ren Y. Data mining in the construction industry: Present status, opportunities, and future trends // Autom. Constr. – 2020. – Vol. 119. – P. 103331.

3. Сулейманова, Л. А. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами / Л. А. Сулейманова, П. В. Сапожников, А. Н. Кривчиков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 4. – С. 12-24.

4. Сулейманова, Л. А. Оптимизация технологических процессов в строительном производстве с помощью BIM-технологий / Л. А. Сулейманова, Р. Н. Темурзиева, И. С. Рябчевский // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции, Белгород, 17 апреля 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 121-127.

5. Рябчевский, И. С. Технологии BIM в процессе управления жизненного цикла объектов строительства / И. С. Рябчевский, И. А. Чесноков, И. С. Сулейманов // VII Международный студенческий строительный форум - 2022: Сборник докладов VII Международного студенческого строительного форума, Белгород, 24 ноября 2022 года. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 138-144.

6. Baars H., Kemper H.-G. Management support with structured and unstructured data – an integrated business intelligence framework // Inf. Syst. Manage. – 2008. – Vol. 25(2). – P. 132-148.

7. Bilal M., Oyedele L. O., Qadir J., Munir K., Ajayi S. O., Akinade O. O., Owolabi H. A., Alaka H. A., Pasha M. Big Data in the construction industry: A review of present status, opportunities, and future trends // Adv. Eng. Inform. – 2016. – Vol. 30(3). – P. 500-521.

8. Wang L.-C. Enhancing construction quality inspection and management using RFID technology // Autom. Constr. – 2008. – Vol. 17(4). – P. 467-479.

9. Malacarne G., Toller G., Marcher C., Riedl M., Matt D. Investigating benefits and criticisms of bim for construction scheduling in SMEs: An Italian case study // Int. J. Sustain. Dev. Plan. – 2018. – Vol. 13(1). – P. 139-150.

10. Leitner S.-H., Mahnke W. OPC UA – Service-Oriented Architecture for Industrial Applications, ABB Corporate Research Center, 2006. Vol. 48. P. 22.

11. García S., Ramírez-Gallego S., Luengo J., Benítez J. M., Herrera F. Big data preprocessing: methods and prospects // Big Data Anal. 2016. Vol. 1. P. 1-22.

Скирдин Д.С. студент

Научный руководитель: ассистент

Руденко О. Л.

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

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ДРЕВЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Отходы древесины перерабатываются несколькими способами: биологическим, химическим и механическим. В зависимости от предприятия переработки вторичного сырья, технология может меняться. Для примера некоторые предприятия производят упаковочную бумагу, другие брикетируют опилки или производят канифоль.

Биологический способ применяется для низкосортного вторичного сырья. Благодаря чему качественный и ценный материал имеет дешевую стоимость. Способ основан на микробиологическом синтезе и считается экологически чистым. В результате переработки получают белковые кормовые дрожжи, этиловый спирт (рис. 1), альдегиды, фурфурол, ксилит. Продукция используется в нефтехимии, фармацевтике, сельском хозяйстве и других сферах.

Химический. Используется на крупных перерабатывающих предприятиях, например, целлюлозно-бумажных или химических. Методика основана на технологиях гидролиза и пиролиза. В результате из отходов получают целлюлозу (рис. 2), моносахариды, ксилозу и глюкозу, канифоль и скипидар, уксусную кислоту и метиловый спирт. Продукция используется в производстве упаковочной бумаги, лакокрасочных материалов, на фармацевтических и парфюмерных фабриках.

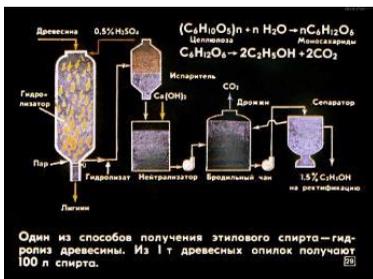


Рис. 1. Получение этилового спирта



Рис. 2. Процесс переработки древесины в целлюлозу

Механический. Наиболее популярный способ, применяется на крупных и небольших предприятиях в качестве простейшей утилизации древесных отходов. Остатки производства дробят в однородную массу, затем прессуют, получая такую продукцию, как пеллеты, брикеты (рис. 3), шашки для поддонов.



Рис. 3. Процесс изготовления брикетов опилок



Рис. 4. Процесс изготовления опилок

Химико-механический. Этот способ переработки популярен, так как с его помощью производят фанеру, ДСП (рис. 4), ДВП, фибролит и так далее. С помощью механической обработки получают промежуточный материал, который в дальнейшем покрывают с синтетическим связующим веществом. Под действием температуры и давления материал поляризуется и прочно склеивается. В качестве связующего могут использовать цемент или другие вяжущие вещества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Громова, А. Г. Закономерности влияния технологических параметров на свойства композиционных материалов из древесных отходов и термопластичных полимеров / А. Г. Громова, С. И. Овсянников // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 3-4(8-4). – С. 296-300.
2. Швецов, А. В. Пути решения экологических проблем за счет использования отходов горнодобывающей промышленности / А. В. Швецов, С. И. Овсянников // Интеллектуальные строительные композиты

для зеленого строительства : Сборник докладов международной научно-практической конференции: В 3 частях. Часть 3. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. – С. 364-369. – EDN WJFDGT.

3. Отходы в доходы #1. Вторичная переработка древесины: виды

4. О

5. Пресс для брикетов из опилок своими руками [Электронный

Смыслова Д.А., магистрант,
Лавриненко Л.И., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Косухин М.М.

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

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Управление жизненным циклом объектов строительства (Lifecycle Management, LCM) стало важным аспектом в современном мире, целью которого является повышение эффективности и производительности этапов проектирования, строительства, эксплуатации и сноса зданий. Цифровизация и внедрение современных технологий играют ключевую роль в оптимизации этих процессов. В данной статье рассматриваются основные направления влияния цифровых технологий на управление жизненным циклом объектов строительства, включая использование информационного моделирования зданий (BIM), интернета вещей (IoT), больших данных и искусственного интеллекта (AI).

Информационное моделирование зданий (Building Information Modeling, BIM) представляет собой инновационный подход к проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений, основанный на использовании цифровых трехмерных моделей. Этот метод позволяет объединить информацию о проекте, начиная с концепции и заканчивая эксплуатацией, в единую цифровую платформу, которая доступна всем участникам процесса [1].

Основными принципами BIM являются:

Цифровая модель. BIM создает детализированную трехмерную модель здания, содержащую информацию о геометрии, материалах, системах, а также временных и финансовых аспектах проекта.

Совместная работа. Все участники проекта – архитекторы, инженеры, строители, владельцы – работают с одной моделью, что позволяет улучшить коммуникацию и взаимодействие между командами.

Жизненный цикл BIM охватывает все этапы жизненного цикла объекта: проектирование, строительство, эксплуатацию и снос. Это позволяет оптимизировать процессы на каждом из этапов.

Среди преимуществ BIM технологии можно выделить следующие показатели.

Повышение качества проектирования. BIM позволяет уменьшить количество ошибок и несоответствий на этапе проектирования. Благодаря визуализации и анализу модели можно заранее идентифицировать потенциальные проблемы и конфликтующие элементы (например, инженерные сети, проходящие через конструкции).

Эффективное управление ресурсами. Использование BIM помогает оптимизировать использование материалов и ресурсов в процессе строительства. Модели могут быть использованы для расчета необходимых объемов и прогнозирования затрат, что помогает избежать перерасхода и сокращает время выполнения работ.

Улучшение планирования и координации. С помощью BIM можно легче планировать стройку, координировать работу различных подрядчиков и отслеживать ход выполнения задач. Инструменты для управления графиками, такие как 4D-моделирование, позволяют визуализировать последовательность выполнения работ и управлять временными затратами.

Улучшенная эксплуатация и обслуживание. Информационная модель здания продолжает использоваться и после завершения строительства. Она становится основным инструментом для управления объектом на этапе эксплуатации, позволяя эффективно планировать техническое обслуживание, управлять запасами и проводить анализ эксплуатации.

С внедрением BIM-практик строительные компании могут достичь значительных экономических выгод, повысить уровень сотрудничества и обеспечить устойчивость объектов на протяжении всего их жизненного цикла. Важно отметить, что BIM не просто технология, а новая бизнес-модель, способная изменить подход к строительству и управлению.

Интернет вещей (Internet of Things, IoT) – это концепция, при которой физические объекты оснащаются датчиками, программным обеспечением и другими технологиями, позволяющими им обмениваться данными через интернет. В контексте строительства IoT играет важную роль в оптимизации процессов, управления ресурсами и повышения безопасности на строительных площадках. Эта технология формирует интеллектуальные сети, способные взаимодействовать и адаптироваться в реальном времени [2].

Применение IoT в строительстве происходит следующим образом.

Мониторинг состояния объектов. IoT-устройства могут использоваться для мониторинга состояния строительных объектов в реальном времени. Датчики могут отслеживать температурные изменения, влажность, вибрации и другие параметры, что позволяет оперативно выявлять потенциальные проблемы, такие как структурные повреждения или недостатки в материаловедении.

Управление строительных площадок. Устройства IoT позволяют значительно улучшить управление строительными площадками. Датчики, установленные на оборудовании и инструменте, могут отслеживать его состояние, местоположение и использование. Это позволяет оптимизировать распределение ресурсов и значительно снизить затраты на неэффективное использование техники.

Оптимизация logistics и поставок. Технология IoT позволяет автоматизировать процессы поставок, отслеживая перемещение материалов и оборудования в режиме реального времени. Это улучшает планирование, сокращает время ожидания и помогает избежать задержек в строительных процессах.

Управление энергоресурсами. Внедрение IoT в управление зданиями позволяет сократить потребление энергии и ресурсов. Умные системы освещения, отопления и вентиляции могут адаптироваться к реальным условиям, обеспечивая эффективность использования энергии и снижения затрат.

Преимуществам IoT в управлении жизненным циклом объектов строительства:

Прозрачность процессов и контроль. Использование IoT обеспечивает большую прозрачность процессов, что позволяет участникам проекта отслеживать состояние и прогресс выполнения работ. Это дает возможность принимать более обоснованные решения, а также увеличивает уровень ответственности между участниками.

Снижение рисков. Благодаря постоянному мониторингу можно снизить риски, связанные с безопасностью на строительных площадках. Датчики могут фиксировать потенциально опасные ситуации и автоматически уведомлять ответственных специалистов.

Эффективное планирование. IoT позволяет анализировать данные о процессе строительства и на основании этих данных улучшать планирование для будущих проектов. Это ведет к оптимизации графиков работы и повышению общей производительности труда.

Большие данные (Big Data) и аналитика становятся неотъемлемыми инструментами в управлении жизненным циклом объектов. Сбор и анализ больших объемов данных позволяют принимать более обоснованные решения на каждом этапе жизненного цикла строительства [3].

Преимущества больших данных:

– улучшение качества проектирования: Анализ исторических данных помогает делать более точные прогнозы и оценки, что в свою очередь ведет к повышению качества проектирования.

– повышение эффективности эксплуатации: Аналитические модели позволяют прогнозировать потребности зданий в ресурсах и проводить плановое техническое обслуживание.

– риск-менеджмент: Работа с большими данными позволяет заранее выявлять потенциальные риски и разрабатывать стратегии для их минимизации.

Искусственный интеллект представляет собой инструменты и алгоритмы, которые могут обучаться на основе данных и адаптироваться в

процессе работы. В строительстве AI активно используется для автоматизации процессов и улучшения принятия решений [4].

К преимуществам AI можно отнести:

– автоматизация процессов проектирования: AI может помочь автоматизировать рутинные задачи, что освобождает время проектировщиков и инженеров для более творческих аспектов работы.

– прогнозирование и оптимизация: AI алгоритмы могут анализировать данные о расходах и расходовании ресурсов, предлагая наиболее эффективные подходы.

– улучшение управления проектами: AI может анализировать данные о ходе проектирования и строительства, предсказывая возможные задержки и проблемы.

Цифровые технологии оказывают значительное влияние на управление жизненным циклом объектов строительства, способствуя повышению эффективности, точности и устойчивости всех этапов – от проектирования до эксплуатации и сноса. Введение технологий, таких как BIM, IoT, большие данные и AI, позволяет оптимизировать процессы, улучшить качество строительной продукции и управлять рисками. В условиях динамично развивающейся строительной отрасли внедрение цифровых решений становится необходимостью для достижения успеха и конкурентоспособности. Переход к цифровым технологиям не только меняет подход к управлению объектами, но и формирует новую парадигму устойчивого и эффективного строительства [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абакумов Р. Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве / Р. Г. Абакумов, А. Е. Наумов, А. Г. Зобова // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2017. - № 5. - С. 171-181.

2. Щербина М.Ю., Стефанова Н.А. Концепция интернет вещей// Креативная экономика – Т.10. – №11. – С.1323-1326.

3. Паскова А.А. Технологии big data в автоматизации технологических и бизнес-процессов // Научное обозрение. Технические науки. – 2018. – № 4. – С. 23-27.

4. ИИ в строительстве – тенденции, проблемы и перспективы развития технологий, обзор решений [Электронный ресурс]. - Режим доступа URL: <https://1solution.ru/events/articles/ai-v-stroitelstve-tendentsii-problemy-i-perspektivy-razvitiya-tekhnologiy-obzor-resheniy>.

5. Особенности концепции цифровой трансформации инвестиционно-строительной сферы - Вестник Алтайской академии экономики и права (научный журнал) [Электронный ресурс]. - Режим доступа URL: <https://vaael.ru/ru/article/view?id=368>.

Сорокин Д.В., аспирант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Гиря Л.В.**

*Донской государственный технологический
университет, г. Ростов-на-Дону, Россия*

ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ЗДАНИЯ

Современный подход к анализу дефектов и повреждений в строительстве требует внедрения технологий, которые не только облегчают процесс диагностики, но и делают его экономически оправданным. Например, использование цифровых инструментов для фиксации и обработки данных позволяет ускорить выявление проблемных зон в конструкциях и сразу же искать эффективные решения. Это особенно важно на фоне требований, установленных российскими нормативами, такими как ГОСТ, СП и другие, которые направлены на обеспечение безопасности и долговечности объектов.

Исследования показывают, что дефекты, появляющиеся на разных этапах жизненного цикла здания, часто приводят к росту эксплуатационных затрат. Так, например, Алоян Р. М. и его коллеги подчеркивают, что даже незначительные повреждения могут негативно повлиять на энергоэффективность, что приводит к увеличению расходов на содержание здания. В свою очередь, Цыганков В. М. рассматривает пути минимизации этих потерь через корректное проведение капитального ремонта, а работы Головинского П. А. и соавторов предлагают практические решения для оптимизации строительных процессов в контексте диагностики.

Понимание характера дефектов и их влияния на здание необходимо не только для проектировщиков и строителей, но и для управляющих компаний, которые несут ответственность за эксплуатацию объекта. Систематический подход к анализу состояния зданий позволяет своевременно устранять повреждения и предотвращать их развитие. Например, мониторинг трещин в несущих конструкциях на этапе эксплуатации помогает не только продлить срок службы объекта, но и существенно снизить затраты на его обслуживание.

В процессе эксплуатации здания регулярный анализ дефектов помогает планировать ремонт и обслуживание, оптимизировать затраты и продлевать срок службы объекта. Это особенно важно для жилых домов, общественных и промышленных зданий, где дефекты могут привести к серьезным последствиям. В итоге совершенствование системы анализа дефектов способствует повышению качества жизни людей и эффективности использования ресурсов в строительной отрасли.

Прочность зданий играет решающую роль в строительной отрасли, поскольку напрямую влияет на безопасность, комфорт, экономическую эффективность и долговечность объектов. Достижение этих показателей требует не только соблюдения строительных норм и стандартов, но и

высокого уровня взаимодействия между архитекторами, инженерами, строителями и эксплуатационным персоналом. Прочность – это результат комплексного подхода, который охватывает все этапы жизненного цикла здания.

Проблема дефектов и повреждений в течение срока службы зданий остается одной из ключевых задач в строительстве. Они не только создают риски для безопасности и увеличивают эксплуатационные расходы, но и могут оказывать негативное влияние на экологическую устойчивость. Управление дефектами требует системного подхода и контроля на всех этапах жизненного цикла, что позволяет минимизировать их последствия и избежать значительных экономических потерь.

На этапе предпроектной подготовки важно оценить потенциальные риски, связанные с возможным возникновением дефектов, и разработать стратегии их предотвращения. Такой подход обеспечивает основу для оптимизации затрат и снижения риска перерасхода ресурсов на последующих этапах.

На стадии проектирования необходимо прогнозировать расходы, связанные с устранением дефектов, учитывая их тип, сложность и сроки исправления. Включение мер по предотвращению дефектов в проектные решения помогает минимизировать будущие затраты и повысить надежность конструкций.

Этап строительства требует постоянного контроля качества работ и эффективного управления ресурсами. Системное планирование бюджета, мониторинг текущих затрат и анализ отклонений от плана позволяют своевременно выявлять проблемы и оперативно их устранять. Это не только снижает вероятность возникновения дефектов, но и способствует достижению высокой экономической эффективности всего проекта.

На этапе эксплуатации ключевое внимание уделяется снижению затрат за счет своевременного проведения ремонтных работ, применения современных технологий и материалов, а также повышения квалификации обслуживающего персонала. Такой подход позволяет не только продлить срок службы здания, но и существенно уменьшить расходы на его содержание.

Заключительная стадия жизненного цикла здания – снос и утилизация – требует точного планирования и оценки затрат на демонтаж, переработку и утилизацию материалов. Этот процесс должен учитывать как экономическую эффективность, так и выполнение экологических требований.

Ошибки в организации и управлении жизненным циклом могут привести к значительным экономическим потерям, снижению качества строительства и эксплуатации, а также к рискам для безопасности объектов. Поэтому детальный анализ этих процессов является основой для разработки эффективных стратегий управления, направленных на рациональное использование ресурсов на каждом этапе жизненного цикла.



Рис. 1. Организация и управления дефектами и повреждениями по этапам жизненного цикла зданий

Проблема влияния дефектов и повреждений на здания остается комплексной задачей, требующей учета как технических, так и экономических и организационных аспектов. Внедрение систем управления дефектами, основанных на их своевременной идентификации и устранении, позволяет минимизировать потери и повысить устойчивость здания к различным воздействиям.

Эффективное управление дефектами требует системного подхода, охватывающего все этапы жизненного цикла здания. Только объединение современных технологий, повышение профессионализма специалистов и внедрение устойчивых экономических механизмов обеспечат снижение издержек, улучшение качества строительного производства и повышение долговечности зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дедов С. Б. Концепция «Управление жизненными циклами коммерческого здания». Тезисы и предпосылки. Использование в практике // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 9 (158). – С. 1250–1253.
2. Практическое руководство по повышению энергоэффективности многоквартирных домов (МАП) при проведении капитального ремонта в

2015 году. Том III / Фонд содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства. 2015. – С. 249.

3. Быков С. А. Аспекты энергосбережения и повышения энергетической эффективности при капитальном ремонте недвижимости на Дальнем Востоке // Российское предпринимательство. – 2011. – Т. 5, №

4. Горбанева Е. П., Бабешко Е.А. Проблемы организации строительного производства энергоэффективной недвижимости // Современные тенденции в строительстве и эксплуатации объектов недвижимости: сборник научных трудов. 2017.

5. Алоян Р. М., Федосов С. В., Опарина Л. А. Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и решения. – Иваново, 2016. – С. 276.

6. Цыганков В. М. Энергоэффективность и энергосбережение при капитальном ремонте зданий // Энергосовет. – 2016. – № 1 (43).

7. Головинский П. А., Мищенко В. Я., Михайлов Е. М. Математические методы принятия управленческих решений в строительстве: учебное пособие. – Воронеж, 2008. – 180 с.

**Шапвалов М.М., магистрант,
Артемова К.А., магистрант,
Трошкина В.Б., магистрант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Абакумов Р. Г.**

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

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

В современных условиях градостроительной застройки жизненный цикл зданий рассматривается как система, эффективность работы которой должна обеспечить все потребности сферы жизнедеятельности населения.

Управление жизненным циклом строительства необходимо для сокращения сроков строительства и избежание ошибок в проектной документации, которые приводят к задержкам работы. В статье рассматриваются взаимосвязь экономики строительства и инвестиционно-строительной деятельности. Раскрыты разные варианты решения задач управления недвижимостью в зависимости от стадии жизненного цикла объекта [3].

Понятие жизненный цикл объекта капитального строительства внедрено в строительную отрасль BIM технологий и вводом в действие СП333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» [1].

Жизненный цикл объекта недвижимости охватывает временной цикл, в течение которого проводятся исследования, проектировка, строительство (включая консервацию), эксплуатация (с текущими ремонтами), а также реконструкция, капитальный ремонт и снос здания или сооружения. Но на практике обычно наблюдается что для строительных объектов по сравнению с теорией, процессы проектирования, строительства и эксплуатации происходят практически одновременно. На практике взаимодействие со зданием продолжается и после его выведения из эксплуатации, на примере объектов культурного наследия [4].

Поэтому важно отметить, что жизненный цикл здания не следует воспринимать как стандартный круг, где этапы следуют друг за другом. Это скорее период существования объекта в его более широком понимании. В настоящее время в отрасли активно применяются Технологии Информационного Моделирования (BIM).

Важно подчеркнуть серьезный подход к BIM начинается с подробного описания стадий жизненного цикл объекта строительства.

Управление жизненными циклами объектов строительства (УЖЦ) представляет собой системный подход к организации всех процессов, связанных с проектированием, строительством, эксплуатацией и демонтажем зданий и сооружений. Этот метод позволяет эффективно использовать ресурсы, следить за затратами и увеличивать продуктивность на каждом этапе работы. В данной статье рассматриваются стадии циклов строительных объектов, важные аспекты управления и внедрение этой практики в современном строительстве [4].

Жизненный цикл объекта состоит из нескольких фаз: проектирование, строительство, эксплуатация и снос. Каждая из этих стадий имеет свои особенности и требует выполнения специфических задач.

Первая фаза жизненного цикла – это проектирование. В этот период разрабатывается концепция объекта, а также его архитектурные и инженерные решения. Проектирование включает в себя: проведение технических исследований, проектирование документации и согласования в получение разрешений [4].

На этом этапе важно учитывать не только текущие требования, но и предполагаемую эксплуатацию объекта в будущем. Проектирование должно отвечать нуждам конечных пользователей и учитывать современные стандарты и технологии.

Второй этап, строительство, включает в себя реализацию проектных решений. Этот процесс является самым затратным и время затратным. Необходимо соблюдать высокие стандарты качества и безопасности на всем этапе такие как подготовка площадки, контроль качества [2].

Строительный процесс накладывает дополнительные требования к управлению ресурсами, включая трудозатраты, материалы и время.

Третий этап – эксплуатация. Задача управляющих компаний заключается в эффективном управлении объектом, минимизации затрат на содержание и обеспечение комфортных условий для пользователей.

Ключевые элементы этого этапа включают: Техническое обслуживание, Управление ресурсами, Мониторинг состояния объекта

Последний этап – снос. Этот процесс включает в себя демонтаж объектов, которые исчерпали свой ресурс или больше не нужны. Важно учитывать экологические аспекты: Разборка, Утилизация отходов [2].

Снос объектов также требует продуманное планирование и управление дабы избежать экологических рисков и минимизировать затраты на обслуживание и строительство.

Управление жизненным циклом объектов требует комплексного детального подхода. Управление жизненным циклом с эффективной точки зрения предполагает синергию между различными дисциплинами: архитектурой, инженерией, экономикой и экологии. Это требует наличия высококвалифицированных специалистов и возможности их координации [2].

Современные информационные технологии играют ключевую роль в управлении жизненным циклом объектов и применение специализированного программного обеспечения позволяет повысить качество проектирования и строительства: Моделирование зданий (BIM), Системы управления объектами. комплексная работа в направлении информационного моделирования активно внедряется, проводится много испытаний касательно проблем внедрения технологии и выявления проблем при цифровой трансформации строительной отрасли в целом [5]. Улучшение программного обеспечения для создания и ведения информационной модели здания, прорабатываются и совершенствуются законодательные акты, нормы и правила, регулирующие данную сферу, запускаются пилотные проекты для апробации технологии и т. д., в частности, в данном Постановлением Правительства РФ от 5 марта 2021 г. № 331 введено требование по обязательному формированию и ведению моделей при подготовке проектной документации для строительства, реконструкции объекта капитального строительства, финансируемых с привлечением средств бюджетной системы РФ. На данный момент, в представлении участников строительства стартом создания информационной модели здания является стадия архитектурно-строительного проектирования. Так же в жизненный цикл объекта капитального строительства входит и предшествующий этап – инженерные изыскания, с которых необходимо начинать создание информационной модели. На примере подобное программное обеспечение с возможностью создания информационной 3D модели в том числе на этапе инженерных изысканий в России уже разработано и применяется для линейных объектов – зачастую для них стадии инженерных изысканий и проектирования объекта проводятся одновременно. данный принцип работы можно реализовать для возведения зданий. На текущий момент разработаны разнообразные программные продукты, ориентированные на информационную модель, и их развитие продолжается. Важно обратить внимание в качестве проблемы такие как перенос моделей между разными программными продуктами приводит к потере данных. Необходимо

совершенствовать схемы и расширять перечень программных продуктов, применяющихся на разных этапах жизненного цикла, в которые можно было бы переносить данные. в современных реалиях необходима внедрение цифровой эффективности всех участников, влияющих на жизненный цикл объектов недвижимости, предприятий и организаций жилищно-коммунального комплекса. Выбор инновационных строительных материалов и технологий возведения зданий на стадии инвестиционно-строительных проектов должен закладываться с позиции устойчивого развития: снижение ресурсоемкости, минимизация затрат от используемых строительных материалов и строительных машин и механизмов; увеличение степени переработки, а также корректировка стоимости строительства с учетом экологических стандартов [5].

Технологии позволяют сократить время и затраты на различных этапах управления.

Учет экологических факторов становится все более актуальным при управлении жизненным циклом объектов. Экологическое строительство и использование устойчивых материалов имеют значимые преимущества: Снижение воздействия на окружающую среду (Энергоэффективные здания, использующие возобновляемые источники энергии), Сохранение ресурсов (Утилизация и переработка строительных материалов позволяет экономить ресурсы и уменьшать объемы отходов) [2].

Управление жизненным циклом должно включать экологические критерии как неотъемлемую часть проектирования и эксплуатации зданий.

Значение управления жизненным циклом объектов. Управление жизненным циклом объектов строительства имеет большое значение для всех участников процесса, от инвесторов до конечных пользователей.

Ключевым преимуществом применения подхода УЖЦ является экономия ресурсов. Оптимизация затрат на всех этапах позволяет не только снизить общий объем расходов, но и увеличить рентабельность проекта: Уменьшение затрат на строительство, Снижение эксплуатационных расходов [2].

Управление жизненным циклом объектов играет ключевую роль в внедрении новых технологий и оптимальных решений в сфере строительства. Традиционные методы часто не дают возможности быстро реагировать на изменения в рыночной среде. В то время как УЖЦ предлагает ряд преимуществ, включая: Внедрение новшеств, Гибкость в принятии решений.

Кроме того, управление жизненным циклом объектов оказывает влияние на уровень жизни конечных пользователей. Создание комфортных и безопасных условий является важным аспектом, включающим: Удобство эксплуатации, Устойчивость объектов.

Таким образом, УЖЦ имеет значительное значение для формирования комфортной городской среды.

Управление жизненным циклом объектов в строительстве представляет собой сложный и динамичный процесс, охватывающий

различные стадии – от проектирования до эксплуатации и последующего сноса. Правильное применение принципов УЖЦ не только способствует снижению затрат и повышению производительности, но и позволяет внедрять устойчивые и инновационные решения, соответствующие актуальным требованиям.

Управление жизненным циклом объектов строительства – это многогранный и динамичный процесс, охватывающий множество аспектов проектирования, строительства, эксплуатации и сноса. Эффективное применение принципов УЖЦ позволяет не только снизить затраты и повысить производительность, но и интегрировать устойчивые и инновационные решения, отвечающие современным требованиям. Учитывая важность каждого этапа и необходимость взаимодействия различных специалистов, можно обеспечить создание качественных объектов, которые будут служить обществу на протяжении многих лет.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жизненный цикл объекта [Электронный ресурс] URL: https://dzen.ru/a/ZRLSsA6KVGg_tjQi
2. Жизненный цикл здания [Электронный ресурс] URL: <https://stroy.expert/ziznennyj-cikl-zdaniy-themes/>
3. Кокорин, А.О. Глобальный низкоуглеродный тренд развития как движущая сила реализации Парижского соглашения / А. О. Кокорин, В. Ю. Поташников [Электронный ресурс] URL: <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2018-3-1>
4. Абакумов Р. Г., канд. экон. наук, доц. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова
5. Авилова, И.П. Инструменты оценки эколого-экономической эффективности проектных решений в жилищно-гражданском строительстве / И.П. Авилова, М.О. Крутилова, В.В. Науменко // Строительство: наука и образование. – 2019. – Т. 9. – № 4. – С. 1–17.

Научное издание

IX Международный студенческий
строительный форум - 2024

Сборник докладов

Ответственный за выпуск **Сулейманова** Людмила Александровна

Компьютерная верстка **Богачева** Марина Александровна

Подписано в печать 10.12.24. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 15,1. Уч.- изд. л. 16,2.

Тираж 50 экз. Заказ № Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

