

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

VII Международный студенческий строительный форум - 2022

(Белгород, 24 ноября 2022 г.)

Том 2

Сборник докладов

Белгород
2022

УДК 69
ББК 38
С28

С28 VII Международный студенческий строительный форум –
2022: сб. докл.: в 2 т. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. – Т.2. –
319 с.

ISBN 978-5-361-01119-3 (т.2)
ISBN 978-5-361-01117-9

В сборник вошли доклады, представленные участниками VII Международного студенческого строительного форума-2022, состоявшегося в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова 24 ноября 2022 г. В сборнике представлены доклады по направлениям «Техническая эксплуатация и мониторинг состояния зданий и сооружений», «Ресурсосбережение, обеспечение надежности и долговечности зданий и сооружений», «Материаловедение и нанотехнологии в строительстве».

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 978-5-361-01119-3 (т.2)
ISBN 978-5-361-01117-9

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2022

ОРГКОМИТЕТ ФОРУМА

- Глаголев С.Н. – ректор БГТУ им. В.Г. Шухова, д-р экон. наук, проф.
- Гридчин А.М. – президент БГТУ им. В.Г. Шухова, почетный член РААСН, д-р техн. наук, проф.
- Калашников Н.В. – председатель Правления Ассоциации "СПО "Строители Белгородской области"
- 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.
- Донченко О.М. – канд. техн. наук, проф. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Лесовик В.С. – заведующий кафедрой строительного материаловедения, изделий и конструкций БГТУ им. В.Г. Шухова, д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РААСН
- Есипов С.М. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Хахалева Е.Н. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Обернихин Д.В. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Фролов Н.В. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова
- Калмагамбетова А.Ш. – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов и технологии Карагандинского технического университета, г. Караганда, Республика Казахстан

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	7
Техническая эксплуатация и мониторинг технического состояния зданий и сооружений	
Барскова А.Г. Воздействие высоких температур на железобетонные конструкции.....	10
Грибанов Д.С. Обеспечение устойчивости каркасно-монолитного многоэтажного здания со свайно-плитным фундаментом.....	14
Данилова Е.С., Перцева А.С., Савелов И. С. Современные проблемы жилищно-коммунального хозяйства.....	19
Ермакова Е.А. Практические вопросы реконструкции промышленного здания.....	23
Жукова Ю.В., Савелов И. С. Разработка новых и совершенствование существующих методов организационно-технических решений ремонтно-строительного производства ЖКХ и городской среды.....	27
Королева О.С. Необходимость совершенствования методов проведения стоимостной экспертизы.....	31
Кудрявцев Н.А., Балакирев Э.А., Аноприенко Д.С. Комплексная диспетчеризация и системы автоматизированного управления инженерным оборудованием.....	34
Кудрявцев Н.А., Балакирев Э.А., Аноприенко Д.С. Оптимизация технической эксплуатации здания на основе его информационной модели.....	39
Марулин В.М. Техническая эксплуатация и геомониторинг технического состояния зданий и сооружений.....	44
Мигулина А.А. Ошибки, допускаемые при строительстве и эксплуатации здания производственного молочно-консервного комбината.....	49
Носова Н.Н., Шкарлет А.А., Рафаелян А.В. Совершенствование систем энергоснабжения и энергосбережения многоквартирных домов на примере Белгородской области.....	54
Носова Н.Н., Шкарлет А.А., Рафаелян А.В. Современные решения обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации гражданских зданий.....	58
Перцева А.С., Данилова Е.С., Савелов И. С. К вопросу благоустройства и содержания придомовых территорий многоквартирных домов.....	62
Чекалина Л.А. Обзор методов мониторинга в ходе строительства линейных транспортных сооружений.....	65

Чернов В.И.	
Объекты культурного наследия г. Белгорода.....	71
Чесноков И.А.	
Системы мониторинга технического состояния строительных конструкций.....	78
Шевченко И.Н.	
Чувствительность конструктивных систем зданий к неравномерным деформациям оснований фундаментов.....	85
Шкарлет А.А., Бандюков Д.Н., Шенцев А.М.	
Внедрение функциональных возможностей в информационную систему эксплуатации объектов капитального строительства.....	88
Ресурсосбережение, обеспечение надежности и долговечности зданий и сооружений	
Афанасьев А.А.	
Оценка конструктивной безопасности и определение остаточного ресурса железобетонных элементов зданий и сооружений.....	95
Бауыржанкызы Р.	
Бетоны на основе фосфорных шлаков.....	101
Богдан И.А., Богдан Д.Е.	
Анализ рисков возникновения аварий зданий и сооружений.....	105
Богдан И.А., Богдан Д.Е.	
Анализ причин аварии в процессе проектирования, строительства и эксплуатации гражданских зданий.....	108
Бондарев И.А., Ляшенко И.С., Бастрыкин Е.А.	
Способ повторного использования производственных сточных вод.....	111
Бочарников А. Л., Сумской Д. А.	
Создание теплоизоляционных материалов с учетом закона сродства структур.....	117
Домасевич Р.В.	
Крупнопанельные здания с петлевыми соединениями конструкций.....	120
Капустин Д.А., Сидорова А.А.	
Проблемы строительства и их решения в арктической зоне Российской Федерации.....	124
Кондакова А.В.	
К вопросу о недостатках применения резиновой крошки в составе железобетона.....	128
Кондакова А.В.	
Перспективы применения железобетона с добавлением резиновой крошки.....	132
Лемдяева В.А., Лемдяева В.А., Ямпольская Е.Н.	
Исчерпаемость природных ресурсов как актуальная проблема строительства.....	135
Лемешко А.С.	
Пассивный дом-дом без затрат на отопление.....	139

Мельников Р.В.	
Разработка методики экспериментальных исследований изгибаемых элементов с температурными повреждениями.....	143
Промзелева Е.С.	
Повышение коррозионной стойкости цементного камня бетона посредством введения добавок.....	148
Свирский Я.К.	
Анализ проблем в сфере энергосбережения жилищного фонда.....	152
Се Ди, Бычков А.В.	
Влагозащита поробетонных наружных стеновых ограждающих конструкций.....	156
Слесивцева В.Д., Киреева В.П., Юкин К.С., Суфранович Д.А.	
Концептуальная модель системы рационального потребления ресурсов при эксплуатации жилых зданий.....	160
Сулейманов К.А., Бычков А.В.	
Влагостойкость строительных материалов для ограждающих конструкций.....	165
Терганова К.Е.	
Обзор современных фасадных систем.....	169
Токмаков И.А.	
Ресурсосбережение ограждающих конструкций зданий	173
Тұрсын Н.	
Исследование состава преобразователя ржавчины на водной основе.....	177
Хатков С. А.	
К вопросу утилизации и переработки отходов строительного процесса.....	181
Черских Д.Ю., Чуйко К.К.	
Современные методы усиления фундаментов	187
Черских Д.Ю.	
Виды противокарстовых мер.....	192
Материаловедение и нанотехнологии в строительстве	
Агапов А.А.	
Технология производства работ по усилению железобетонных конструкций композитными материалами на основе углеволокна.....	197
Аноприенко Д.С., Рафаелян А.В., Мухторов С.А.	
Влияние пенообразователя на свойства сверхлегкого пенобетона.....	202
Безъязычная А.О., Ерусова Ю.О., Шведова М.А.	
Рентгенодифрактометрические исследования наномодифицированных цементных систем при продолжительности твердения до трех лет.....	207
Богачева М.А.	
Фибробетон и его применение в строительной индустрии.....	213
Валиева Д.М., Хузиахметова К.Р., Мурсалимова Д.Р.	
Модификаторы ударной прочности для ПВХ-композиций.....	220

Городецкий И.Ю.	
Устройство гидроизолирующих материалов при проектировании фундамента.....	224
Когай А.Д.	
Развитие модельных представлений о гидратации цемента.....	227
Кочерженко А.В., Рябчевский И.С.	
Анализ мирового рынка теплоизоляционных пенополиуретанов.....	233
Крушельницкая Е.А., Суликова В.А.	
Влияние TiO_2 на процесс гидратации декоративного фотокаталитического бетона.....	238
Кузнецова А. А., Найман А. С.	
Влияние микроорганизмов на самовосстановление бетонов.....	242
Найман А.С., Кузнецова А.А., Позднякова А.М., Серебренников Е. В.	
К вопросу применения торкрет-бетонов в строительстве.....	245
Новикова А.А.	
Особенности технологии возведения высотных зданий с применением деревянных конструкций.....	250
Паршина Т.В., Кушнир А.С.	
К вопросу об использовании нанотехнологий в строительстве.....	254
Прокушев А.А.	
Современные инновационные строительные материалы	257
Рыкунова М.Д.	
Сравнительная характеристика свойств цементного теста и камня с биоцидами.....	263
Рябчевский И.С., Богачева М.А.	
Микроармирующие волокна для фибропенобетона.....	269
Себелева Н.Ю., Литая А.А.	
Применение карбонатов в строительных материалах.....	274
Сёма А.В.	
Кирпич как универсальный материал для строительства.....	278
Сердюченко В.В., Руденко А.А., Городничая А.Н.	
Использование нанотехнологий в строительстве.....	282
Солгалов В.В., Домарев С.Н.	
Радиационно-защитные материалы строительного назначения на основе железосодержащих наполнителей	287
Стаценко А.Ю., Кикалишвили Е.Н., Аль Мамури Саад Кхалил Шахид.	
Механохимическая активация композиционных вяжущих.....	291
Сулейманов К.А.	
Исследование фрактальной размерности пористой структуры ячеистого бетона.....	294
Урманова Х.В., Сивальнев К.С., Калатози Г.М.	
Оценка условий охраны труда на предприятии по производству пенобетона на основе наноструктурированного вяжущего.....	298
Хузиахметова К.Р., Сучкова Е.А., Хабибуллина В.С.	
Влияние базальтовой фибры на структуру и свойства ПВХ-композиций.....	303

Цаль-Цалко А.С.	
Композиционные материалы. Распространённые виды. Их особенности и характеристики.....	307
Шарбатьян А.Ш., Вашева С.В., Айыдов Д.Н.	
Использование техногенного сырья для заполнения выработанных пространств шахт.....	311
Шарбатьян А.Ш., Вашева С.В., Айыдов Д.Н.	
Мелкозернистый бетон для декоративных элементов благоустройства.....	314

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный сборник докладов опубликован по результатам VII Международного студенческого строительного форума – 2022, который состоялся 24 ноября 2022 года в БГТУ им. В.Г. Шухова.

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

Работа VII Международного студенческого строительного форума – 2022 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.

Форум объединил свыше 200 молодых ученых из вузов России и других стран, в их числе:

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

Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия

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

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

Новороссийский политехнический институт, филиал КубГТУ, г. Новороссийск, Россия

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, г. Волгоград, Россия

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия

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

Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Россия

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград, Россия

Ферганский политехнический институт, г. Фергана, Республика Узбекистан

Карагандинский технический университет, г. Караганда, Казахстан

Хулунбуирский институт, г. Хайлар, Китайская Народная Република

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

Оргкомитет

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Барскова А.Г., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Есипов С.М.**

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

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

В современных условиях наиболее доступным и комфортным с точки зрения возведения зданий различного назначения является железобетон. Это объясняется рядом свойств рассматриваемого материала.

Железобетон используется не только для возведения жилых объектов [1-3], но часто необходим для сооружения промышленных зданий в том числе специального назначения, при эксплуатации которых требуются дополнительные свойства бетона: прочность, огнестойкость и способность сохранять свои свойства при экстремальных (как высоких, так и низких) температурах.

Разделяют огнестойкость и жаростойкость бетона. Первый термин характеризует собой качество, позволяющее стройматериалу противостоять повышенным температурам недолговременно, например, во время пожара, а второй – это сохранение свойств бетонного раствора при долговременном действии на него большой температуры, например, при использовании конструкций для теплообработки разнообразных изделий.

Следует иметь в виду, что всем бетонам присуща огнестойкость, чего нельзя сказать о жаростойкости, этим качеством обладает далеко не каждый застывший раствор.

При этом стоит иметь в виду, что бетон – пожаробезопасный и огнестойкий строительный материал, он все равно поддается большим температурным градусам. В частности, при воздействии на него высоких температур в течение короткого времени, которые не способны привести к повреждению прочностных характеристик материала, но,

если огонь имеет продолжительное влияние на бетонные изделия, тогда происходит их повреждение [4].

При нагреве 400 °С бетон начинает резко терять свою прочность, а при увеличении ее до 800 °С и выше (температура разрушения бетона) бетон теряет 90 % и более своей прочности. В то же время если температура бетона не достигла 500 °С, то его прочность может восстановиться до 90 % начального значения в течении года [5, 6].

Результатом воздействия на бетон больших температур огня является снижение прочности бетона и арматуры, которое при достижении определенной температуры становится необратимым.

Таким образом, при очень больших температурах прочность бетона снижается без возможности восстановления его свойств, а при остывании и выдерживании в нормальных условиях продолжает снижаться. Причиной этому является нарушение структуры затвердевшего портландцемента из-за усиливающейся разнозначности деформации гелеобразной части цементного камня неразложившихся зерен клинкера, а также из-за дегидратации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [5]. С другой стороны, резкий перепад температуры с нагрева к охлаждению, возникающий в процессе тушения пожара, также негативно влияет на остаточные свойства бетона.

Кроме изменения прочности при нагревании бетона происходит изменение его упругопластических свойств, модуль упругости снижается и при этом происходит рост пластических деформаций бетона под нагрузкой [5]. Так при нагреве до 500 °С происходит снижение модуля упругости до 43 %, а при 700 °С до 18 % от начального значения [5]. При этом при достижении бетоном температуры 400 °С начинается резкий рост пластических деформаций, что также обуславливается нарушением и изменением структуры бетона. Диаграмма изменения прочностных характеристик бетона представлена на рис. 1 [4].

В то же время при нагреве бетона до высоких температур происходит его необратимая усадка [5, 6] и возможно его разрушение взрывом в виде отколов бетона на глубину 5-10 см [5] вследствие возникновения высокого давления пара в замкнутых порах.

Исследования показали, что на огнестойкость железобетонных конструкций влияют ряд факторов:

- нагрузка на постройку;
- толщина защитного яруса;
- размеры сечения сооружений;
- количество и диаметр арматурный конструкций.

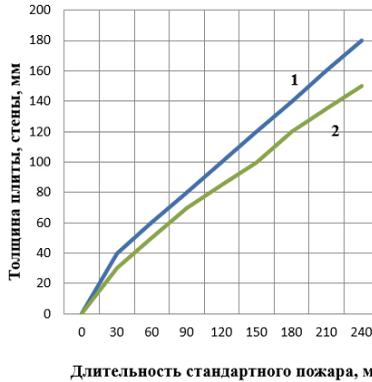


Рис. 1. Предел огнестойкости по теплоизолирующей способности плит

Зависимость огнестойкости следующая: чем меньше плотность используемого материала и чем больше его толщина, тем выше предел огнестойкости, который в свою очередь зависит и от вида опоры искомой конструкции и ее статической схемы. Следовательно, строители должны произвести расчет по огнестойкости ж/б конструкций, прежде чем приступить к их заливке. Конструкции из железобетона бывают двух основных направлений: горизонтальные и вертикальные. Схематично влияние высоких температур показано на рисунке ниже [4].

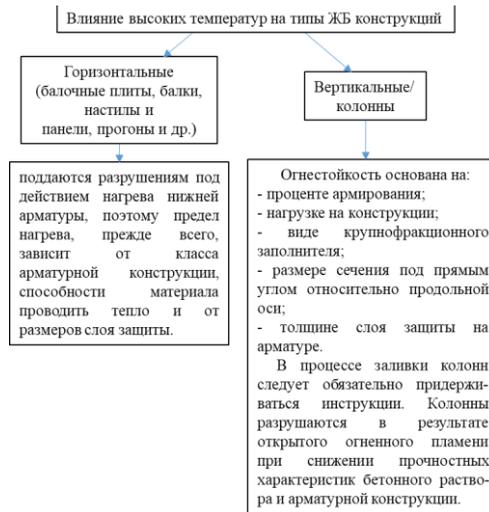


Рис. 2. Огнестойкость ЖБ конструкций

Таким образом, восстановление прочностных характеристик бетона в следствие воздействия высоких температур возможно в случае короткого воздействия во временном периоде до достижения нагрева до 500 °С.

Возможность дальнейшей эксплуатации и или целесообразность восстановления бетонных и железобетонных конструкций, поврежденных в следствие пожара определяют по результатам инженерно-технического обследования и экспертиз, целью которых определение глубины и степени поражения бетона, его прочность, оценивается состояние арматуры и, при необходимости, производится отбор и испытания ее образцов на предмет прочности. По результатам проведенного обследования разрабатываются рекомендации по дальнейшей эксплуатации, выбираются методы и средства восстановления конструкций, их усиления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеева О.В. Состояние и объёмы строительства жилого фонда Краснодарского края // Социально-экономическое пространство хозяйственной практики конца XX – начала XXI века: обещанные и реальные изменения: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Хабаровск, 11–12 ноября 2020 г.) / под ред. М.И. Разумовской. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2020. С. 12-16.
2. Алексеева О.В. Рекомендации по снижению физического износа многоквартирного жилого дома // электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ № С 2021, С. 20-25
3. Дьяченко В.В. и др. Управление городской средой: социально-экономические и экологические аспекты / г. Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2021. 247 с.
4. Стойкость бетона при пожаре. Электронный ресурс [<https://kladembeton.ru/poleznoe/beton-pri-pozhare.html>]
5. Габдулин Р.Ш. Повышение огнестойкости железобетонных строительных конструкций с помощью тонкослойных огнезащитных покрытий: диссертация на соискание учёной степени канд. техн. наук: 05.26.03: защищена 25.06.14: утв. 25.11.14 / Габдулин Рустам Шайдуллович. - М., 2014. 146 с.
6. Загогуйко Т.В. Бетон повышенной термостойкости для огнестойких железобетонных изделий: автореферат диссертации на соискание учёной степени канд. техн. наук: 05.23.05: защищена 27.03.15: утв. 25.17.15 / Загогуйко Татьяна Викторовна. - Воронеж, 2015. 163 с.

Грибанов Д.С., аспирант

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

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

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КАРКАСНО-МОНОЛИТНОГО МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ СО СВАЙНО-ПЛИТНЫМ ФУНДАМЕНТОМ

Многоэтажное здание со свайно-плитным фундаментом содержит несущие стены и перекрытия. Каждая из осей первого ряда свай расположена со стороны фасадов здания к его центру относительно края поперечных стен здания со смещением, определяемым вышеуказанной зависимостью, а сваи, ближайšie к линии, проходящей через центр здания параллельно его фасады установлены относительно этой линии с меньшим шагом. Технический результат заключается в обеспечении равномерного распределения вертикальных напряжений в несущих стенах многоэтажного здания со свайно-плитным фундаментом на стадии проектирования и снижении материалоемкости.

Преимущества и недостатки свайно-плитных фундаментов Основным преимуществом технологии SPF является возможность установки самых надежных и долговечных фундаментов для конструкций в сейсмоопасных зонах, для сооружений, которые боятся вибрационных нагрузок. Это также лучший вариант для так называемого "отложенного решения" – когда недостаточно изучены почвы, уровень грунтовых вод и другие особенности. Благодаря специальной технологии не требуется значительного впитывания грунта, и по окончании работ остается минимальное количество мусора и отходов. К недостаткам можно отнести стоимость и трудоемкость. По сравнению с низкопрофильным винтовым решением для свай, этот вариант уступает по цене и простоте монтажа. Для установки плиты потребуются специальное оборудование. Необходимо привлекать к работе профессионалов или обладать собственными значительными навыками в выполнении таких работ.

Сфера использования СПФ. Свайно-плитный фундамент универсален в географии использования, он успешно применяется как в условиях вечной мерзлоты, так и в южных регионах. Часто это более выгодное решение по сравнению с аналогами – сборными ленточными и монолитными фундаментами.

Целесообразно обращаться к использованию СПФ в случаях:

- когда строительство ведется на сейсмоопасном участке;
- на проблемных грунтах: при значительной глубине промерзания, на пучинистых грунтах, высоком уровне размещения пластов подземных вод. в этих случаях сваи нередко являются единственным надежным решением, но и Они могут использоваться с оглядкой на ограничения. для массивных сооружений с перспективой дальнейшей достройки этажей необходимо усиление свай, в частности, обвязкой плитным фундаментом;
- в чувствительных к вибрационным нагрузкам строениям – например, для каркасных домов или стен из пенобетона;
- при сооружении пристроек к уже имеющимся строениям;
- при отсутствии точных данных об особенностях грунта, залегании подземных вод и других параметрах. строительство – не та область, где можно допустить экспериментирование, потому надежный свайно-плитный фундамент желательно использовать всегда, когда присутствуют сомнения.

В перспективиспользование свайно-плитных фундаментов будет расширяться, уже сейчас спрос на них растет год от года. Уникальная технология позволяет возводить строения как в мало-, так и в многоэтажном строительстве достаточно быстро и с минимальными отходами

Технология изготовления свайного поля. Чем больше количество опор, тем больше затраты на фундамент. Сваи должны располагаться под несущими стенами, по углам и в местах примыкания смежных стен. Опоры устанавливаются под опалубкой

Расстояние между сваями рассчитывает отдельно в каждом конкретном случае, с учетом множества параметров. В качестве усредненного значения принимается минимальный шаг длиной в три диаметра сваи, максимальный – в шесть диаметров. Но это условные величины, нельзя недооценивать важность оптимального расчета количества свай, и лучше доверить эту часть работы профессионалам.

- Обустройство свайного поля включает этапы:
- создание отверстий на проектированную глубину;
 - опалубка из рубероида, полиэтиленовых или асбестоцементных труб;
 - армирование;
 - бетонирование с подвижностью П4, уплотнение смеси.

В качестве арматуры выбираются стержни диаметром 8-14 мм переменного сечения. На каждую сваю конструкции устанавливается не менее 4 стержней. Обвязывается каркас хомутами, выполненными из гладкой арматуры. Верхние плиты обвязывающих стержней диаметром

6-8 мм изгибаются перпендикулярно поверхности земли – впоследствии эти концы связываются с сеткой ростверка или плиты.



Рис. 1. Установка свай после выемки грунта

Дальнейшие этапы можно выполнять после достижения 50 %-й прочности смеси.



Рис. 2. Поэтапная модель установки свайно-плитного фундамента

Монтаж плиты. Плита изготавливается поэтапно:

Стяжка без арматуры слоем до 10 см. Такая подбетонка выравнивает гидроизоляцию и предохраняет её от разрывов.

Укладка гидроизоляционной пленки толщиной 0.15 см.

По периметру фундамента устанавливается щитовая опалубка с высотой больше проектной отметки на 5-7 см, что позволит удерживать бетонную смесь в процессе трамбовки.

Армирование профилем переменного сечения с максимальным квадратом ячейки стороной 30 см. Нижняя сетка арматуры укладывается на полимерную или бетонную прокладку, толщина ее составляет до 4 см. Верхняя часть такой же конфигурации укладывается на хомуты, для связки верхней и нижней сетки по торцам устанавливаются П-образные элементы.

Заливка бетоном осуществляется в едином направлении, для выравнивания используется правило. Утрамбовка выполняется вибраторами.

В первую неделю после укладки и уплотнения смеси применяются мокрые песочные или опилочные компрессы, возможен полив бетона в жаркое время года. В холодное время используется теплоизолятор или пленка для укрытия.

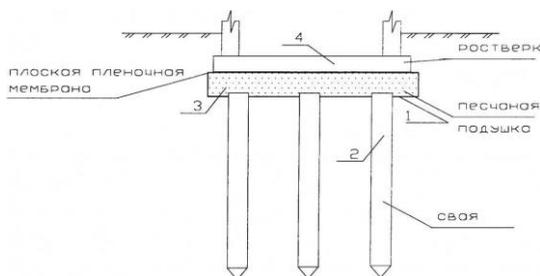


Рис. 3. Схема свайно-плитного фундамента

Такой фундамент представляет собой уникальнейшее изобретение в области строительных технологий, применяемое для строительства многоэтажек. Такое фундаментное основание состоит из таких частей, как ростверк и бетонные сваи, повышенной прочности и устойчивости. Схема плитно-свайного фундамента если грунт на застраиваемом участке: подвержен вспучиваниям и подвижкам, такой фундамент является находкой. Он позволяет сэкономить на цокольном этаже и подвале. А кроме того, такой фундамент позволяет уменьшить неравномерные осадки строения.

Проанализировав результаты расчета, проектировщики стараются изменить конструктивное решение фундамента таким образом, чтобы осадка и относительная разность осадок фундаментной плиты, а также усилия в сваях не превышали допустимых значений. При этом не рассматривается зависимость распределения усилий в конструкциях здания от конструктивного решения фундамента и решение принимается, лишь отвечающее указанным требованиям строительных норм.

Проектирование несущих конструкций здания осуществляют на усилия, полученные из расчета с принятым конструктивным решением фундамента. Таким образом, значительные всплески напряжений (высокие уровни неравномерности), полученные на крае стены, приводят к увеличению ее толщины или к дополнительному армированию, что может вызвать существенные изменения в планировке всего здания. Особенно важно добиться равномерного

распределения вертикальных усилий в стенах крупнопанельных зданий, поскольку при проверке прочности платформенных стыков при неравномерном распределении напряжений в них необходимо повышать прочность за счет увеличения прочности материала или толщины стен, а в монолитных зданиях - также и за счет увеличения расхода арматуры.

Известны многоэтажные здания со свайно-плитным фундаментом, включающим сваи и железобетонную плиту или ростверк, восприятие нагрузки от зданий и сооружений в котором обеспечивается совместной работой плит-ростверков и свай (СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов», пп.7.4.10...7.4.14).

Однако в известном решении железобетонная плита или ростверк воспринимают только около 15% внешней нагрузки, а сваи - около 85%. Кроме того, крайние ряды свай воспринимают нагрузку, в 2 раза, а угловые сваи - в 3 раза, превышающую среднюю нагрузку на сваи в фундаменте. В результате на ряде участков и особенно в краевых сечениях железобетонной плиты или ростверка возникают большие изгибающие моменты, что ведет к повышению материалоемкости за счет увеличения расхода бетона и/или арматуры.

Техническим результатом предлагаемого решения являются обеспечение равномерного распределения вертикальных напряжений в несущих стенах многоэтажного здания со свайно-плитным фундаментом на стадии проектирования и снижение материалоемкости.

Достигается это тем, что в многоэтажном здании со свайно-плитным фундаментом, содержащем несущие стены и перекрытия, каждая из осей первого ряда свай расположена со стороны фасадов здания к его центру относительно края поперечных стен здания со смещением, определяемым соотношением:

На стадии проектирования определяют данные, характеризующие назначение, конструктивные и технологические особенности многоэтажного здания (рис. 3) и условия его эксплуатации, определяют нагрузки, действующие на фундамент, выбирают вид свай (рис. 3), их габариты, схему размещения свай на строительной площадке и размеры фундаментной плиты (рис. 3).

Проводят совместный расчет напряженно-деформированного состояния системы «фундамент - здание» и на стадии проектирования осуществляют построение эпюр распределения вертикальных напряжений в несущих стенах многоэтажного здания I в зоне их сопряжения с фундаментом. На эпюрах выявляют пики и устраняют их снижением жесткости участка фундамента, которое осуществляют смещением со стороны фасадов здания к его центру каждой из осей

первого ряда свай относительно края поперечных стен здания на расстояние, определяемое соотношением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пьянков С. А. Свайные фундаменты: учебное пособие / С. А. Пьянков. – Ульяновск: УлГТУ, 2007.
2. Кочерженко В.В., Лебедев В.М. Технология строительных процессов : учеб. пособие для студентов строит. Специальностей. Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. 317.
3. Кочерженко В.В., Кочерженко А.В. Основы технологии возведения зданий и сооружений: [учеб. пособие для направления бакалавриата 270102 "Промышленное и гражданское строительство"]. Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. 248 с.
4. Кочерженко В.В., Кочерженко А.В. Основы технологии возведения зданий и специальных сооружений: [учебное пособие по специальности 271101 "Строительство уникальных зданий и сооружений"]]. Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. 248 с.
5. Кочерженко В. В., Сулейманова Л. А., Кочерженко А. В. Инновационные свайные технологии [Текст]: (забивные сваи) / - Белгород: Издательство БГТУ, 2021. 92 с.

**Данилова Е.С. магистрант,
Перцева А.С. магистрант,
Савелов И. С., аспирант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Косухин М.М.**

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

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Жилищно-коммунальное хозяйство – это многоуровневая система, отвечающая за городское хозяйство в целом, направление ее деятельности отвечает за предоставление в области технического и санитарного обслуживания населению, а также проведения ремонтных работ, и обеспечение необходимыми ресурсами надлежащего качества, такими как газ, электричество, теплоснабжение, водоснабжение. Жилищно-коммунальное хозяйство относится к коммерческой организации, которая в первую очередь заинтересована на получение прибыли. Как уже говорилось выше, что жилищно-коммунальное

хозяйство – это многосторонняя структура и многоуровневая система, именно поэтому в данной системе задействованы одновременно несколько сторон: первая это сама управляющая компания и вторая непосредственно сами собственники либо квартиросъемщики жилья. В этом случае первая из сторон, а именно управляющая компания, отвечает за предоставление услуг. А вторая сторона, непосредственно собственники, отвечают за оплату предоставленных услуг [1].

Каждый год тарифы на коммунальные услуги увеличивается, но качество предоставляемых услуг не становится лучше, наоборот, с каждым годом износ инженерных сетей только набирает обороты.

Проблема жилищно-коммунального хозяйства всегда имела большую значимость и играла главную роль в развитии жилищного комплекса. Не смотря на обширную застройку и применение новейших технологий в сфере строительства, тема жилищно-коммунального хозяйства всегда носила острый характер и на сегодняшний день вопрос остается не решенным.

Уже давно известно, что проблемы, связанные с жилищно-коммунальным комплексом, давно стоят на контроле не только органов местного самоуправления и глав регионов, но и самого Президента Российской Федерации, эти проблемы являются самыми болевыми точками в развитии не только регионов, но и страны в целом [2].

В данной статье рассмотрен вопрос о специфике управления жилищным комплексом России. Ни для кого не секрет, что организация сферы жилищно-коммунального хозяйства является важнейшей структурой не только функционирования отдельного субъекта, но и страны в целом. Малейший сбой системы способен остановить деятельность не только отдельного района - но целого города.

Можно смело заявить, что система жилищно-коммунального хозяйства – основа развития инфраструктуры Российской Федерации.

Если углубиться в проблему, связанную с коммунальным хозяйством, то можно заметить, что эти проблемы связаны не только с финансовым положением со стороны государства, но в первую очередь это связано с некомпетентностью работников управляющих организаций.

В большинстве случаев отсутствует контроль над проведением плановых проверок, текущего ремонта и адекватной оценкой износа здания [3].

Для решения проблем, связанных с жилищно-коммунальным комплексом целесообразно решить следующие задачи:

- снизить тарифы на предоставленные услуги и повысить контроль над состоянием инженерного оборудования.

- создание единого расчетно-кассового центра, где будут отслеживаться все платежи, а также задолженность, таким образом,

управляющие компании перестанут уходить в убыток из-за неплательщиков и появятся дополнительные средства.

- улучшить качество предоставляемых услуг потребителям.

- установить строгий контроль по текущему, а также капитальному и плановому ремонту зданий.

- повысить эффективность работы сотрудников управляющих организаций и оснастить работников необходимым оборудованием для ремонта и устранения аварий в жилых зданиях.

- проводить регулярные проверки по эксплуатации зданий [4].

Мерами и механизмами, обеспечивающими развитие жилищно-коммунального хозяйства, являются:

- организация процесса функционирования жилищно-коммунального сектора, включая и институциональные преобразования, в том числе:

- создание саморегулируемых организаций, объединяющих управляющие организации;

- активизация проведения капитального ремонта многоквартирных домов за счет выделения средств краевого бюджета на условиях софинансирования муниципальными образованиями.

- осуществление капитального ремонта в многоквартирных домах жилищного фонда с участием средств регионального Фонда капитального ремонта, с участием регионального оператора;

- стимулирование и поддержка стратегических инициатив хозяйствующих субъектов в инвестиционной, инновационной, энергосберегающей и других, имеющих приоритетное значение для развития жилищно-коммунального хозяйства, сферах;

- осуществление политики ресурсосбережения в ЖКХ, через стимулирование предпринимательской деятельности в сфере ЖКХ путем создания условий, предполагающих механизмы возврата частных инвестиций в отрасль, в рамках реализации программ по ресурсосбережению [5].

Особое внимание стоит уделить сфере утилизации твердых бытовых отходов, один из самых актуальных вопросов на сегодняшний день. Изменение в этом направлении будет на основе отдельного сбора утилизируемых компонентов твердых бытовых отходов, созданию системы учета отходов, анализа их объема и структуры, логистики управления, включающей помимо складирования утилизацию, элементы рециклинга, а также созданию системы мусоропереработки, отвечающей современным экологическим стандартам.

Повышение качества предоставляемых коммунальных услуг будет обеспечиваться путем реконструкции, модернизации и технического перевооружения коммунальной сферы и внедрения наилучших

существующих (доступных) технологий. За счет масштабной реконструкции и модернизации систем коммунальной инфраструктуры будет обеспечена надежность и эффективность поставки коммунальных ресурсов [6].

Только благодаря реформированию жилищно-коммунального комплекса можно решить данные проблемы.

В этапах реформирования следует отметить основные задачи по решению вопросов, связанных с жилищно-коммунальным комплексом. В первую очередь необходимо сделать полное обновление систем коммуникаций, что позволит в разы повысить эффективность работы.

Снизить тарифы на электрическую энергию, для этого необходимо установить систему энергосбережения, а также модернизировать приборы учета.

Создание общественной организации позволит осуществлять контроль над проведением капитального и текущего ремонта, что в разы позволит сэкономить бюджет.

Необходимо расширить территорию благоустройства, детских площадок, а также парковок. Обратит особое внимание тротуарным и велосипедным дорожкам [7].

Благодаря новым проектам и системе реформирования жилищно-коммунального комплекса, возможно, решить самые острые проблемы на сегодняшний день непосредственно коммунального хозяйства.

Подводя итог нужно сказать, что развитие жилищно-коммунального комплекса является приоритетной задачей страны, необходимо заниматься данными проблемами, чтобы сократить количество ветхого и аварийного жилья и уменьшить износ инженерных сетей, а также приводить в порядок инфраструктуру страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арьков С.В. Проблемы управления жилым хозяйством; факторы, влияющие на эффективность управления жилищным фондом и методические подходы к его управлению // Экономика строительства. 2016. № 6. С. 72-77.
2. Кирсанов С.А., Краснов С.В., Краснов А.С. Теоретические аспекты исследования проблем и перспектив внедрения информационных технологий в структуры ЖКХ // Экономика и упр. 2018. № 12. С. 15-22.
3. Иванов А.П. Состояние коммунального комплекса – социальная проблема России // Жилищно-коммунальное хозяйство. 2016. № 7. С. 6-10.

4. Винниченко Н.А. Только проверками проблемы ЖКХ не решить: [интервью полномочного представителя президента в УрФО] // Красный Север. 2016. С. 5.

5. Белозеров С.А., Ващук А.Э. Модернизация сферы ЖКХ как фактор повышения уровня жизни населения России // 2017. № 12. С. 47-57.

6. Косухин М.М. От истории создания до современного состояния и перспектив развития жилищно-коммунального хозяйства России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. №12. С. 48-54.

7. Качкаев П.Р. Проблемы и перспективы развития ЖКХ в рамках реформирования отрасли // Жилищно-коммунальное хозяйство. 2017. № 2. С. 2-5.

Ермакова Е.А., студент

**Научный руководитель: канд. экон. наук, доц.
Алексеева О.В.**

*Новороссийский политехнический институт,
филиал КубГТУ, г. Новороссийск, Россия*

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

Срок эксплуатации зданий ограничен запасом проектной мощности. Однако бывают моменты, когда до окончания срока эксплуатации объекта многие конструкции приходят в негодность. Для восстановления их целостности и прочности применяются различные методы реконструкции [1]. Рассмотрим их на примере котельно-кузнечного цеха, построенного в 1970-е годы в городе Новороссийске. Здание простой конфигурации, в плане имеет прямоугольную форму. Общие размеры здания в осях А - Д/1-15 - 25,40 × 83,40 м.

В результате обследования строительных конструкций были выявлены следующие повреждения: просадка фундамента (рис. 1), отклонение от вертикальной линии колон (рис. 2), расслоение, трещины и сколы защитного слоя бетона [2].

Основные причины повышенного износа конструктивных элементов здания – чрезмерные нагрузки на каркас здания, отсутствие контроля их состояния и, как следствие – текущих ремонтов, а также консервации на длительный период времени в виду простоя предприятия [5].



Рис. 1. Вертикальная трещина



Рис. 2. Отклонение колонн

Собственником зданий принято решение восстанавливать данный объект. В качестве решений можно предложить следующее:

- усиление фундамента за счёт устройства железобетонного бандажа с увеличением площади подошвы и гидроизоляцией или устройством анкеров из буронабивных свай (рис. 3) [3];

- усиление несущей части колоны и стропильной фермы посредством устройства металлического бандажа, и металлической обоймы (рис. 4) [4];

- устранение сколов и трещин в бетонных конструкциях предложено реализовать за счёт очистки рабочей арматуры и восстановления защитного слоя бетона с последующей декоративной окраской конструкций (рис. 5) [4]. В качестве ремонтного состава предлагается использовать углеродную ленту FibArm, которая увеличивает несущую способность конструкций из железобетона.

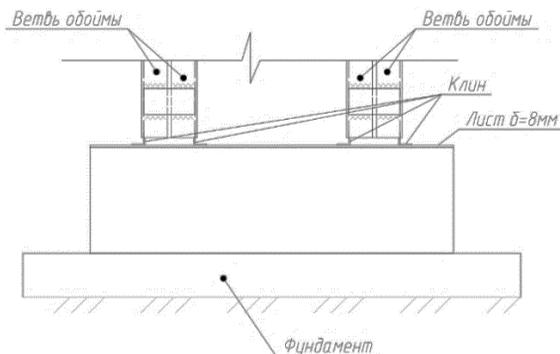


Рис. 3. Схема усиления фундамента

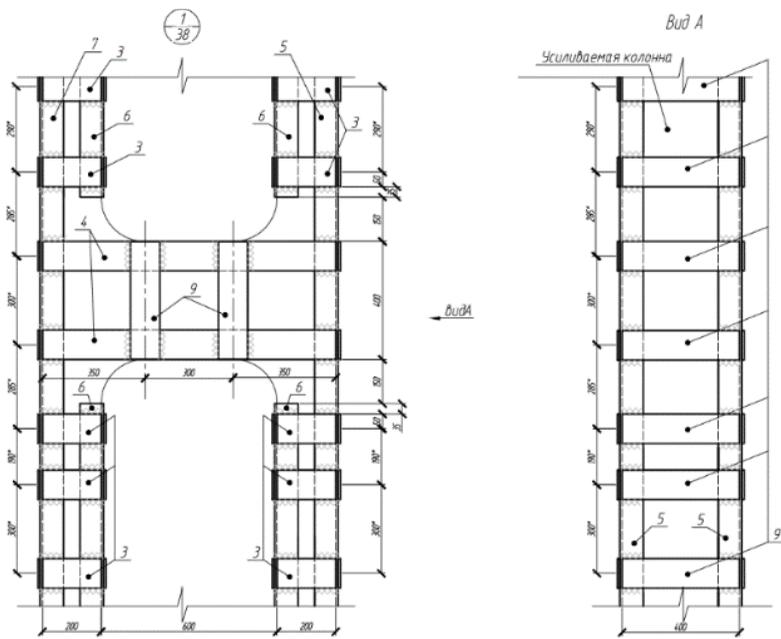


Рис. 4. Схема усиления колонн металлическими обоймами

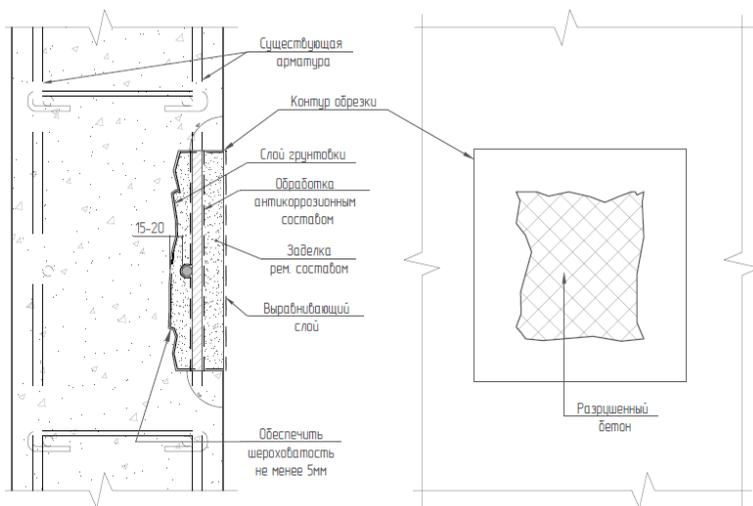


Рис. 5. Схема ремонта участков с обнажением арматуры

В результате обследования промышленного здания был выявлен ряд деформаций некоторых конструктивных элементов и принят статус исследуемого объекта – ограниченно годного к эксплуатации. Сметная стоимость реконструкции составила 15 млн. руб., а срок реализации – от полугода. Исправление всех замечаний позволит собственнику продолжить эксплуатацию зданий и сократить расходы на строительство нового, а также вывоз строительного мусора и выполнение проектной документации согласно требованиям законодательства.

Следует иметь в виду, что регулярное обследование зданий и сооружений, а также комплексный, своевременный текущий и капитальный ремонты несущих и ограждающих конструкций предотвращает преждевременный износ и увеличивает срок эксплуатации не только промышленных зданий, но и объектов гражданской инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоленская Н.Г., Ройтман А.Г., Кириллов В.Д., Дудышкина Л.А., Шифрина Э.Ш. Современные методы обследования зданий // М.: Стройиздат, 1979. 148 с.

2. Руководство по проведению натуральных обследований промышленных зданий и сооружений // М.: ЦНИИпромзданий, 1975. 102 с.

3. Инженерная подготовка организационных решений строительного производства при реконструкции промышленных объектов: диссертация ... доктора технических наук: 05.23.08 / Лим Владимир Григорьевич; ЗАО «Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт организации, механизации и технической помощи строительству». Москва, 2006. 319 с.

4. Методы и средства повышения качества строительно-монтажных работ при реконструкции промышленных сооружений: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.23.08 / Центр. науч.-исслед. и проект. -эксперим. ин-т организации, механизации и техн. помощи стр-ву // Москва, 2006. 22 с.

5. ГОСТ 31937-2011 «Единая система конструкторской документации. Правила обследования и мониторинга технического состояния» // Издание официальное. М.: ИПК Издательство стандартов, 2014. 59 с.

**Жукова Ю.В., магистрант,
Савелов И. С., аспирант**

**Научный руководитель: ст. преп.
Косухин А.М.**

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

РАЗРАБОТКА НОВЫХ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЖКХ И ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Строительство как отрасль занимает одно из ведущих мест в промышленном комплексе нашей страны и вносит огромный вклад в развитие всех без исключения отраслей народного хозяйства. Оно является одной из ключевых отраслей, от которых во многом зависит формирование народного хозяйства.

Эта отрасль сочетает в себе в основном два вида деятельности:

– строительная деятельность – строительство и ремонт объектов недвижимости (непосредственно сфера приложения потенциала строительных организаций);

– жилищно-коммунальное хозяйство – обеспечение эффективного функционирования и эксплуатации жилых зданий и городской среды, в том числе коммунального хозяйства (водоснабжение, тепло- и газоснабжение, вентиляция, канализация, электрические сети, лифтовое хозяйство и ряд других, обеспечивающих жизнедеятельность производств).

Строительно-коммунальная деятельность как отрасль народного хозяйства включает в себя весь период создания и эксплуатации недвижимых объектов: зданий, сооружений и всей связанной с ними деятельности [1].

Сегодня, по данным Госкомстата, в строительной отрасли занято более 6% всего населения Российской Федерации. По объему производства и количеству занятых человеческих ресурсов строительная отрасль составляет около десятой части экономики страны.

Отдельно хотелось бы остановиться на социальной значимости проектов, реализуемых на рынке ремонтно-строительных работ. Реализация ремонтно-производственной программы в жилищно-коммунальном хозяйстве и городской среде направлена на создание благоприятных условий для жизнедеятельности граждан Российской

Федерации и обеспечение устойчивого функционирования региональных программ, обеспечивающих своевременную реализацию мероприятий, а также требуемое качество и приемлемая цена работ (услуг).

Следует отметить, что все указанные программы софинансируются за счет субсидий из федерального бюджета, что накладывает дополнительные условия на рациональное использование средств. Использование бюджетных средств на практике происходит на основе заранее определенных принципов: высокоэффективного использования, соблюдения режима экономии, а также условий повышения их эффективности. Соблюдение этих принципов создает большие возможности для рационального и бережного использования бюджетных средств [2].

Вместе с тем, в настоящее время в России отсутствуют четкие требования к организации современных ремонтно-строительных процессов в жилищно-коммунальной и городской среде. Так же отсутствуют требования, предполагающие включение в производственный процесс не только участников, но и собственников, а также методов для их достижения. Существующие городские программы в сфере жилищно-коммунальной деятельности и городской среды носят несистемный характер, в них нет критериев оценки эффективности или хотя бы минимальных параметров необходимой работы. В связи с этим необходимо:

- изучить особенности планирования и реализации градостроительных программ в сфере жилищно-коммунального хозяйства и городской среды;
- сформировать подходы к разработке методов планирования градостроительных программ в сфере жилищно-коммунального хозяйства и городской среды;
- определение критериев выбора организационно-технологических решений ремонтно-строительного производства в жилой, коммунальной и городской среде;
- провести теоретические и экспериментальные исследования эффективности технологических процессов и выявить общие закономерности путем моделирования и оптимизации организационно-технологических решений [3].

В целях совершенствования концептуальной основы моделирования организации ремонтно-строительного производства необходимо определить основные характеристики организации ремонтно-строительного производства и разработать требования к моделированию порядка выполнения видов работ при проведении

капитального ремонта каждого многоквартирного дома в условиях ограниченных финансовых и временных ресурсов.

Первый способ предполагает сохранение большей части конструкций. Меняется перепланировка квартир, увеличиваются площади коридоров, кухонь и т.д. Второй способ – полная переустановка. Площадь кухонь увеличена, части жилых комнат используются для размещения вспомогательных служб, но при этом они не нарушают несущие конструкции, благодаря чему сохранена первоначальная прочность здания. Увеличение объемов строительства зданий позволяет эффективно решать задачи строительства комфортного жилья. Реконструкция приводит к переселению жителей, что является экономически затратным мероприятием и не всегда осуществимым [4].

Полное удовлетворение потребностей населения в содержании жилищного фонда и жилищно-коммунальном обслуживании является основной задачей нового механизма управления городским хозяйством. Чтобы достигнуть этой цели, необходимо решить следующие задачи:

Во-первых, постоянное обеспечение ресурсами жилищного хозяйства за счет привлечения централизованных и децентрализованных источников финансирования, развитие материально-технической базы городского хозяйства и совершенствование системы подготовки кадров.

Во-вторых, введение экономических стимулов для повышения качества работ и услуг.

В-третьих, приоритетом является обеспечение учета интересов населения при решении всех важнейших вопросов развития жилищной реформы.

В-четвертых, гарант надежности и устойчивости систем жизнеобеспечения жилищно-коммунального хозяйства (водо-, тепло-, электро- и газоснабжение) [5];

В-пятых, выработка рациональной системы отношений между всеми участниками хозяйственного процесса на экономико-правовой основе.

Для совершенствования методов организационно-технических решений в организации ремонтно-строительного процесса также рассмотрим модернизацию оборудования, т.к. это важнейший фактор повышения уровня благоустройства населенных мест [6].

Замена устаревшего и внедрение новейших видов оборудования относится к модернизации оборудования. Экономия воды, тепла, энергоресурсов – главный вопрос на сегодняшний день. Выходом из этой ситуации является сокращение потребления энергоресурсов и их рациональное использование. Решить эту проблему можно будет за счет внедрения энергосберегающих технологий в жилищно-коммунальном

хозяйстве. На основе этого можно экономить энергоресурсы (электроэнергию, тепло, воду), увеличить срок службы технических средств, снизить затраты на профилактические и ремонтные работы, обеспечить оперативное управление и надежный контроль за ходом технологических процессов.

Подводя итоги, можно с уверенностью сказать, что эффективная система качества должна удовлетворять потребности и ожидания потребителей и защищать интересы поставщика услуг (исполнителя).

Таким образом, внедрение предлагаемых методов организационно-технических решений и совершенствование существующих будет способствовать повышению качества услуг и удовлетворенности пользователей. Также будет достигнута оптимальная структура управления, организация ремонтно-строительного процесса в жилищно-коммунальной и городской среде будет работать как единая система, а все виды ресурсов компаний будут использоваться более эффективно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косухин М.М., Скороходов К.Р., Косухин А.М., Богачева М.А. Роль состояния жилищно-коммунального комплекса в обеспечении устойчивого развития муниципальных образований Белгородской области // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. № 11. С. 212-218.

2. Лебедев В.М. Технология и организация производства реконструкции и ремонт зданий: учеб. пособие // Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова 2015. 200 с.

3. 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.

4. Абрамов Л.И. Организация и планирование строительного производства. Управление строительной организацией: учебное пособие. М.: СИ, 1990. 400 с.

5. Косухин М.М., Косухин А.М. Водоотводящие инженерные сети в прошлом, настоящем и будущем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2017. № 6. С. 29-34.

6. Павленко М.Д. Сущность жилищно-коммунальных услуг как общественно важного социального блага // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 17. С. 207-211. URL: <http://ekoncept.ru/2016/46220.htm>.

Королева О.С., магистрант

Научный руководитель: канд. экон. наук., доц.
Абакумов Р.Г.

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

НЕОБХОДИМОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ПРОВЕДЕНИЯ СТОИМОСТНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Стоимостная экспертиза – это экспертиза, направленная на установление рыночной стоимости объекта по отношению к различным объектам оценки.

Данный вид экспертизы имеет значительно широкую область применения. В качестве объекта оценки могут выступать как простые вещи домашнего применения (бытовая техника, мебель и др.), жилых помещений, зданий и сооружений, земельных участков, так и крупных имущественных комплексов, объектов интеллектуальной собственности и т.д. [1]

Главными вопросами, которые решаются в рамках стоимостной экспертизы, являются вопросы определения рыночной стоимости объектов, а также оказания помощи судам, следственным органам, следователям, прокурорам, физическим и юридическим лицам, страховым организациям, нотариусам в определении ситуации путем решения задач, требующих специальных знаний.

Цель исследования, которую ставит перед собой стоимостная экспертиза, заключается в установлении обстоятельств, необходимых для верного решения судебного дела (поставленной задачи). Некоторые из таких целей приведены на рис. 1.

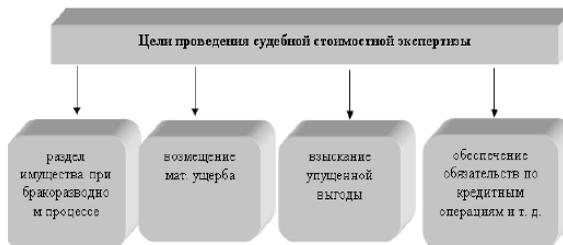


Рис. 1. Цели проведения судебной стоимостной экспертизы [2]

Определение стоимости объекта оценки состоит из трёх основных этапов, представленных на рис. 2.



Рис. 2. Основные этапы определения стоимости объекта оценки [3]

В зависимости от специфики конкретной работы эксперт руководствуется различными методами проведения экспертизы. Применение методик позволяет эксперту не только грамотно определить цели и задачи своей работы, но и чётко обосновать действия в своём исследовании.

Зачастую трудно определить, какой методикой руководствовался тот или иной эксперт в рамках своей работы в связи с разными трактовками одного и того же метода. В связи с этим математический смысл оценки стоимости недвижимости – это в основном приблизительный расчёт на уровне числового порядка, который выдаёт знание оценщиком самого предмета. [4]

Однако выделяют несколько основных методов, благодаря которым можно определить стоимость объекта недвижимости. Данные методы приведены на рис. 3.

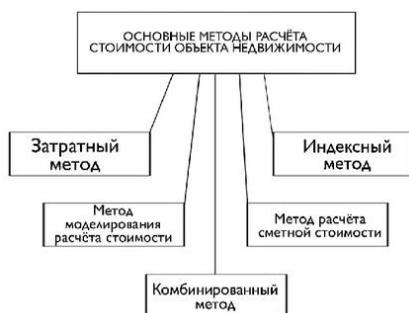


Рис. 3. Основные методы расчёта стоимости объекта недвижимости

В рамках затратного метода (метода калькуляции) производится расчёт стоимости объекта по фактическим данным, основанных на документах, подтверждающих обоснованность расходов.

Под методом моделирования расчета стоимости недвижимости понимается расчёт на основе данных о поставляемых товарах (работах, услугах), и данных о рыночных ценах, в ходе которого представляется процесс формирования стоимости недвижимости.

При помощи индексного метода стоимость объекта рассчитывается на основе оценочных данных и индексируется на основе оценки.

Метод расчета сметной стоимости (проектно-сметным методом) основан на фактическом объёме строительства и расчётах критериях и показателях за определенный промежуток времени.

Существует и комбинированный метод, подразумевающий под собой совокупность вышеперечисленных методов с учетом наличия данных. Данный метод использует метод проверки рыночных цен (анализ рынка), нормативный метод, метод анализа затрат (затратный метод), а также другие методы для определения стоимости объекта недвижимости. [5]

Профессиональные методы оценки должны утверждаться на законодательном уровне, исходя из характера поставленной задачи по определению стоимости недвижимого имущества. При этом должны быть разработаны не только общие методы, которые основаны на стандартах оценки, но и частные, учитывающие конкретные ситуации.

Результатом судебно-стоимостной экспертизы является экспертное заключение, имеющее структуру, включающую обязательные пункты, определенные Законом о судебно-экспертной деятельности и процессуальными нормами. Заключение должно быть подготовлено в соответствии с требованиями закона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стоимостная экспертиза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://finsudexpert.ru/expertize/stoimostnaa> - Дата обращения – 08.10.2022.
2. Клипина Н.А., Абакумов Р.Г. Основы нормативно-правового регулирования проведения судебной стоимостной экспертизы // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2018. № 4 (30). С. 43.
3. Петров К.Л. О стоимостной экспертизе, её месте в системе родов (видов) судебных экспертиз, проводимых в СЭУ миноста России, и о пределах экспертной компетенции при проведении стоимостных исследований // Теория и практика судебной экспертизы. 2015. № 4 (40). С. 72

4. Жариков И.С., Давиденко П.В. Эффективное использование BIM-технологий при серьезной строительной-технической экспертизе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 1. С. 42-48.

5. Клипина Н.А., Абакумов Р.Г. Аналитический обзор существующих методик проведения судебной стоимостной экспертизы объектов недвижимости и проблемы их применения // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2019. № 1 (35). С. 161.

**Кудрявцев Н.А., магистрант,
Балакирев Э.А., магистрант,
Аноприенко Д.С., студент**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

КОМПЛЕКСНАЯ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Комплексная диспетчеризация и системы автоматизированного управления инженерным оборудованием предназначены для оптимизации работы инженерных систем, в том числе при использовании в территориально-распределенных компаниях, имеющих большое количество обособленных подразделений. Автоматизация и диспетчеризация инженерных систем позволяют удаленно отслеживать, контролировать состояние технологических сетей зданий, а также собирать и архивировать данные об их работе. Они дают возможность следить в реальном времени за процессами, режимами работы инженерного оборудования, передавать немедленный сигнал при возникновении нештатных ситуаций. К единой сети дистанционного управления подключаются любые объекты, где используются бытовые приборы, инженерные установки или другое технологическое оборудование. К ним относятся жилые дома, офисные, административные здания, производственные объекты и т.д. Система управления и диспетчеризации инженерного оборудования позволяет сделать пребывание людей в здании более комфортным, безопасным [1].

Существует два вида комплексной диспетчеризации.

Локальная – осуществляет локальную диспетчеризацию и позволяет передавать технологические данные как от одной, так и от нескольких инженерных систем на компьютер оператора (пункт диспетчеризации). В этом случае система замкнутая, т. е. оборудование и пульт управления размещены на одном объекте или в одном здании.

Удаленная – осуществляет удаленную диспетчеризацию и позволяет передавать параметры от одной или нескольких автоматизированных систем с территориально удаленных объектов на центральную станцию диспетчеризации, с помощью различных каналов передачи данных. Удаленная диспетчеризация может применяться для объединения нескольких зданий, имеющих локальную диспетчеризацию.

Такая комплексная система выполняет ряд полезных функций:

- оптимизация и прогнозирование расходования средств на коммунальные услуги (холодное водоснабжение, горячее водоснабжение, электроснабжение, газоснабжение, отопление), оптимизация объемов потребления коммунальных услуг;

- управление инженерным оборудованием;

- расчет сумм коммунальных платежей по данным технического учета с возможностью сравнения полученных результатов с данными коммерческого учета;

- контроль качества оказываемых коммунальных услуг (качественные характеристики водо- и электроснабжения);

- контроль технического состояния инженерных систем и оборудования, своевременное устранение отказов;

- контроль выхода эксплуатационных параметров за устанавливаемые пределы;

- планирование обслуживания инженерных систем и наблюдение за качеством этого обслуживания;

- исключение работы инженерного оборудования в режимах, приводящих к бессмысленному расходованию ресурсов (например, исключение возможности одновременного включения вентиляционной установки на нагрев воздуха и кондиционеров на охлаждение);

- система является рабочим инструментом диспетчера, в том числе для организации взаимодействия с обслуживающими организациями [2, 3].

В типовой конфигурации контролируются и сохраняются в архив следующие параметры:

- потребление электроэнергии и ее качество (сохраняются данные электросчетчиков). При необходимости осуществляется подключение дифференцированного учета (по потребителям, либо по группам потребителей);

- потребление воды (сохраняются данные приборов учета);

- качество водоснабжения (сохраняются данные датчиков температуры ГВС, давления ХВС и ГВС).

- температура в помещениях (сохраняются данные датчиков температуры и информация с климатических установок и кондиционеров);

- состояние источников бесперебойного питания и их основные рабочие параметры;

- рабочие параметры климатических установок;

- работоспособность и параметры работы холодильного оборудования и бойлеров [4].

В типовой конфигурации управляются:

- автономные системы ГВС (накопительные водонагреватели): обеспечение работы по расписанию, например, с учетом многотарифности электроснабжения;

- климатические установки и кондиционеры: обеспечение работы по расписанию, исключение ситуаций неоправданного расходования электроэнергии;

- отдельные потребители электроэнергии «по условию» (например, исключение возможности одновременного включения кондиционеров и отопления, отключение наружного освещения в светлое время суток и т.п.) [5].

Что касается аппаратного обеспечения, то существуют серверы диспетчеризации, шкафы сбора данных и источники данных и исполнительные механизмы, которые опишем ниже.

Сервер диспетчеризации: к серверу должен быть обеспечен надежный круглосуточный доступ по сети от всех компонентов системы. Сервер может быть виртуальным. Может быть подключен в состав внутренней VPN компании, либо размещен в дата-центре.

Шкафы сбора данных: устанавливаются по одному в каждом территориально обособленном подразделении. Шкафы должны иметь связь с сервером хранения данных. Для связи может быть использована проводная, беспроводная, в том числе сотовая связь [6].

Источники данных и исполнительные механизмы: разнообразные датчики и исполнительные устройства, комплексные системы управления отдельными инженерными системами (например, системы управления холодильными установками, микроклиматом в помещении и т.п.). Состав оборудования определяется в соответствии с требованиями заказчика [7].

В системе реализованы ролевой и территориальный принципы предоставления доступа к данным, которые хранятся в шкафах сбора данных. Существует четыре уровня доступа: руководитель, диспетчер, наладчик, оператор. «Руководитель» имеет доступ ко всей информации, но не имеет возможности управлять и настраивать что-либо.

Таблица 1

Принцип предоставления доступа к данным

Роли	Настройка	Управление	Просмотр
Руководитель	-	-	+
Диспетчер	-	+	Данные, к которым есть доступ у данного пользователя
Наладчик	+	+	+
Оператор	-	Один контроллер	Один контроллер

Для использования данных существует различные интерфейса для различных уровней доступа. Интерфейс оптимизирован для использования в качестве клиента планшета с диагональю 10 дюймов. Обеспечивает доступ к данным о работе оборудования в одном территориально обособленном подразделении. Разрешено наблюдение, формирование отчетов, управление оборудованием на уровне «пользователь» (данный уровень не дает пользователю доступа к настройкам, изменение которых может привести к поломкам оборудования и/или созданию аварийных ситуаций) [8, 9].

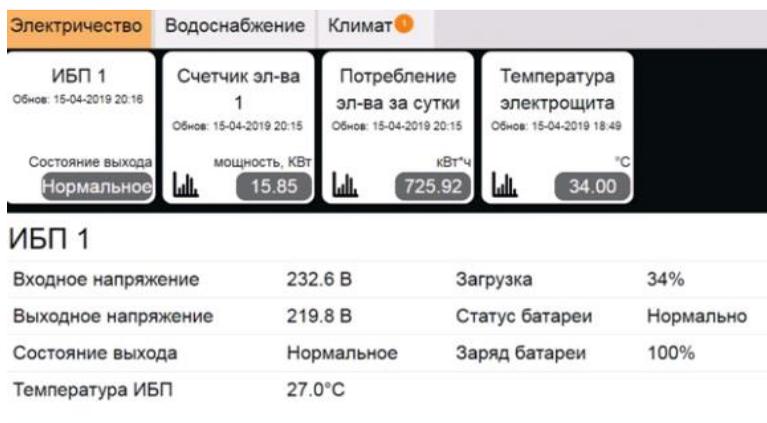


Рис. 1. Вид интерфейса

Когда происходит какое-либо происшествие, либо отказывает оборудование, то пользователю приходит уведомление. Система содержит в себе настраиваемый механизм рассылки почтовых сообщений при отказах подключенных компонентов оборудования и при выходе эксплуатационных параметров за установленные пределы. Вслед за происшествиями происходит генерация отчетов в двух форматах – в периодической форме и по требованию. Отчеты могут

формироваться в форме таблиц (с возможностью экспорта в Excel), либо в форме графиков/гистограмм. Помимо стандартных отчетов (о расходовании ресурсов, об отказах, об отклонениях эксплуатационных параметров) могут быть реализованы и любые другие отчетные формы.

Монтаж всего оборудования довольно прост. Компоненты системы диспетчеризации специально разрабатывались с учетом возможности их монтажа персоналом с низким уровнем квалификации. Монтаж сведен к подключению разъемов RJ-45 цветными кабелями с соблюдением цветов маркировки разъемов и кабелей. Автоматизированное подключение в состав системы. При первом включении контроллер сбора данных самостоятельно регистрируется на сервере и регистрирует весь набор подключенного к контроллеру оборудования.

Техническое обслуживание состоит из работ по производству ежедневных, ежемесячных, полугодовых технических осмотров и проверок. В процессе функционирования реализуются непрерывный автоматический самоконтроль состояния аппаратуры и ее линий связи. Однако ряд функций проверяются операторами и монтерами.

Таким образом, мы можем говорить о том, что внедрение такой системы для управляющих компаний экономически эффективно, но через длительный промежуток времени. В связи с этим, возможно рассмотреть сокращение функций и сокращение до минимального необходимого продукта, что повлечет сокращение инвестиционных издержек на стадии закупа оборудования, которая является основной статьей расхода в нашем случае.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 24.103-84 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Основные положения // Сборник ГОСТов. М.: Издательство стандартов, 1986. 11 с.
2. Архипов В., Системы для «умного» здания // М.: «СтройМаркет», 2015. № 45. 182с.
3. Богданова Ю.В., Ильиных Д.В., Патудин В.М., Подольская А.Я. Моделирование организационно-экономических механизмов системы ЖКХ в рыночной экономике // Ползуновский вестник №1. 2016. 56 с.
4. Егунов В. А., Управление «умным домом» с использованием беспроводного канала связи // Известия Волгоградского государственного технического университета. Т. 20. № 6(133). С. 73-75.
5. Фокина Е.Н., Гаврилова Н.Г. Интеллектуальные системы управления зданием. Интеллектуальное здание // Сборник трудов XVIII Международной межвузовской научно-практической конференции

студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. М.: МГСУ, 2015. 109 с.

6. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Рябчевский И.С. Внедрение инноваций в систему отопления гражданских зданий // Университетская наука. 2020. № 2 (10). С. 126-128.

7. Концепция «Умный город»: основные положения, описание, устройство, примеры [Электронный ресурс] – URL: <http://fb.ru/article/399297/kontseptsiyaumnyiy-gorod-osnovnyie-polojeniyaopisanie-ustroystvo-primeryi> (дата обращения 24.11.2022).

8. Диспетчеризация объектов ЖКХ [Электронный ресурс] – URL: <http://conssystem.ru/dispatcherizatsiya-obektov-zhkkh> (дата обращения: 24.11.2022).

9. Автоматизация и безопасность зданий [Электронный ресурс] – URL: <http://knxkrasnodar.ru/oborudovanie/gira?id=116&tmpl=component2> (дата обращения: 24.11.2022).

**Кудрявцев Н.А., магистрант,
Балакирев Э.А., магистрант,
Анопrienко Д.С., студент**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЯ НА ОСНОВЕ ЕГО ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Компьютерные технологии, используемые в архитектурном проектировании, развиваются быстрыми темпами. Появляется все большее количество разнообразных программ и оборудования, совершенствуются технологии, расширяются возможности. Усиление глобальных экологических проблем, а также совершенствование вычислительных инструментов и методов оказали значительное влияние на то, как проектируются здания. От инженеров-строителей все чаще ожидают повышения энергоэффективности конструкций. Однако не всегда это выполнимо. Для достижения высокого уровня энергоэффективности можно также использовать многоцелевую оптимизацию на основе моделирования. Из-за высокой сложности настройки модели здания для многоцелевой оптимизации проектирования существует большая потребность в использовании и интеграции передовых технологий моделирования, включая BIM,

параметрическое моделирование, облачное моделирование и алгоритмы оптимизации для автоматического создания, оценки и оптимизации. Именно поэтому оптимизация технической эксплуатации здания является одним из главенствующих направлений на сегодняшний день [1].

Многоцелевую оптимизацию производят по информационной модели здания, которая создается по имеющейся проектной документации, выполненной в стандартных средствах автоматизированного проектирования. Различными проектировщиками ведется разработка нескольких разделов проекта: от АР и КР до ИОС. После подробного изучения исходных данных разрабатывается техническое задание с обязательным указанием на уровень проработки того или иного раздела: от LOD100 до LOD500. Обычно выбирается LOD300 как наиболее приемлемый для будущей адаптации и оптимизации. Затем выстраивается модель на основе заранее разработанных элементов. Сначала инженера-проектировщики работают в модели, затем инженера-смежники. Завершенные модели с настроенными отображениями, видами, с правильно выведенными спецификациями собираются воедино, представляя собой комплексную информационную модель. Далее производится проверка модели на коллизии и прочие ошибки. В окончательном варианте модель включает в себя: информационную модель раздела ВК, информационную модель раздела ОБ, информационную модель раздела ЭС, информационную модель раздела КР, единую модель-хранилище, являющуюся симбиозом всех разрабатываемых в сфере BIM разделов проекта [2, 3].

Информационная модель играет первостепенную роль в различных жизненных циклах сооружения (рис. 1).

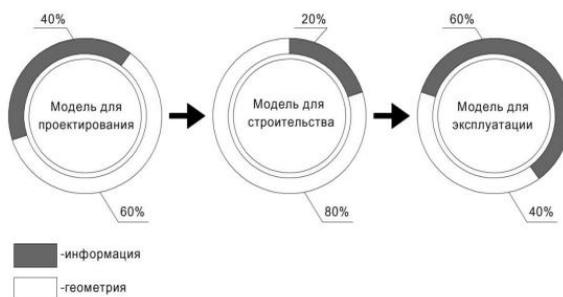


Рис. 1. Соотношение значений геометрии и информации в информационной модели здания на различных этапах жизненного цикла

На этапе проектирования влияние геометрического представления объекта превалирует над информативностью, наиболее явно это различие проявляется при строительстве объекта. На завершающей стадии, а именно при эксплуатации здания, идеология BIM проявляется в высшей степени, так как именно в этом случае впервые за весь жизненный цикл здания информация выходит на первый план, а геометрические формы и представления теряют свои главенствующие позиции [4-6].

Этап эксплуатации представляется наименее скоординированным с точки зрения освоения BIM-индустрии из всех вышеизложенных этапов, так как когда произносят слово «BIM», первой мыслью является, конечно же, проектирование, реже вспоминается стадия строительства объекта и почти никогда эксплуатация [7].

Однако этап эксплуатации является наиболее протяженным, продолжительность напрямую влияет на финансовые затраты, следовательно, суммарные расходы на эксплуатацию зачастую в несколько раз превосходят предыдущие расходы. Из этого можно сделать вывод, что все исследовательские процессы должны быть направлены на оптимизацию технической эксплуатации здания.

Возможности информационной модели на стадии эксплуатации заключаются в следующем:

- управление эксплуатационной документацией;
- контроль расходования ресурсов;
- отлаженная эксплуатация инженерной и информационной инфраструктуры;
- учет оборудования и гарантийных обязательств;
- оценка эффективности управления, инвентаризация и технический аудит оборудования.

Во время жизненного цикла объекта BIM-модель обеспечивает:

- разумное планирование затрат на текущий и капитальный ремонт здания, обоснование финансовых расходов;
- прогнозирование годового бюджета на эксплуатацию объекта;
- сопровождение договоров на коммунальные услуги.

Перечисленные функции позволяют создать такое понятие, как «электронный паспорт объекта» [8], который включит в себя всю информацию, нужную для долгосрочной эксплуатации. Существует несколько путей его создания:

- 1) актуализация уже существующей модели;
- 2) создание исполнительной модели, а именно информационной модели.

В современных реалиях предпочтительным, несомненно, является первый вариант, так как именно к единству информационной модели на всех этапах жизненного цикла конкретного здания стремятся все участники строительного рынка. Второй метод используется для уже построенных зданий и сооружений, зачастую для памятников архитектуры. Перечисленные задачи решались путем создания комплексной модели, состоящей в свою очередь из основной части и логически определенных подмоделей, содержащих информацию, способствующую решению строительско-технических, управленческих, логистических и финансовых задач [9, 10].

Постепенно внедряя технологии информационного моделирования в стадии жизненного цикла объекта, можно рассчитывать на перспективное использование основных концепций также и на наиболее продолжительной стадии эксплуатации, тем самым резонным является утверждение, что концепция BIM позволяет заложить ожидаемые результаты и показатели эксплуатационных процессов уже на стадии проектирования.

Существует две схемы подходов к организации технической эксплуатации здания: традиционный и информационный (рис. 2). В традиционном после обнаружения неисправностей оформляется заявление на имя обслуживающей организации, затем оно доставляется непосредственно в организацию. В течении суток оно рассматривается, затем направляется мастер для уточнения поломки и составления акта. Значительным недостатком такого метода является огромное количество временных затрат по причине длинной цепочки решения проблемы. В информационной модели же при возникновении неисправности оборудования жилец сообщает посредством мобильного приложения всю ситуацию, заполняет своего рода форму-заявку, прикладывая фотографии поломки. Далее запрос обрабатывается и направляется в единый облачный сервер, где направляется непосредственно в эксплуатирующую организацию, где система анализирует имеющиеся сведения и направляет запросы на смартфон сотрудников, которые в данный момент могут заняться решением проблемы. На месте мастер может отсканировать QR-код для получения доступа к информационной модели здания, получить доступ к техническим паспортам и прочей документации и адекватно устранить возникшую проблему. Далее непосредственно в офисе компании составляют акты, обращаясь к единой информационной системе, а не к массивной проектной документации.

Если сравнивать эти два подхода, то видно, что в информационном подходе значительно сокращается итоговое время решения проблемы,

исключены лишние звенья традиционного подхода. Также сведены к минимуму возможные утери какой-либо документации.



Рис. 2. Различия подходов рассмотрения этапности жизненного цикла здания:
➔ – подход к рассмотрению этапности жизненного цикла здания при традиционном проектировании;
➞ – подход к рассмотрению этапности жизненного цикла здания при информационном моделировании

Таким образом, можно сделать вывод, что подобная система эксплуатации найдет достойное применение в работе эксплуатирующих организаций по реализации как постоянного обслуживания жилого фонда или исправлении чрезвычайных ситуаций, так и планировании текущего ремонта, так как диаграммный подход отображения информации позволяет выявлять первостепенные задачи, а, следовательно, задачи, требующие финансирования в первую очередь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петрова Е.А. Предшественники BIM. История проектирования зданий [Электронный ресурс] // Цикл авторских публикаций. 2014. URL: <http://bim-proektstroy.ru/?p=57>
2. Чегодаева М.А. Трудности внедрения и развития BIM-технологий в России // Молодой ученый. 2017. №29. С. 29-32.
3. Талапов В.В. Применение BIM к существующим зданиям [Электронный ресурс] // Цикл авторских публикаций об информационном моделировании зданий. 2010. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14159
4. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Есипов С.М., Амелин П.А. Цифровое обследование зданий и сооружений, поврежденных в результате чрезвычайных ситуаций // Сборник докладов юбилейной международной научно-технической конференции «65 лет ДонГТИ. Наука и практика. Актуальные вопросы и инновации». Алчевск, 2022. С. 201-203.

5. 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.

6. Рябчевский И.С., Кашуба С.О., Сулейманова Л.А. 4D BIM-моделирование объектов строительства в программном комплексе Bentley Synchro Pro // В сборнике Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные методы организации строительного производства». Санкт-Петербург, 2021. С. 20-29.

7. Ященко А.А., Слепакова Т.И. Имитационно-информационная модель при оценке эффективности строительных инновационных процессов // Международный журнал экспериментального образования. 2015. №10-1. С. 56-59

8. Сизенко С.А., Кузьмина Т.К. Современные информационные технологии в работе службы заказчика (технического заказчика) // Научное обозрение. 2015. №18. С. 156-159.

9. Попов М.С., Лутовинов П.П. Использование категорий потенциала в системе принятия решений по управлению производственно-инновационной деятельностью предприятия // Вестник ЮУрГУ. 2010. №20 (196). С. 57–62.

10. Ewins R. A review of computational optimisation methods applied to sustainable building design. Renew. Sustain. Energy Rev. 22, 230–245.

Марулин В.М., студент

**Научный руководитель: ассистент
Губарев С.А.**

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

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ГЕОМОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Любое здание и сооружение играет важную роль в жизни современного человека, оно обеспечивает комфортные и безопасные условия для его жизнедеятельности. С течением времени здания и сооружения стремительно меняют свой внешний облик. В жилых зданиях производят перепланировки, исторические здания реставрируются, а ветхий фонд реконструируют, тем самым меняется облик целых агломераций. С каждым годом возводимые объекты и условия становятся сложнее, а сроки исполнения сокращаются.

В настоящее время возрастают повышенные требования к методам диагностики состояния объектов – они позволяют быстро и качественно оценить фактические характеристики конструкций зданий. Современные методы просты в эксплуатации, позволяют проводить анализ конструкций практически на любом этапе возведения и эксплуатации зданий или сооружений.

В связи с этим особое значение приобретают проблема контроля технического состояния несущих конструкций с целью предупреждения возникновения аварийных ситуаций и обоснованность выбора комплекса инженерных мероприятий по их недопущению. Именно поэтому техническое обслуживание представляет собой динамический процесс, комплекс действий и мер по надзору, контролю и эксплуатации (рис. 1).

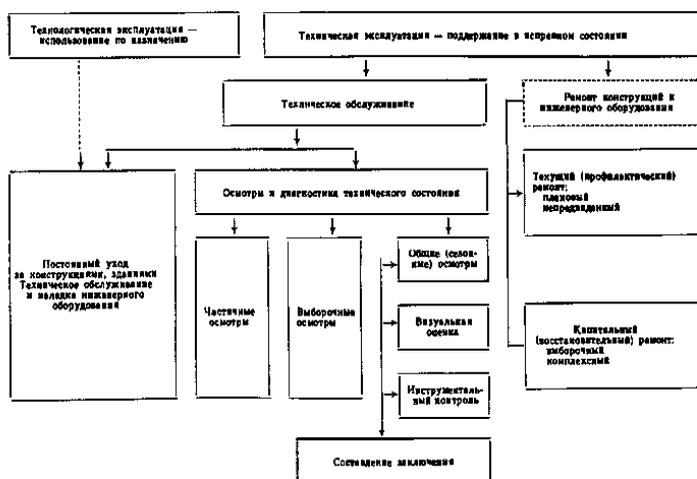


Рис. 1. Эксплуатация зданий и сооружений

Особое место в мониторинге технического состояния зданий и сооружений занимает геодезический мониторинг. Он производится в обязательном порядке на начальном этапе строительства – в период выемки грунта (разработки котлована), в этом случае отслеживаются деформации строящихся (реконструируемых) объектов, уровень подземных вод, состояние грунтового массива, а также зданий, сооружений и надземных и подземных инженерных коммуникаций, которые попадают в зону влияния будущей застройки. Кроме того, геомониторинг особенно необходим в момент проведения работ нулевого

цикла, при его некачественном проведении и нарушении в организации работ, дальнейшая эксплуатации здания может быть нарушена. На этом этапе специалистами отслеживаются вертикальные перемещения (осадки) и отклонения от вертикали (крен) строящегося объекта.

При этом очевидно, что наблюдение за техническим состоянием зданий и сооружений должно носить систематический характер. После длительной эксплуатации объекта его отдельные конструкции имеют не только физический износ, но и моральный (несоответствие технического состояния здания современным требованиям). Поэтому проверку технического состояния здания проводится не позднее чем через два года после его ввода в эксплуатацию. В дальнейшем обследование технического состояния зданий и сооружений проводится не чаще одного раза в 10 лет и не чаще одного раза в пять лет для сооружений и зданий или их отдельных частей, работающих в неблагоприятных условиях (агрессивные среды, вибрации, повышенная влажность, сейсмичность, достигающая 7 баллов и более и др.).

Для уникальных зданий и сооружений устанавливается постоянный режим мониторинга. Также мониторинг и обследование технического состояния зданий могут проводить и по другим причинам:

- если были обнаружены значительные дефекты, повреждения и деформации в процессе технического обслуживания, осуществляемого собственником объекта;
- по инициативе собственника объекта;
- при изменении технологического назначения здания (сооружения);
- по предписанию органов, уполномоченных на ведение государственного строительного надзора.

Общий мониторинг технического состояния зданий и сооружений проводится для выявления существенных изменений в их напряженно-деформированном состоянии несущих конструкций.

Одной из главных проблем в эксплуатируемом здании является отсутствие доступа к большинству конструкций или же ситуации, когда он сильно затруднен. В этом случае традиционные методы визуального и инструментального контроля мало эффективны.

Еще сильнее эта проблема проявляется в высотных зданиях, ведь в отличие от малоэтажных зданий, где деформирование происходит в основном из-за неравномерных осадок отдельных его частей, в многоэтажных постройках возрастает роль внешних природных факторов (рис. 2).

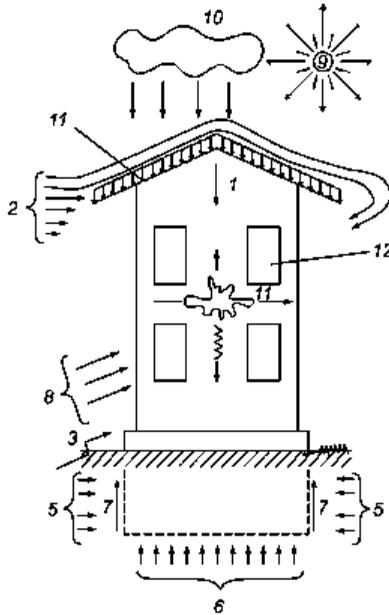


Рис. 2. Внешние воздействия на здание: 1 – постоянные и временные нагрузки; 2 – ветер; 3 – сейсмические ударные воздействия; 4 – вибрация; 5 – боковое давление грунта; 6 – реактивное давление грунта; 7 – грунтовая влага; 8 – шум; 9 – солнечная радиация; 10 – атмосферные осадки; 11 – атмосферные воздействия (влажность, температура, химические примеси); 12 – состояние внутри здания (температура, влажность)

Поэтому система мониторинга разрабатывается еще на стадии проектирования и устанавливается уже во время строительства, чтобы обеспечить наблюдение за состоянием конструкций здания в постоянном режиме.

Для этого используют комплексные системы различных датчиков, которые определяют степень влияния различных факторов на конструкцию, конечно же, они работают автоматически, и разрабатываются такие датчики индивидуально для каждого здания. Эти системы контроля позволяют выполнять большой объем работ при этом используя человеческий труд по минимуму.

Первая система мониторинга создавалась для наблюдения за конструкциями при землетрясении, что помогало понять природу влияния на положение несущих конструкций. И устанавливались на крупномасштабные объекты, такие как мосты, дамбы и т.п. Полученные

данные широко применяли при проектировании зданий и сооружений в зонах с высокой сейсмической активностью.

В некоторых странах строители, для определения прогибов конструкций, применяют оптоволоконные датчики деформации, но такие системы дороги в производстве и сложны в эксплуатации. Несмотря на это каждый год системы мониторинга и технического обслуживания развиваются, в таких как:

- увеличение функциональности и уменьшение количества компонентов системы;

- рост вычислительной мощности центральных узлов сбора и анализа данных о состоянии объекта мониторинга.

Вместе с этим их общая стоимость снижается, а технология сбора информации о состоянии конструктивных элементов становится в разы проще. Мониторинг конструкций важен как во время строительства, так и во время эксплуатации здания. Установка средств мониторинга будет обеспечивать постоянную безопасность и контроль за состоянием конструкции объекта и самое главное недопущение и предотвращение аварийных ситуаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бурсов Н.Г., Туровец Г.А., Хандогин А.П., Хлыстов С.Г. Мониторинг как инструмент безопасности технически сложных, уникальных и высотных объектов // Архитектура и строительство №2 (220), 2011г.

2. Осипов А.И., Ефименко Э.Р. Техническая эксплуатация зданий и сооружений: электронное учеб. пособие // Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015. 154 с.

3. Горпинченко В.М., Егоров М.И. Мониторинг эксплуатационной пригодности особо ответственных, сложных и уникальных сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2004. № 10.

4. Губарев С.А., Кадина Н.С. Проверка соответствия выполненных строительно-монтажных работ с применением геодезического оборудования // Вектор ГеоНаук. 2020. Т.3. №1. С. 96-99. DOI: 10.24411/2619-0761-2020-10012.

5. Махутов Н.А. Промышленная безопасность и мониторинг технического состояния зданий и сооружений// Безопасность труда в строительстве. 2008. №10. С. 64-72.

Мигулина А.А., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Литовкин Н.И.

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

ОШИБКИ, ДОПУСКАЕМЫЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МОЛОЧНО-КОНСЕРВНОГО КОМБИНАТА

Предметом данного исследований являются наружные стены цеха сгущения в связи с озабоченностью руководства «Алексеевского молочно-консервного комбината» образованием на их участках вертикальных и наклонных трещин. Целями исследований являются установление причин образования, степени опасности трещин и разработка методов их ликвидации, усиления и обеспечения надежности этих стен.

Построенное в 2011 году здание цеха является в плане прямоугольным с размерами в осях 12×36 м и высотой до низа стропильных несущих конструкций совмещенного покрытия – 7,2 м. Это одноэтажное однопролетное со сборным железобетонным каркасом и устроенными технологическими площадками отапливаемое производственное здание.

В цехе, в настоящее время, устроены следующие основные производственные помещения: отделение сгущения, отделение подготовки и склад сырья, камера хранения растительного масла. По рабочим чертежам проекта основными конструкциями являются:

- фундаменты – буронабивные сваи диаметром 500 мм, длиной 4, 5 и 6 м. Ростверки – монолитные железобетонные. Фундаментные балки – сборные железобетонные;

- наружные стены толщиной 400 мм из керамзитобетонных камней СКЦ-1Р М75 на цементном растворе марки М50 с армированием сетками из проволоки Вр-1 (В500) диаметром 5 мм с ячейкой 100×100 мм шириной 360 мм с шагом 600 мм по высоте кладки;

- внутренние перегородки толщиной 200 мм из керамзитовых камней СКЦ-1Р М75 на растворе марки М50;

- колонны – сборные железобетонные сечением 400×400 мм;

- стропильные балки – сборные железобетонные пролетом 12 м;

- плиты совмещенного покрытия – сборные железобетонные ребристые размерами 1,5×6,0 м. Перемычки – сборные железобетонные.

Наружная отделка выполнена в виде навесного вентилируемого фасада с утеплением и облицовкой керамогранитными плитами.

Анализ объемно-планировочного и упругого конструктивного решений здания цеха сгущения показал, что он был запроектирован в соответствии с действующими в настоящее время нормативными документами и каких-либо серьезных замечаний относительно своей правильности и целесообразности не вызывают [1]. Однако, отсутствие в проекте вертикальных и горизонтальных связей между колоннами снижает пространственную жесткость здания на действие горизонтальных нагрузок и восприятие температурно-влажностных деформаций. В целом, объемно-планировочное и конструктивное решения здания – удовлетворительны [2].

Установлено, что здание цеха сгущения эксплуатируется с 2011 г. Первые трещины во внутренней отделке наружных стен и в самих стенах, образовались в 2012 г., а в декабре 2013 г. трещины появились уже и в стеклопакетах их оконных блоков.

В результате проведенных натурных визуальных обследований технического состояния помещений цеха сгущения установлено, что на внутренних поверхностях наружных стен действительно имеется несколько (3 и более) вертикальных и наклонных трещин шириной раскрытия от 3 до 5 мм. Трещины расположены выше надоконных перемычек и имеют направление от угла оконного проема к верху стропильной балки. В основном, трещины располагаются в простенках у оконных проемов. Имеются трещины шириной раскрытия 1-2 мм в заделке швов между торцами стропильных балок с наружными продольными стенами. Обнаружены продольные трещины в заделке швов продольных ребер пристенных сборных железобетонных ребристых плит совмещенного покрытия с внутренней поверхностью наружных продольных стен. Также обнаружена трещина шириной раскрытия 1-2 мм в месте сопряжения фахверковой колонны с торцевой стеной, распространяющаяся на высоту 600 мм от верха колонны вниз. Кроме этого, в декабре 2013 г. в центре здания образовались трещины в стеклопакетах заполнения оконных проемов наружных стен.

Возможные причины образования трещин в наружных стенах здания и стыках их сопряжения со стропильными конструкциями покрытия предварительно были проанализированы при изучении проектной документации, по научным литературным источникам и на основании опыта обследований зданий и сооружений. Детальное изучение проектной документации на строительство цеха позволило прийти к следующим основным выводам:

1. По внешнему виду и характеру расположения вышеупомянутые трещины и раскрытие швов в стенах свидетельствуют о существенных

деформациях стен в центре длины здания, где наибольшее развитие получают деформации, связанные с изменением температуры и влажности. Действительно, устроенные в цехе две поперечные внутренние перегородки из пустотелых керамзитобетонных камней, не имеют анкерной связи с колоннами и не могут являться диафрагмами жесткости. Тогда длина цеха в 36 метров оказывается значительно больше требуемой по нормам для отапливаемого здания.

2. Не обеспечена пространственная жесткость покрытия и здания в целом, так как отсутствуют вертикальные связи в центре здания (деформационного отсека) между колоннами и горизонтальные распорки по верху колонн [3]. Также не обеспечена устойчивость его поперечных рам, которые воспринимают горизонтальные ветровые нагрузки, действующие на торцы здания. Пространственная жесткость здания снижена.

3. По проекту, связь между колоннами и продольными стенами требовалось осуществить путем устройства анкерных сеток и стержней-анкеров, соединенных через 600 мм по высоте с закладными деталями колонн. Данное условие было выполнено только до уровня низа стропильной балки, а верх длинных продольных стен высотой 1,3 м вообще никакой связи с колоннами и стропильными балками не имел. Естественно, что жесткость этих своеобразных парапетов на длине 37 м минимальна.

4. Следует отметить, что такая парапетная кладка должна быть соединена анкерами с закладными деталями продольных ребер железобетонных плит покрытия. Однако, в проекте и на чертежах раскладки сборных плит покрытия отсутствует узел их анкеровки с парапетными стенами.

5. Положение на данных участках наружных стен усугубляется непроектным устройством консольных карнизных свесов в натуре ко всем продольным стенам для водоотвода. При эксцентричном нахождении на свесах одного-двух рабочих, стены могут смещаться наружу здания с образованием в них трещин [4].

6. Кладка стен из камней СКЦ обладает большой усадкой (в 3 раза большей, чем у кладки из кирпича). Она происходит в первые 6-10 месяцев после устройства стен и может служить причиной образования трещин в стенах здания [5].

Установлено, что площадка комплекса цехов завода расположена в районе правобережья надпойменной террасы р. Тихая Сосна. Территория застроена, поверхность грунтов спланирована, закрыта асфальтом и бетоном. Водной или иной эрозии поверхности не наблюдается. Однако, на основании выполненных исследований можно отметить, что в процессе эксплуатации здания в его центральной части

произошло замачивание суглинка техногенными водами. Можно считать, что вследствие повышения влажности суглинка произошло его доуплотнение и, соответственно, в этой части здания увеличилась его просадка. Можно полагать, что деформация грунта стабилизировалась, но необходимо подтвердить это установкой на трещинах «маяков».

Причиной замачивания грунтов основания, по свидетельству сотрудников завода, могут являться разрушенные трубы ливневой канализации, не достаточно качественное устройство магистральной канализации, отсутствие необходимого уклона для слива воды из колодца в магистральную сеть. Таким образом, несущая способность нескольких свай в случае замачивания грунтов не обеспечена и может давать повышенные осадки [6].

На основании всего вышеизложенного можно прийти к следующим основным выводам и рекомендациям:

1. Техническое состояние несущих и ограждающих конструкций здания цеха сгущения в основном является работоспособным и удовлетворительным, исключения составляют отдельные участки здания, техническое состояние которых является ограниченно работоспособным и неудовлетворительным. Здесь в кладке простенков верхних участков наружных стен и в подоконной кладке есть трещины шириной раскрытия от 1 до 4 мм, происходит отслоение участков наружных стен от сборных железобетонных колонн каркаса наружу, в результате чего образуются вертикальные трещины в стыках заделки швов между этими конструкциями.

2. Надежность и долговечность конструкций, техническое состояние которых является неудовлетворительным и ограниченно работоспособным, снижаются.

3. Дефекты, приведшие к неудовлетворительному техническому состоянию указанных конструкций, возникли из-за отсутствия надежной анкеровки верхних участков наружных стен с плитами совмещенного покрытия и вследствие повышенной и неравномерной осадки ленточных ростверков свайных буронабивных фундаментов и просадки грунтов основания при их обильном замачивании техногенными водами через поврежденные конструкции системы внутренней канализации.

4. Для повышения пространственной жесткости и долговечности здания и включения в работу поперечных рам каркаса необходимо между колоннами запроектировать и устроить вертикальные стальные крестовые или порталные связи и по тем же рядам у верха колонн по всей длине здания закрепить распорки из стальных уголков.

5. Для обеспечения нормальных условий эксплуатации цеха следует выполнить ремонт, усиление и восстановление поврежденных конструкций здания по следующим рекомендациям:

– устроить анкеровку всех верхних участков наружных стен к опорным частям стропильных балок покрытия и анкеровку торцевых стен к верхним участкам колонн;

– выполнить инъецирование и зачеканку вертикальных и наклонных трещин в кладке стен и заделке стыков сопряжения наружных стен с колоннами, торцами стропильных балок, торцевыми и продольными ребрами сборных железобетонных ребристых плит совмещенного покрытия;

– произвести демонтаж оконных блоков с растрескавшимися стеклопакетами, выполнить ремонт кладки простенков под перемычками и установить новые оконные блоки;

– произвести ремонт или полную замену элементов поврежденной системы внутренней канализации цеха;

– отремонтировать систему принудительной механической вентиляции в производственном помещении в торцевой части здания;

В дальнейшем в здании необходимо установить постоянное наблюдение за техническим состоянием и осадками конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Донченко О.М., Литовкин Н.И., Салтанова Е.В. О техническом состоянии и усилении наружных стен здания культурного наследия «Церковно-приходская школа» в с. Ютановка Волоконовского района Белгородской области // «Наука и инновации в строительстве». Белгород: изд-во БГТУ, 2021. С. 72-78.

2. ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований» // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2011. 22 с.

3. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции (актуализированная редакция СНиП II-23-81*)» // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017. 148 с.

4. СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019. 124 с.

5. СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции» // Официальное издание. М.: Минрегион России, 2012. 86 с.

6. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017. 226 с.

**Носова Н.Н., магистрант,
Шкарлет А.А., магистрант,
Рафаелян А.В., студент**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Совершенствование систем энергоснабжения и энергосбережения многоквартирных домов – это важное направление в целом в жилищно-коммунальном хозяйстве России. Поскольку низкая энергоэффективность обходится государству дорого – потерями в сотни миллиардов рублей ежегодно, то именно поэтому необходимо более рационально использовать энергетические ресурсы.

Актуальность данной темы обусловлена целью энергетической политики России – максимально эффективно использованию природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций.

Методика определения (расчета) классов энергетической эффективности многоквартирных домов описана в соответствующем приказе Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Исходя из данного приказа эффективность определяется по результатам:

- оценки архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений, реализованных в здании;
- установления показателей, характеризующих годовые удельные величины расхода энергетических ресурсов, в том числе с использованием инструментальных или расчетных методов;
- величины отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода энергетических ресурсов от нормируемого уровня, устанавливаемого требованиями энергетической эффективности зданий, строений, сооружений.

Таблица 1

Классы энергетической эффективности многоквартирных домов

Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения значения удельного расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение здания от нормируемого уровня, %
A++	Высочайший	-60 включительно и менее
A+	Высочайший	от -50 включительно до -60
A	Очень высокий	от -40 включительно до -50
B	Высокий	от -30 включительно до -40
C	Повышенный	от -15 включительно до -30
D	Нормальный	от 0 включительно до -15
E	Пониженный	от +25 включительно до 0
F	Низкий	от +50 включительно до +25
G	Очень низкий	более +50

С ростом благосостояния людей растет энергетическая нагрузка в многоэтажных жилых домах, в которых инженерные сети достаточно изношены и не способны нести нарастающие нагрузки. Более половины домов построены в 1970-е гг., в период массовой застройки. На данный момент подлежат полной замене или нуждаются в реконструкции около 70 % инженерных коммуникаций [1].

Также немаловажным препятствием для снижения энергоемкости и осуществления мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности коммунального хозяйства является дефицит финансирования. В развитие жилищно-коммунальной отрасли инвестируется в десятки раз меньше средств, чем необходимо, согласно расчетной годовой потребности [2].

В жилищно-коммунальном хозяйстве возможно и нужно провести эффективную политику энергосбережения, ведь область ЖКХ является той частью энергопотребления, где в инженерных системах существует значительный потенциал повышения энергосбережения [3].

Потенциал энергосбережения (ПЭ) подразделяется на отрасли:

1. 33% – топливно-энергетический комплекс, составляющий треть в сфере теплоснабжения, а также электроэнергетики.
2. 32% – промышленность.
3. 26% – жилищно-коммунальное хозяйство.

Точные данные ПЭ в анализе разных организаций и экспертов различаются. Но также они соглашаются с мнением, что ПЭ довольно высок. [4].

Сфера ЖКХ России неординарна и неоднородна, вследствие чего весьма затруднительно разработать универсальную программу для решения сложившихся проблем. Реализации основных энергосберегающих мероприятий уже недостаточно – необходим поиск новых способов повышения энергоэффективности. Так, с начала 2018 года Постановлением Правительства России от 07.03.2017 г. № 275 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам установления первоочередных требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений» были установлены требования для снижения энергоемкости:

- обеспечение системами интеллектуального освещения и отопления всех строящихся жилых зданий;
- подогрев воды для бытовых нужд непосредственно в доме, а не в котельных или на центральных тепловых пунктах (ЦТП);
- устранение посредников между потребителями и поставщиками услуг, своевременное получение поставщиками платы за предоставленные услуги и направление денег на реализацию программ энергосбережения в сфере ЖКХ [5].

В 60 субъектах Российской Федерации созданы региональные центры энергосбережения в области энергоэффективности и энергосбережения. Региональные центры активно оказывают информационно-аналитическую и экспертно-методологическую поддержку проектам, направленным на реализацию государственной политики в области энергоэффективности.

В Белгородской области, ОГБУ «Центр энергосбережения Белгородской области» задействован в разработке региональной информационно-аналитической системы, на основе которой в будущем должны формироваться мероприятия по повышению энергоэффективности государственных (муниципальных) учреждений.

Перед организацией стоит задача по реализации государственной политики в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности, целью которой является снижение объема потребляемых энергетических ресурсов.

Центр энергосбережения Белгородской области реализует инициативные предложения по изменению законодательства, например, наделение органов исполнительной власти субъекта РФ следующими полномочиями:

- контроль разработки муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и мониторинг их реализации;
- разработка и обеспечение функционирования региональной информационной системы;
- расчет и утверждение лимитов потребления энергетических ресурсов государственными (муниципальными) учреждениями, контроль исполнения, в том числе достижения целевых уровней снижения;
- обеспечение выполнения вышеуказанных полномочий государственным учреждением, подведомственным органу исполнительной власти

Таким образом, энергосбережение в сфере жилищно-коммунального хозяйства – это комплекс мер, направленных на экономию энергетических ресурсов. В свою очередь главным средством снижения непомерно высоких издержек на жилищно-коммунальные услуги и огромных финансовых обязательств государства в сфере жилищно-коммунального хозяйства является повышение его энергоэффективности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 06.06.2016 года № 399 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 36, 05.09.2016.
2. Роженцова Н.В., Пятникова М.В. Энергосбережение и повышение энергоэффективности в сфере ЖКХ // Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов (ЭЭПП-2019). 2019. С. 120-124.
3. Минсафин Р.Р. Экологичность, энергосбережение и энергоэффективность в ЖКХ // В сборнике трудов XXIII Туполевских чтений (школа молодых ученых). 2017. С. 642-645.
4. Сумерина О.А. Энергосбережение в жилом строительстве // Синергия Наук. 2018. № 21. С. 518-522.
5. Борковская В.Г. Энергоэффективность, энергосбережение и ценообразование в ЖКХ // Технология и организация строительного производства. 2012. № 2. С. 20-23.

**Носова Н.Н., магистрант,
Шкарлет А.А., магистрант,
Рафаелян А.В., бакалавр**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

В современном строительстве эксплуатация зданий является таким же важным этапом, как и проектирование и возведения здания. Именно поэтому важно с серьёзностью подходить ко всем аспектам эксплуатации гражданских зданий. Одним из ключевых направлений в обеспечении безопасности зданий является пожарная безопасность. Эксплуатация зданий и сооружений должна осуществляться в соответствии с их допустимым назначением и требованиями технических регламентов, проектной документации, действующих нормативных правовых актов Российской Федерации, нормативных правовых актов субъектов РФ и муниципальных правовых актов. В целях обеспечения безопасности зданий, сооружений в процессе их эксплуатации должны обеспечиваться: мониторинг и обследования; техническое обслуживание; эксплуатационный контроль; текущий и капитальный ремонты.

Мероприятия по пожарной безопасности должны быть направлены как на ликвидацию случившегося пожара, так и предотвращение возможного возгорания. Необходимо, чтобы соблюдались следующие мероприятия:

- устойчивость сооружения сохранялась в течение времени, необходимого для эвакуации людей и выполнения других действий, направленных на сокращение ущерба от пожара;

- было ограничено образование и распространение опасных факторов пожара в пределах очага пожара [1];

- было ограничено распространение опасных факторов пожара за пределы его очага, в том числе на соседние здания и сооружения;

- была обеспечена возможность безопасной эвакуации людей (с учетом их возраста и физического состояния) на прилегающую к зданию территорию до наступления угрозы их жизни и здоровью, вследствие воздействия опасных факторов пожара, а также возможность спасения людей;

– была обеспечена возможность доступа личного состава пожарных подразделений и подачи средств пожаротушения к очагу пожара, а также проведения мероприятий по спасению людей и сокращению ущерба материальным ценностям и окружающей среде, наносимого пожаром [2-4].

На сегодняшний день одним из самых уникальных гражданских зданий в России можно назвать Лахта-центр. Поэтому на примере этого общественно-делового комплекса можно рассмотреть современные решения обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации гражданских зданий.

В том случае, когда речь идет о выполнении проекта высотного здания (сооружения) или крупного многофункционального комплекса, то возможность террористического акта растет вместе со значимостью таких объектов и предполагаемым количеством посетителей и служащих в этом здании. Способ проектирования в этом случае подстраивается под потребность безопасности, предпроектные тесты обязаны включать исследование рисков и опасностей, и на этапе проектирования есть необходимость использовать архитектурные средства защиты, а набор антитеррористических мероприятий должен включать применение основ и принципов обеспечения безопасности и создания системы антитеррористической защиты здания. Согласованность предлагаемых архитектурно-планировочных, инженерно-технологических и технических систем проектируемых объектов в интересах обеспечения их комплексной безопасности и антитеррористической защищенности можно достигнуть путем разработки единого общесистемного раздела проекта «Обеспечение безопасности и антитеррористической защищенности комплекса» [5, 6].

Лахта-центр имеет высокотехнологичную систему обеспечения пожарной безопасности, которая предусматривает:

– соблюдение предельной площади здания или сооружения определенного класса функциональной пожарной опасности, площади пожарного отсека в зависимости от класса функциональной пожарной опасности и степени огнестойкости здания и класса конструктивной пожарной опасности;

– применение конструктивных элементов здания, которые обеспечивают его общую устойчивость и геометрическую неизменяемость при пожаре;

– отделение различных элементов здания противопожарными преградами с нормируемым пределом огнестойкости, ограничение распространения пламени по конструкциям здания;

– устройство требуемого количества, размеров и объемов эвакуационных выходов с целью обеспечения безопасной эвакуации людей;

- заполнение проемов в противопожарных преградах противопожарными дверями, люками и т. п.;
- использование отделочных, облицовочных материалов и покрытия полов согласно требованиям действующих норм;
- обнаружение пожара и оповещение людей о пожаре при помощи использования автоматических средств;
- доставки средств пожаротушения в любое помещение здания, обеспечение условий для работы пожарных подразделений по выполнению спасательных мероприятий и тушению пожара;
- комплекс технико-организационных условий по обеспечению пожарной безопасности.

В Лахта-центре результативная система защиты от пожаров, проектом предусмотрены определенные технические решения – противодымная защита, системы быстрого обнаружения пожара и его ликвидации, деление здания на отсеки, специальные лифты для пожарных расчетов и так далее. Маломобильный человек, находящийся в здании, сможет попасть в зону безопасности за одну-три минуты, в высотном здании будет пять зон безопасности с пределом огнестойкости четыре часа. Полная эвакуация здания проводится, согласно расчетам, за 24 минуты [7-9].

Эффективность в противодействии чрезвычайным ситуациям напрямую зависит от механизмов управления, на которые государством возложена задача по урегулированию подобного рода обстоятельств. Пожарная безопасность также регулируется непосредственно со стороны государства.

Федеральным закон от 22 августа 2004 года Государственная противопожарная служба МВД России была передана в МЧС России, в свою очередь ГПС МЧС России была преобразована в Федеральную противопожарную службу (ФПС). 25 октября 2006 г. был принят Федеральный закон № 172-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам пожарной безопасности». Согласно этому Закону, к полномочиям МЧС России теперь относится тушение пожаров в населенных пунктах при сохранении права субъекта РФ иметь подразделения пожарной охраны и сохранении ответственности субъекта Федерации за пожарную безопасность в населенных пунктах [10].

В нормативной документации также проверяется соблюдение мероприятий по обеспечению пожарной безопасности в гражданских зданиях. Также Согласно СП 255.1325800.2016 «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения» в разделе проектной документации «Требования к безопасной эксплуатации объекта капитального строительства» должны содержаться сведения по обеспечению пожарной безопасности объекта и людей, находящихся на нем:

- поэтажные схемы эвакуации при пожаре;
- требования по обеспечению класса пожарной опасности при обработке, восстановлении и замене отделочных поверхностей и иных деталей интерьера;
- данные по расположению и режимам работы лифтов для перевозки пожарных подразделений;
- требования к эксплуатации противопожарных систем и оборудования.

Таким образом, современные решения по обеспечению пожарной безопасности при эксплуатации гражданских зданий – это комплекс технических мер, применения технических средств и проведения координационных мероприятий, исполняемых на всех стадиях жизненного цикла. Именно благодаря комплексному подходу к решению данной задачи достигается обеспечение безопасности в современных гражданских зданиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вагин А.В., Жуков И.В., Крейтор В.П., Мироньчев А.В. Пожарная безопасность в строительстве. СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2010. 148 с.
2. Симоненко Я.Б. Комплексная безопасность здания повышенной этажности «Ляхта центра» // AlfaBuild. 2018. № 5 (7). С. 7-15.
3. Полянцева Е.Р. Антитеррористическая безопасность многофункциональных зданий и комплексов // Вестник гражданских инженеров. 2014. №2(43). С. 15-21.
4. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Развитие жилищного строительства в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 17-22.
5. Бармина Б.И. Архитектурные аспекты безопасности высотных зданий // Научные труды Института непрерывного профессионального образования. 2015. №5(5). С. 243-249.
6. Казакова В.А., Терещенко А.Г., Недвига Е.С. Пожарная безопасность высотных многофункциональных зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №3(18). С. 38-56.
7. Еремена Т.Ю., Гравит М.В., Дмитриева Ю.Н. Конструктивные средства огнезащиты. Анализ европейских нормативных документов // Архитектура и строительство России №9. 2012. С. 30-36.
8. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В. Эффективная реализация действующих законодательных актов как важный этап развития жилищного строительства в России // Университетская наука. 2017. № 2 (4). С. 27-30.
9. Лимонов Б.С., Шидловский Г.Л., Власова Т.В., Терехин С.Н., Тихонов Ю.М., Гугучкина М.Ю. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре. Часть I. Строительные материалы, их пожарная опасность

и поведение в условиях пожара. СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2014. 184 с.

10. Сулейманова Л.А., Козлюк А.Г., Глаголев Е.С., Марушко М.В. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 32-36.

**Перцева А.С., магистрант,
Данилова Е.С., магистрант,
Савелов И. С., аспирант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Косухин М.М.**

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

К ВОПРОСУ БЛАГОУСТРОЙСТВА И СОДЕРЖАНИЯ ПРИДОМОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

Благоустройство придомовой территории многоквартирного дома способствует развитию функциональной, комфортной и художественно-выразительной пространственной среды, помимо этого придомовая территория – это еще и социальное пространство, обеспечивающее благоприятные условия жизнедеятельности человека, коммуникации жильцов, и их безопасность в интересах настоящего и будущего поколений. Поэтому в соответствие с последними тенденциями в градостроительстве при строительстве многоквартирных комплексов, дома группируются, образуя полужамкнутые дворовые пространства, которые служат рекреационной зоной для жителей [1]. Живописность застройки подчеркивается строгим рядом высотных точечных домов и многоподъездными разноуровневыми зданиями. Под рядом запроектированных домов имеются сети подземных гаражей и автостоянок. Одним из принципов при проектировании кварталов из таких комплексов был признан принцип разделения потоков транспорта и пешеходов.

В создании комфортной и безопасной среды МКД не маловажную роль играет и санитарное содержание придомовой территории, под которой понимается комплекс базовых работ и услуг по поддержанию ее состояния в соответствии с санитарно-эпидемиологическими и экологическими нормами и требованиями [2].

Но возникает другой вопрос на кого же возлагаются обязанности по содержанию придомовой территории МКД на собственников или же Управляющую компанию.

Для того чтобы разобраться в этом вопросе следует уточнить, что под собой подразумевают понятие «придомовая территория МКД». Согласно Жилищному Кодексу Российской Федерации, под придомовой территорией понимается участок земли вокруг многоквартирного дома (МКД), служащий для обеспечения подъезда к зданию машин коммунальных и экстренных служб и размещения всех необходимых объектов [3]. Так же согласно постановлению Правительства РФ от 13.08.2006 № 491 (ред. от 09.09.2017) «Об утверждении Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и Правил изменения размера платы за содержание жилого помещения в случае оказания услуг и выполнения работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме ненадлежащего качества и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность» придомовая территория – это земельный участок, на котором расположен многоквартирный дом и границы которого определены на основании данных государственного кадастрового учета, с элементами озеленения и благоустройства [4].

В соответствии с Жилищным кодексом беспрекословным правом и одновременно обязанностью в обеспечении сохранности благоустроенной территории являются собственники многоквартирного дома. Обязанность по благоустройству и поддержания порядка жители дома могут исполнять самостоятельно, посредством ТСЖ, но могут и возложить на Управляющую компанию. Для этого заключается договор между собственниками жилья и Управляющей компанией, где прописываются данные условия, а собственники в свою очередь ежемесячно оплачивают предоставленные им услуги.

Помимо требований по содержанию собственники обязаны нести расходы на содержание придомовых территорий, а также общего имущества [5]. Доля жителя соизмерима доле в праве общей собственности на это имущество путем внесения:

- платы за содержание жилого помещения в многоквартирном доме
- в случае управления многоквартирным домом управляющей организацией или непосредственно собственниками помещений;
- обязательных платежей и взносов собственников помещений, являющихся членами товарищества собственников жилья, жилищного, жилищно-строительного кооператива или иного специализированного потребительского кооператива.

Содержание общего имущества обеспечивается собственниками за счет свободных средств, предоставленных им субсидий, и должны быть соразмерны утвержденному перечню, объёмам и качеству работ. За содержанием общего имущества в пределах своей компетенции осуществляется контроль федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с законодательством Российской Федерации [6].

Так ГОСТ Р 56195-2014 «Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги содержания придомовой территории, сбора и вывоза бытовых отходов. Общие требования» устанавливает обширный перечень работ, которые могут входить в услугу текущего содержания имущества МКД:

- техническое облуживание дорожных и пешеходных покрытия, расположенных на территории дома;
- содержание заборов, въездов, автостоянок и других строений;
- обустройство контейнерных площадок для сбора и вывоза ТБО И ТКО;
- сохранность и надлежащий уход за существующими деревьями, кустарниками и др.;
- обеспечение работоспособного технического состояния объектов благоустройства, расположенных на территории МКД;
- организация работ, направленных на снижение уровня негативного воздействия на окружающую среду;
- сезонная уборка придомовой территории;
- исправность и работу ливневой канализации придомовой территории по беспрепятственному отводу дождевой и талой воды;
- установку мусорных баков у входов в подъезды и (или) около скамеек;
- проведение санитарно-гигиенической уборки общего имущества;
- безопасное движение пешеходов и транспортных средств;
- обустройство и выполнение работ по содержанию детских, игровых, спортивных и иных площадок [7].

Наличие знаний об имеющихся у собственников квартир многоквартирных домов правах и обязанностях в отношении придомовой территории позволит им стать юридически грамотными субъектами земельных, жилищных и гражданских отношений, возникающих в сфере пользования данной территорией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соняк Е.В. Современные тенденции формирования придомовой территории / Е.В. Соняк, Ю.С. Янковская Ю.С. // Новые идеи нового века: мат. междунар. Науч. конф. 2011. Т. 1. . 534-539.
2. Санитарное содержание придомовой территории [Электронный ресурс] // Словари и энциклопедии на Академике.: сайт. – URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/fin_ enc/28866 (дата обращения 10.05.2016).
3. «Жилищный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 188-ФЗ (ред. от 07.10.2022)
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 13.08.2006 № 491 (ред. от 09.09.2017).

5. Приказ Минстроя России от 7 июня 2016 г. № 403/пр «Об утверждении Комплекса мер, направленных на информирование граждан об их правах и обязанностях в сфере ЖКХ на 2016 год».

6. Косухин М.М. От истории создания до современного состояния и перспектив развития жилищно-коммунального хозяйства России. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. №12. С. 48-54.

7. ГОСТ Р 56195-2014 «Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги содержания придомовой территории, сбора и вывоза бытовых отходов. Общие требования».

Чекалина Л.А., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Козикова И.Н.

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

ОБЗОР МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА В ХОДЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНЕЙНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Эффективный мониторинг хода строительства позволяет выявить отклонения от графика и стоимости, чтобы осуществить корректирующие действия и избежать споров по контракту. Существующие подходы недостаточно точны, последовательны, надежны или своевременны для принятия эффективных решений по управлению проектом. Отчасти это является причиной того, что ежегодно перерасход средств на глобальные транспортные проекты составляет миллиард долларов. Недавние исследования позволили использовать 4D информационные модели (BIM) для автоматизации обнаружения компонентов, не предусмотренных планом, в данных, полученных в ходе строительства – это важный шаг для автоматизации мониторинга хода работ [1]. Данная работа представляет собой качественный синтез современного состояния практики и исследований в области автоматизированного мониторинга хода работ, с акцентом на подходы, относящиеся к линейным транспортным проектам: методы обработки изображений, методы обработки облаков точек, специфические исследования в области транспорта и земляных работ.

В 2014 году объем транспортного строительства составил 370 миллиардов долларов, согласно данным Business Monitor International, за 2014 г. Несмотря на эти огромные капиталовложения, зависимость от государственного финансирования и социальную и экономическую важность этих проектов, они постоянно отстают по стоимости и срокам.

Глобальное исследование 258 проектов транспортной инфраструктуры в 20 странах показало, что почти в 9 из 10 проектов наблюдается эскалация затрат.

Собранные данные по транспортным проектам в Великобритании, Дании, Швеции и Норвегии определили, что в 77% проектов автомобильных и железных дорог наблюдается перерасход средств. Низкие показатели в этом секторе сохраняются, несмотря на ряд технологических достижений в области строительства и оборудования. Общий процесс можно разделить на четыре этапа: 1 – сбор готовых данных; 2 – обработка данных в форме, необходимой для анализа; 3 – сравнение с планом (или «как запланировано») состояния проекта; 4 – осуществление управленческих действий.

Мониторинг хода реализации проекта включает в себя первые три этапа, автоматизация которых является лучшим способом экономически эффективного контроля проекта в режиме реального времени.

Оценка хода работ может варьироваться от неформальных обзоров – просмотр фотографий и записей в полевом журнале, до высокодетальной формальной оценки – полная топографическая съемка, в зависимости от требований контракта и стиля управления проектом [2]. Тип данных, собранных для поддержки методов мониторинга хода работ, позволяет разделить существующую практику на две категории: непространственные и пространственные.

Мониторинг прогресса, не связанный с пространством, характеризуется большой трудоёмкостью ежедневных работ: бумажные или электронные контрольные списки и отчеты на базе портативного компьютера, устные обновления от персонала на месте, фотографии объекта, квитанции о доставке материалов, отчеты об инвентаризации и счета-фактуры подрядчиков. Затем необработанные данные обрабатываются вручную, обычно путем суммирования и ввода различных форм данных в программное обеспечение для управления проектами и/или электронные таблицы.

Регулярные координационные совещания с участием ключевых участников проекта помогают облегчить сбор и обработку готовых данных. Затем через регулярные промежутки времени, чаще всего еженедельно готовятся официальные отчеты о ходе выполнения. Результатом процесса оценки прогресса является определение процента выполнения отдельных мероприятий, пакетов работ, состоящих из нескольких видов деятельности.

Методы оценки прогресса, не связанные с пространством, широко распространены, но подвержены ошибкам, непоследовательны и создают большую рабочую нагрузку для руководителей проектов. В одном исследовании (Moore et al., 2001) зафиксировано, что частота ошибок при визуальном осмотре транспортных сооружений достигает

78%. Кроме того, 30–50% времени руководителя проекта тратится на обработку и анализ данных о ходе выполнения (Navon & Sacks, 2007). Мониторинг пространственного прогресса включает в себя измерение физических объектов, легко наблюдаемых на месте. Объемы, площади или расстояния, которые составляют основу анализа, вычисляются и сравниваются с соответствующими значениями в графике для определения статуса проекта. Для линейных транспортных проектов объектами измерения, как правило, являются рельеф местности и построенные поверхности (тротуары, базовые дорожки, бордюры, дренажные канавы и т.д.). Инструменты для сбора данных варьируются: от простых ручных рулеточных измерений до высокоточных лазерных сканеров. Масштаб большинства проектов диктует использование методов, позволяющих проводить съемку больших площадей с разумным уровнем точности, в зависимости от требований к проектированию и контролю качества [3].

Наиболее распространенными используемыми инструментами являются тахеометры, приемники Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС), для обнаружения освещенности и определения дальности (LiDAR) сканеры и фотограмметрия. Кроме того, новые технологии, такие как мобильный LiDAR, бортовой LiDAR и беспилотные летательные аппараты, тестируемые и принимаемые на вооружение транспортными агентствами, подрядчиками и специалистами по геодезии. Показателями эффективности сбора пространственных данных являются точность определения местоположения (средняя ошибка расстояния для 3D-точки) и разрешение 3D-данных (плотность облака точек).

LiDAR (Light Detection and Ranging) – метод определения дальности путем нацеливания на объект или поверхность с помощью лазера и измерения времени, за которое отраженный свет возвращается к получателю.

Одним из применений для LiDAR является ситуационная осведомленность для таких направлений, как автономная навигация. Система ситуационной осведомленности для любого движущегося транспортного средства должна знать, как о стационарных, так и о движущихся объектах вокруг него. LiDAR – это оптическая технология, которую часто называют ключевым методом определения очень точного расстояния для автономных транспортных средств [4]. Возможность быстрого сканирования является ключевой для этого применения, поскольку ситуация вокруг автомобиля очень динамична.

Автомобильные датчики в беспилотных автомобилях используют данные камеры, радара и LiDAR для обнаружения объектов вокруг себя (рис. 1).



Рис. 1. Автономный автомобиль

В табл. 1 сравниваются характеристики технологий сбора пространственных данных, доступных в текущей практике, с выделением сильных и слабых сторон каждой из них.

В ряде исследований использовались методы обработки изображений и компьютерного зрения для обоснования наличия запланированных модельных объектов на готовых фотографиях. В большинстве случаев для распознавания структурных компонентов используются временные изображения, полученные с помощью одной стационарной камерой. Процесс начинается с выравнивания 3D BIM-представления с видом камеры и создания шаблонных масок для 2D-изображений из компонентов 3D-модели. Производный фильтр тогда используется на последовательных изображениях для обнаружения отклонений в интенсивности пикселей в пределах замаскированных областей, определяя значения, которые превышают пороговое значение по мере продвижения. Методы обработки изображений многообещающи для идентификации материалов в поддержку задач распознавания объектов. Большинство из этих подходов используют морфологические фильтры, детекторы краев или статистический анализ для описания текстуры и цвета (интенсивности) в однородных областях изображения.

В ряде исследований анализировалось использование таких технологий, как LiDAR, датчики GPS и RFID в системах управления проектами транспортировки и земляных работ.

Таблица 1

Сравнение методов сбора пространственных данных

Технология сбора данных	Точность и разрешение	Сильные стороны	Слабые стороны
 Пилотируемый воздушный LiDAR	Т: 10-15 см Р: 5-15 шт/м ²	-Дневные/ ночные операции -Большая площадь -Вид сверху -Быстрый сбор	-Дорого -Долгая доставка -Низкая плотность -Низкая точность
 Беспилотная аэрофотосъемка	Т: 3 мм-5 см Р: 100-500 шт/м ²	-Быстрый сбор -Быстрая доставка -Безопасный -Точный -Высокая плотность -Низкая стоимость	-Небольшая продолжительность полета -Ограниченный ассортимент -Ограниченная полезная нагрузка
 Мобильный LiDAR	Т: 2-6 см Р: 100-1000 шт/м ²	-Дневные/ ночные операции -Большая площадь -Быстрый сбор -Безопасный -Точный -Очень высокая плотность	-Дорого -Медленная доставка -Вид с земли (окклюзии)
 Наземный LiDAR	Т: 1-2 мм Р: 100-1000 шт/м ²	-Дневные/ ночные операции -Быстрый сбор -Очень точно -Очень высокая плотность	-Дорого -Вид с земли (окклюзии)
 GNSS -Спутниковая система навигации	Т: 1-5 см Р: < 1 шт/м ²	-Дневные/ ночные операции -Точный -Кинематическое отслеживание в реальном времени	-Дорого -Редкий -Зависит от наличия спутников
 Тахеометр	Т: 1-2 мм Р: < 1шт/м ²	-Очень точный -Кинематическое отслеживание в реальном времени	-Дорого -Редкий -Зависит от наличия спутников

В исследовании (Навон & Шпатницкий, 2005), предприняли попытку определить прогресс и производительность проектов дорожного строительства, с использованием установленных на оборудовании GPS-приемников и объектно-ориентированной базы данных управления проектами. Такой подход дает косвенную оценку

прогресса, оставляя много возможностей для неправильного толкования и ошибок. Это еще раз подчеркивает ограничения использования пространственно-временных датчиков для мониторинга прогресса, поскольку они не способны на физическое измерение на месте. Такие подходы реальны для измерения производительности и отслеживания критически важных ресурсов проекта.

Автоматическое обнаружение линейных транспортных средств и функций может значительно повысить эффективность сбора, обработки и интерпретации данных. Предложены методы автоматической идентификации дорог и гладких поверхностей дорожного покрытия, как на изображениях высокого разрешения, так и на данных облака точек [5]. Хотя обнаружение дефектов в первую очередь относится к контролю качества и техническому обслуживанию (эксплуатации), методы распознавания различных областей на асфальтовых поверхностях могут быть полезны для определения областей прогресса, возникающих в разных слоях при строительстве асфальтобетонных дорог.

В этой статье была рассмотрена текущая практика и состояние мониторинга проводимых исследований для проектов линейного транспорта. Автоматизация каждого этапа цикла мониторинга прогресса может устранить недостатки. Наиболее существенным выявленным пробелом в знаниях является отсутствие исследований, посвященных мониторингу хода реализации транспортных проектов. Действительно, ни один из методов, специфичных для транспортировки, не может быть классифицирован как истинный мониторинг прогресса. Ключевой вопрос, на который необходимо ответить, заключается в том, какой датчик или комбинация датчиков наиболее подходят для сбора данных в готовом виде на объектах транспортного строительства. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы предложить методы интеграции подходов к облаку точек и обработке изображений в более целостную структуру, способную определять прогресс на нескольких уровнях и на разных стадиях производства.

Практически все производители, занимающиеся автономным вождением в 2022 г., считают LiDAR ключевой технологией, и некоторые системы LiDAR уже доступны для усовершенствованных систем помощи водителю (ADAS).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боше Ф., Ахмед М., Туркан Ю. Ценность интеграции методов сканирования в BIM и сканирования против BIM для мониторинга строительства с использованием лазерного сканирования и BIM: случае

цилиндрических компонентов МЭП // Автоматизация в строительстве. 2015. С. 201-213.

2. Димитров А.М. Распознавание материалов на основе визуального восприятия для автоматического мониторинга хода строительства и создания информационного моделирования зданий из неупорядоченных коллекций изображений объектов // Продвинутая инженерная информатика. 28 (1). 2014. С. 37-49.

3. Джонсон У.Х., Джонсон А.М. Эксплуатационные соображения при использовании наземного лазерного сканера на автомобильных дорогах. Применение в строительстве // Журнал геодезической инженерии. 138 (4). 2012. С. 214-222.

4. Официальный сайт Лидары (LiDAR, Light Detection and Ranging) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php>.

5. Лиapi К.А. 4D-визуализация проектов строительства автомобильных дорог // Материалы Седьмой международной конференции по визуализации информации, IEEE Comput. Soc, 2003. С. 639-644.

Чернов В.И., студент

**Научный руководитель: преподаватель спецдисциплин
Клочкова Л.А.
Белгородский строительный колледж, г. Белгород, Россия**

ОБЪЕКТЫ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ Г. БЕЛГОРОДА

Опыт охраны объектов культурного наследия в России насчитывает несколько веков. Начиная с первых указов Петра I идет процесс выявления и фиксации российских древностей. В разные исторические периоды этот процесс имел свои особенности, но во все времена его эффективность зависела от усилий государства и общества [1].

В первую очередь, сохранность наследия зависела от действенности памятничкоохранительного законодательства, от форм собственности и решения земельного вопроса, а также от гибкости культурной политики государства, опирающейся на авторитетные научные достижения. Большое влияние на сохранность объектов культурного наследия оказывали также политическая ситуация в стране, уровень культуры общества. Очень важны и субъективные факторы – научные пристрастия, профессионализм, личностные качества исследователей, реставраторов и музейных работников.

В истории охраны объектов культурного наследия можно выделить несколько этапов:

- XVIII век, когда памятникоохранительный процесс в России только зарождался;

- XIX – начало XX вв. важнейший этап в истории охраны культурного наследия, когда были заложены основы государственной охраны наследия;

- советское время;

- постсоветский период.

С XIX в. начинается целенаправленная памятникоохранительная деятельность государства и научных кругов российского общества. Интерес к историческому прошлому, его материальным свидетельствам был частью процесса национальной самоидентификации.

Проблемы сохранения памятников старины отразились и в общероссийском законодательном документе – «Строительном уставе». Устав строжайше запрещал разрушать остатки древних зданий и крепостей, за их сохранностью должны были следить губернские власти. Со второй половины XIX в., несмотря на действие «Строительного устава», в российском обществе все острее ощущалось отсутствие специального закона об охране памятников старины.

Итоговый документ «Положение об охране древностей» (1911 г.) был вынесен на обсуждение в Государственную думу. В документе была представлена достаточно стройная государственная система сохранения памятников старины, были отражены и наиболее наболевшие проблемы сферы охраны, особо оговаривалось преимущественное право покупки правительством всех древностей, находившихся во владении частных лиц.

«Положение об охране древностей» не было принято Государственной думой [2]. В то время, когда существовала непререкаемая власть частной собственности, этот документ и не мог быть утвержден. Важно другое, что в конце XIX – начале XX вв. законотворческий процесс в сфере охраны российской старины был необычайно активным, в него были вовлечены самые широкие круги просвещённого российского общества [3].

Совершим экскурс по г. Белгороду. Начнем с православных соборов, которых в г. Белгороде не мало.

Успенско-Николаевский собор в Белгороде (рис. 1), построенный в 1703 году. Самый старый из сохранившихся храмов Белгорода. Находится по адресу улица Пушкина, 19. Старейшая каменная постройка на современной территории Белгородской области. Сооружен в 1692–1703 годах солдатами Белгородского полка. Бесстолпный пятиглавый четверик с трапезной и шатровой

колокольной, с декором в духе московского зодчества рубежа XVII–XVIII вв. В южной апсиде Никольский престол, в трапезной Предтеченский придел (1751). Венчание перестроено после пожара 1759 года. Закрыт в начале 1930-х, венчания сломаны, занят хлебозаводом. Вновь действует с 1998 года, в 2005 году отреставрирован.



Рис. 1. Успенско-Николаевский собор

Храм Смоленской Пресвятой Богородицы (рис. 2) построен в честь произошедшего в 1703 году знамения от иконы Смоленской Пресвятой Богородицы.

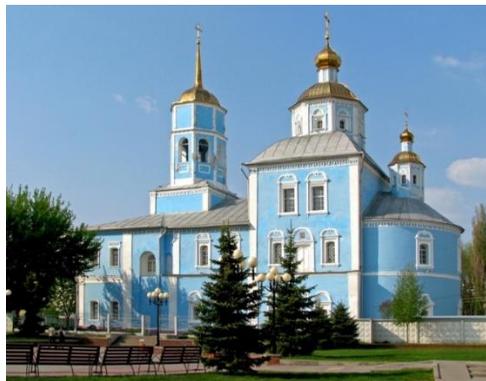


Рис. 2. Храм Смоленской Пресвятой Богородицы

По преданию, часовой Мефодий Иванов в ночь с 1 на 2 октября увидел, как от образа Смоленской Пресвятой Богородицы, который находился на городских воротах, блеснул яркий свет, от которого зажглась восковая свеча. В 1703 году на месте этого события была построена часовня. В 1705 году была построена деревянная церковь, а в 1727 году заложен каменный собор. Первый этаж собора был освящён в 1747 году, второй – в 1763 году.

В годы Великой Отечественной войны собор сильно пострадал от артиллерийского огня. После войны, в 1958 и 1974 годах, предпринимались попытки взорвать собор. В 1980-х годах здание реставрировалось под органнй зал. В 1991 году храм вернули верующим.

Николо-Иоасафовский собор расположен на ул. Попова, д. 56. Построен в 1799 г. Выполнен из камня. В 1962–1991 гг. имел статус кафедрального собора. Объемная композиция складывается из полукруглой апсиды, длинной трапезной с четырехколонным тосканским портиком и мощным восмериком над центральной частью храма с восьмигранным сводом, увенчанным небольшой главой и крестом. Над окнами трапезной размещены круглые ниши с ликами святых. Собор действующий.



Рис. 3. Николо-Иоасафовский собор

Преображенский кафедральный собор (рис. 4) расположен на ул. Преображенской, д. 63-в. Построен в 1813 г. в эпоху классицизма, на средства прихожан. Выполнен из камня. Архитектор – Васильев Е.А. Крестовокупольный, четырехстолпный, с одночастной прямоугольной апсидой и одноярусной колокольней. Помещения имеют сводчатые перекрытия и сообщаются через арочные проемы. В конце 1920-х гг. храм получил статус кафедрального собора. В 1962– 1991 гг. в здании находился областной краеведческий музей. В 1991 г. собор возвращен

епархии. В настоящее время в соборе находятся мощи святителя Иоасафа Белгородского. Собор действующий.



Рис. 4. Преображенский кафедральный собор

Костел (рис. 5) расположен на ул. князя Трубецкого, д. 92-а. Построен в 1907 г. на средства местных католиков-поляков. Выполнен из камня. Здание одноэтажное, прямоугольное в плане. К западному фасаду пристроена двухъярусная башенка. Фасад украшен фризом из зубцов сложного профиля и небольшим ступенчатым карнизом. В настоящее время в здании расположен Детский православный духовно-просветительский центр Белгородской и Старооскольской епархии.



Рис. 5. Польско-литовский костёл

Опыт по сохранению памятников старины, который был накоплен российским обществом и ведомствами в XIX – начале XX вв. стал весомым фундаментом, на котором стала развиваться сфера охраны и музейного строительства в советские годы [4].

Опираясь на все достижения XIX – начала XX вв., охрана памятников старины с 1917 г. испытала на себе все тяготы противоречивой неоднозначной советской эпохи. Прежде всего, эта сфера попала в жёсткие идеологические рамки, что приводило к постоянному ранжированию всего культурного наследия на отдельные категории в зависимости от идеологических приоритетов. В сравнении с предшествующим периодом советская эпоха была временем определённого противостояния государства и общества в сфере сохранения памятников искусства и старины. Особенно критическим было состояние культовых объектов, что определялось обостренными отношениями между государством и церковью.

1920-е – начало 1930-х гг. – новый этап в истории охраны культурного наследия. В 1921 г. страна вступила в эпоху новой экономической политики. Хозрасчет и самоокупаемость – основные принципы НЭПа – предусматривали существование децентрализованной системы финансирования. Вся тяжесть расходов на памятники и музеи должна была лечь на региональный бюджет, а ответственность за их сохранность – на местные исполкомы. В стране начался процесс перерегистрации культурного наследия с целью выявления наиболее ценных объектов, что на деле означало ранжирование памятников.

В годы Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. культурный фонд страны понес огромные потери. Буквально в развалины были превращены уникальные архитектурные памятники [5].

Важнейшее значение в восстановлении культурного наследия в послевоенное время имело постановление 1948 г. «О памятниках культуры», в котором была дана классификация историко-культурных объектов, подлежащих государственной охране (памятники архитектуры, истории, археологии и монументального искусства). В этом документе была поставлена важнейшая проблема использования наследия – усиление ответственности арендаторов за сохранность используемого объекта.

Во время Великой Отечественной войны дом и другие усадебные постройки пострадали. После 1945 года восстановили только полуразрушенное здание в усадьбе, другие строения были снесены, а территория усадьбы была застроена жилыми и общественными зданиями. В отстроенном доме располагались столярные мастерские, потом – контора и общежитие для сотрудников строительного треста, в 1950-е годы – коммунальные квартиры. С начала 1960-х годов в доме находились различные службы белгородских энергетиков,

метрологическая лаборатория. В 1967 году к северо-восточному крылу дома был пристроен лабораторный корпус, а к восточному фасаду – гараж. В 1999 году памятник архитектуры стал домом для созданного Литературного музея Белгорода, филиала Белгородского государственного историко-краеведческого музея. В 2004 году на втором этаже разместился музей истории энергетики Белгородской области – ведомственный музей «Белгородэнерго». Масштабная реставрация здания была проведена в 2002 году.

Важнейшим событием в охране культурного наследия тех лет стало принятие в 1978 г. закона «Об охране памятников истории и культуры». Этот закон определил охрану памятников как одну из важнейших государственных задач. В этом документе были поставлены актуальные проблемы охраны наследия – учёт и использование, условия осуществления договорных обязательств между арендаторами и государственными органами охраны.

25 июля 2002 года Президентом Российской Федерации был утвержден Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации», который был подготовлен с учётом новейшего европейского опыта и реальной экономической и социокультурной ситуации в стране.

Современные отечественные исследователи разрабатывают новые методические подходы к охране культурного и природного наследия, которые соответствуют международному уровню. В перспективе российской практики охраны – создание сети биосферных заповедников, сохранение уникальных территорий с комплексной регенерацией памятников истории и культуры, традиционных форм хозяйствования и природопользования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Закон «Об охране объектов культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 №73-ФЗ.

2. Закон Белгородской области от 13.11.2003 г. № 97 «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) Белгородской области».

3. Михайлов А.В. Особенности определения предметов охраны для объектов культурного наследия типа "жилые дома" // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 94-101.

4. Перькова М.В. Градостроительное развитие региональной системы расселения и ее элементов (на примере Белгородской области) : дис. д-ра архитектуры. Санкт-Петербург, 2019.

5. Белгородская энциклопедия: Страницы истории Отечества, Русской Православной церкви, культуры, ратных и трудовых подвигов белгородцев. Гл. ред. В. В. Овчинников. Белгород, 1999. 48 с.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Погорелова И.А.

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

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В связи с увеличением негативного технического воздействия зданий на сложившуюся застройку на прилегающих территориях для предотвращения чрезвычайных ситуаций особенно важно следить за техническим состоянием зданий и грунта, комплексно подбирать инженерные мероприятия по их предотвращению. При этом контроль технического состояния несущей конструкции должен носить систематический характер, а вносимые изменения, могут быть оценены по количественным критериям на основе методик определения соответствия фактической прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкции нормативным требованиям. Во многих регионах РФ определяют техническое состояние отдельных сооружений в связи с повышенной сейсмической опасностью и подъемом уровня грунтовых вод. Тем не менее, значительная городская деятельность приводит к деградации почвы, но большое количество зданий остается вне всякого контроля. Многие здания города превысили все допустимые нормы срока службы, накапливая физический износ, чрезвычайно опасный для жизнедеятельности людей. Такие здания требуют постоянного мониторинга за их техническим состоянием, чему не уделяется должного внимания.

Мониторинг технического состояния зданий и сооружений проводится для:

- контроль за техническим состоянием здания и своевременное принятие мер по устранению неблагоприятных факторов, ухудшающих состояние здания;

- выявления объектов, несущие конструкции которых изменили свое напряженно-деформированное состояние и требуют незамедлительной проверки их технического состояния;

- своевременного выявления негативных изменений напряженно-деформированного состояния зданий и грунтов, обеспечивающих безопасную эксплуатацию зданий, что может привести к переводу объектов в состояние ограниченно-работоспособного или аварийного;

- отслеживания степени и скорости изменения технического состояния объекта и принятия в случае необходимости экстренных мер по предотвращению его обрушения [1].

При выборе систем мониторинга необходимо учитывать: цель мониторинга, продолжительность измерения, погрешность измерения, включая изменения условий окружающей среды, а также природные и техногенные нарушения. Процедуры мониторинга согласовываются с заказчиком. При этом вместе с перечнем видов работ определяется периодичность наблюдения в зависимости от технических условий объекта и общей продолжительности мониторинга.

В процессе мониторинга системы наблюдения должны гарантировать достоверность и целостность информации, для получения обоснованных выводов о текущем техническом состоянии объекта (здания). При длительных наблюдениях и изменении внешних условий необходимо учитывать изменения условий и компенсировать поправки измерительного прибора (температура, влажность и т. д.). Средства измерений и устройства, применяемые при наблюдениях, должны быть сертифицированы, поверены (откалиброваны) и аттестованы уполномоченной организацией.

В результате каждого этапа мониторинга необходимо получить достаточно информации, чтобы сделать обоснованные выводы о текущем техническом состоянии здания, а также сделать краткосрочные прогнозы технического состояния в ближайшем будущем. На первоначальном этапе мониторинга устанавливают категории технического состояния зданий и сооружений, фиксируют дефекты конструкций, за изменением состояния которых (а также за возникновением новых дефектов) будут осуществляться наблюдения при мониторинге. В случае получения данных, указывающих на ухудшение технического состояния всей конструкции или ее элементов, которое может привести к обрушению здания или сооружения, организация, уполномоченная на проведение мониторинга, должна немедленно проинформировать об этом, в том числе в письменном виде, собственника объекта, эксплуатирующую организацию, местные органы исполнительной власти, территориальные органы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, а на объектах, поднадзорных Ростехнадзору - также территориальные органы Ростехнадзора [2].

Разработка автоматизированных стационарных систем мониторинга технического состояния оснований и строительных конструкций включает в себя следующие этапы:

- на основе анализа возможных природно-техногенных воздействий или конструктивных особенностей объекта разрабатываются модели опасности;

- на основе моделей опасности, знаний в области строительной механики (в том числе математического и физического моделирования)

и работы строительных конструкций проводится анализ поведения конструкций объекта при реализации таких опасностей и составляется методика проведения мониторинга, а также перечень частей и элементов конструкций объекта, которые необходимо контролировать. Для каждой части и каждого элемента конструкций составляется перечень контролируемых параметров:

- на основе известных или специально разрабатываемых способов и методов контроля параметров конструкций, аппаратуры и оборудования для контроля составляется технология проведения мониторинга технического состояния частей и элементов конструкций объекта;

- на основе опыта обследования и анализа поведения строительных конструкций, учета скоростей развития негативных процессов в конструкциях и степени возможного допущения изменения их напряженно-деформированного состояния разрабатывается регламент проведения мониторинга [3].

На данных этапах разрабатывается проект автоматизированных систем мониторинга технического состояния фундаментов и строительных конструкций (рис. 1).

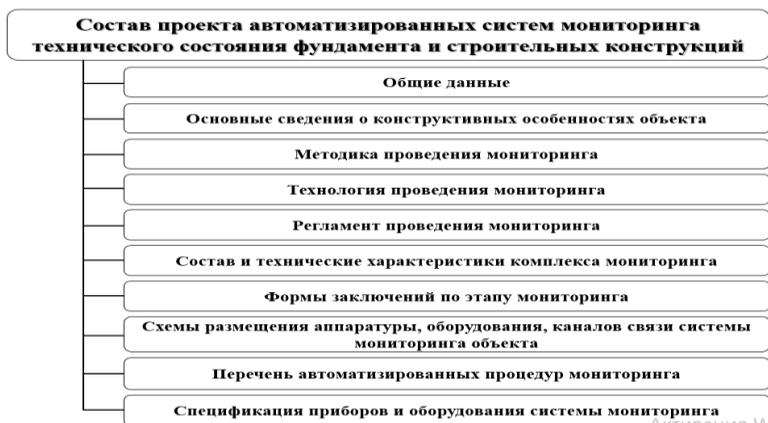


Рис. 1. Состав проекта автоматизированных систем мониторинга технического состояния фундамента и строительных конструкций здания

В рамках проектирования системы мониторинга системы инженерно-технического обеспечения должны быть определены:

- перечень контролируемых параметров работы системы инженерно-технического обеспечения объекта;

- расчетные (проектные) значения контролируемых параметров работы системы инженерно-технического обеспечения объекта;

- состав и технические характеристики аппаратного и программного обеспечения системы мониторинга;
- месторасположение программно-аппаратного обеспечения системы мониторинга;
- алгоритм и критерии принятия управленческих решений по оценке работоспособности системы инженерно-технического обеспечения объекта, угрозы нарушения нормальной эксплуатации и передаче сообщений в единую систему оперативно-диспетчерского управления конкретного города;
- технические решения по взаимодействию системы мониторинга с системой инженерно-технического обеспечения объекта [4].

Общие средства контроля безопасности зданий представляют собой периодическое определение (на основе наблюдений и исследований) риска и скорости его повышения до допустимого уровня, установленного для конкретного объекта.

Под риском понимается вероятность возникновения опасности или сочетания опасностей, определяемая в виде возможных потерь эксплуатационных качеств объекта за определенный период времени. Оценка риска – это количественное и качественное определение его величины. Операционный процесс, который постоянно реализуется для выявления и прогнозирования опасностей, оценки уязвимости объектов к этим опасностям и определения потенциальной потери объектов и их компонентов при всех сценариях опасностей с определенной интенсивностью, повторяемостью и временем воздействия. Для оценки риска анализируют исходные данные (рис. 2).

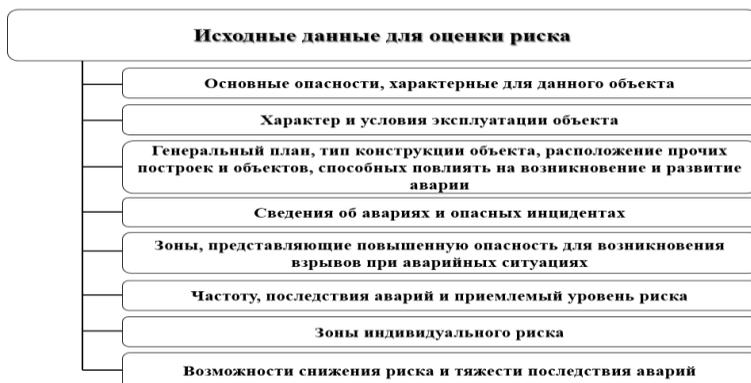


Рис. 2. Исходные данные для оценки риска

Основной задачей геотехнического мониторинга является своевременное выявление и прогнозирование опасных геологических процессов, влияющих на сохранность зданий, с целью разработки и реализации мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Геотехнические системы контроля являются составной частью системы защиты любых проектируемых зданий и сооружений с высокой степенью ответственности. Наблюдения должны производиться во время строительства и последующей эксплуатации [5].

Геотехнический мониторинг можно разделить на три основных вида:

- мониторинг подземных вод и проявлений опасных геологических процессов;
- мониторинг напряженно-деформированного состояния грунтового массива на контакте с фундаментом и конструкций проектируемого здания;
- геодезический мониторинг существующих зданий и сооружений в зоне влияния проектируемого строительства.

Инструментальное оснащение мониторинга может варьироваться, но основными элементами являются:

- скважинные измерения осадок в грунтах, при малом числе скважин дополняются измерениями наклонов;
- измерения порового давления и вариации уровня грунтовых вод;
- определения нагрузок на грунт и напряжений в фундаментной плите и сваях;
- измерение напряжений в конструкциях: стенах, пилонах и колонах;
- наблюдение колебаний здания.

Решающими факторами при выборе конкретного измерительного прибора являются пространственная планировка объекта и результаты инженерно-геологических изысканий. В основе геометрии компоновки лежат результаты статического и динамического расчета конструкции, причем важную роль играют результаты аэродинамических испытаний модели. В зарубежной практике принято располагать поля одномерных датчиков напряжения по взаимно перпендикулярным линиям. Измерения в поле деформации легко визуализируются. Для осмотра всего здания используются датчики в диапазоне частот от 0,2 Гц и выше, низкочастотный фронт этого диапазона предназначен для обнаружения изменений состояния конструкции, что может быть использовано для оценки физических свойств грунта основания в природных толщах (модулей упругости, параметров нелинейности, флюидонасыщенности и пр.) [6].

Рассмотрим основные способы сейсмометрического мониторинга зданий. Для отслеживания изменений необходимо повторение наблюдений при сравнении зарегистрированных волновых полей. В соответствии с методом регистрации волнового поля и схемой обработки можно выделить три группы методик мониторинга строительных конструкций [7].

1. Вибрация здания вызвана техногенными источниками, разные сильные толчки внутри и снаружи здания. Основным недостатком является необходимость формирования сигнала, оказывающего одинаковое влияние на кумулятивный отклик и демпфирование микросейсм, он может проникать только в разные части здания, так как трудно вызвать колебания ниже 1 Гц частоты, характерные основному тону естественной вибрации в высотных зданиях.

2. Воздействующие на здание микросейсм и их регистрации размещаются на коротких участках и впоследствии обрабатываются. Например, при анализе когерентности каналов собственные колебания, амплитуда и фазовое распределение здания определяются объемом здания. При таком подходе при соответствующем соотношении частот вибрации, создаваемые другими объектами на здании, могут быть ошибочно включены в процесс.

3. Источником собственных колебаний здания являются колебания атмосферного давления, колебания давления (микробарометры) и микросейсм регистрируются как три составляющие (X, Y, Z), которые можно вести и снаружи здания. Во время обработки вибрации соседних конструкций можно устранить, выделяя тонкие спектральные линии и анализируя их амплитуду во времени, сопоставляя их с изменениями атмосферного давления. Данный метод мониторинга может осуществляться в одной точке, а исследования целостности могут проводиться в нескольких ключевых точках.

Опыт проектирования схем мониторинга, их монтажа и проведения наблюдений показывает эффективность использования методики под номером 3, так как представляется наиболее технологичной и экономичной. Кроме того, техническая модификация может быть использована для изучения характеристик фундаментов зданий, а также для решения задач сейсопередачи, таких как:

- выявление конфликтов в конструктивных связях;
- наблюдение за совместными рабочими характеристиками грунта здания и фундамента, включая внешний вид массы (называемой грунтом), прикрепленной к фундаменту после строительства;

Явление образования анкеров на вибрирующих грунтовых колоннах хорошо известно во время сейсмических землетрясений, и

подобные эффекты могут возникать из-за постоянных слабых вибраций нежестко опертых зданий.

Таким образом датчики системы мониторинга должны быть установлены как можно раньше на этапе строительства. Это необходимо для предоставления информации о «нулевой» нагрузке сооружения, отслеживания изменений конструктивных параметров на различных этапах строительства, оценивания их соответствия проектным значениям и на основании полученной информации формулировки и своевременного принятия профилактических и защитных мер технического состояния здания или сооружения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

2. Смоляго, Г. А. Оценка уровня конструктивной безопасности железобетонных конструкций по трещиностойкости / Г. А. Смоляго // Промышленное и гражданское строительство. – 2003. – № 4. – С. 62-64. – EDN QIWGMF.

3. Кочерженко, В. В. Технология строительных процессов: учеб. пособие для студентов строит. специальностей / В. В. Кочерженко, В. М. Лебедев; В.В. Кочерженко, В.М. Лебедев; Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В.Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – EDN QNMHVP.

4. Айме К.А. Мониторинг зданий и котлованов, ч. 2 // Строительные материалы, оборудование, технологии века. - № 11. - 2005. - С. 37-39.

5. ГОСТ Р53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.

6. ГОСТ 24846–2012. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений.

7. Константинов, Ю. А. Мониторинг технического состояния зданий и сооружений / Ю. А. Константинов, И. Е. Синельникова // Вестник Науки и Творчества. – 2018. – № 10(34). – С. 44-56. – EDN YODZBJ.

Шевченко И.Н., магистрант

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

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

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ К НЕРАВНОМЕРНЫМ ДЕФОРМАЦИЯМ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ

Каждое построенное здание или сооружение, так или иначе за время своей эксплуатации, подвергается или может подвергаться деформациям. Одни сильнее, другие почти не чувствительны к изменениям. На степень чувствительности зданий и сооружений к неравномерным деформациям основания влияет много факторов. Одними из наиболее значимых являются такие факторы, как тип сооружения, конструктивная схема здания, пространственная жесткость и др.

В данной статье более подробно рассматривается тема чувствительности конструктивных систем зданий к неравномерным деформациям оснований фундаментов. От степени чувствительности к таким деформациям основания все здания и сооружения подразделяются на три типа, определяющие характер совместной работы основания с фундаментами и над фундаментными конструкциями.

Нечувствительные сооружения. К такой категории относят абсолютно гибкие здания и сооружения, которые подвергаются осадке совместной с основанием, дополнительные усилия при развитии деформаций не возникают. К таким сооружениям относят земляные насыпи, днища металлических резервуаров, эстакады, и т.д. Здания такой группы обычно строят на гибком фундаменте, выполняемом из железобетона.

К этой группе объектов относят сооружения с абсолютной жесткостью (мостовые опоры, дымовые трубы, домны, элеваторы). У таких зданий осадка здания или сооружения с основанием фундаментов происходит единым целым без взаимных смещений конструктивных элементов, достаточная прочность которых позволяет беспрепятственно воспринимать дополнительные усилия. Под такой тип зданий обычно используют бутовые, бутобетонные и бетонные фундаменты.

Малочувствительные сооружения. К ним относятся сооружения, на которых проводились специальные мероприятия, такие как усиление элементов конструкций, разрезка на жесткие отсеки, устройство поясов, усиление подземной части и т.д., что позволяет данным сооружениям быть также приспособленными к воздействию неравномерных деформаций основания.

Чувствительные сооружения. К такой группе объектов относят здания и сооружения с конечной жесткостью (монолитные железобетонные каркасы, рамные и неразрезные железобетонные конструкции, металлические каркасы с жесткими узлами, кирпичные, блочные, панельные дома и т.п.). При неравномерных деформациях основания пространственная жесткость, до некоторой степени уменьшающая их влияние на конструкции, становится недостаточной для обеспечения смещения сооружения и основания как единого целого. Последующее деформирование сооружения приводит к изменению расчетной схемы работы конструкций, дополнительные усилия и деформации вызывают появление повреждений и даже разрушение отдельных элементов. Такой группе соответствуют жесткие фундаменты, выполняемые из бетона и бутобетона.

В зависимости от характера развития неравномерных осадок и от жесткости здания или сооружения возникают следующие виды деформаций:

1. Прогиб и выгиб чаще всего возникают в зданиях и сооружениях с протяженными пролетами, такие сооружения не обладают большой жесткостью. Устраняется данная деформация методом повышения жесткости. Такие деформации характерны для абсолютно гибких сооружений, а также с конечной жесткостью.

2. Перекос зданий и сооружений характерен при резком проявлении неравномерности осадок на участке небольшой протяженности при сохранении относительной вертикальности несущих конструкций. Характерен для зданий с конечной жесткостью.

3. Горизонтальные перемещения фундаментов зданий или сооружений возникают при действии на основания горизонтальных нагрузок.

Крен (наклон) – поворот фундамента относительно горизонтальной оси, проявляющийся при несимметричной загрузке основания, характерен для сооружений с абсолютной и конечной жесткостью. Крен устраняется с помощью выравнивания гидравлическими домкратами, заморозкой грунта, замачивания основания фундамента, высушивание набухающего грунта, посредством выбуривания. Наиболее часто крен возникает в зданиях с абсолютной жесткостью, но также может возникать и в зданиях с конечной жесткостью. Устранение крена может осуществляться достаточно большим количеством способов: заморозка грунта у основания, выравнивание гидравлическими домкратами, высушивание набухающего грунта, замачивание основания фундамента, а также крен может устраняться путем частичной выемки грунта путем выбуривания (рис. 1). Такой способ наиболее актуален для сооружений с абсолютной жесткостью.

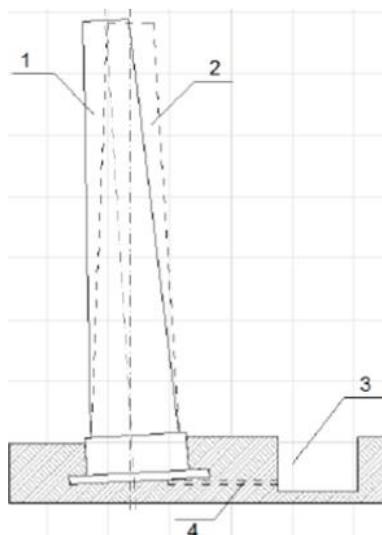


Рис. 1. Выравнивание крена сооружения с абсолютной жесткостью (дымовой трубы) путем частичной выемки грунта выбуриванием:
 1 - положение накрененной трубы до выравнивания; 2 - положение трубы после процесса выравнивания; 3 -траншея возле трубы; 4 – скважины

Таким образом, здания и сооружения в зависимости от конструктивной системы различаются по степени чувствительности к неравномерным деформациям. Одни нечувствительны (абсолютно гибкие и жесткие), другие же наоборот восприимчивы (объекты с конечной жесткостью). Также стоит отметить, что каждому типу соответствуют свои возникающие деформации и способы их устранения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болотов Ю.К. Опыт выравнивания зданий с помощью домкратов / Ю. К. Болотов, В. Д. Зотов, М. В. Зотов, Л. Н. Панасюк, Е. А. Сорочан // Основания, фундаменты и механика грунтов НИИОСП. М., 2002. №5. С. 22–25. Подъем и выравнивание аварийных зданий / Ю. К. Болотов, В. И. Гапеев, В. Д. Зотов, М. В. Зотов, О. И. Лобов // Промышленное и гражданское строительство. М., 1999. №2. С. 14–16.
2. Былин И.П. Измерение крена дымовой трубы транспортабельной котельной установки/ И.П. Былин, А.С. Сыч, В. Балык // Вектор ГеоНаук. 2018. Т. 1. № 4. С. 36-41.
3. Калачук Т.Г. Улучшение механических характеристик основания с помощью свай-инъекторов / Т.Г. Калачук, Е.А. Празина //

Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 60–63.

4. Коновалов П. А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий / П.А.Коновалов. М.: Бумажная галерея, 2000. С. 31–39.

5. Подъем и выравнивание аварийных зданий / Ю. К. Болотов, В. И. Гапеев, В. Д. Зотов, М. В. Зотов, О. И. Лобов // Промышленное и гражданское строительство. М., 1999. №2. С. 14–16.

6. Руководство по наблюдению за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1975. 160 с.

**Шкарлет А.А., магистр,
Бандюков Д.Н., студент,
Шенцев А.М., студент**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

ВНЕДРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ В ИНФОРМАЦИОННУЮ СИСТЕМУ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В каждом из программных комплексов для проектирования зданий и сооружений с применением технологий информационного моделирования имеется ряд библиотек, содержащих всю необходимую информацию о конструкциях и материалах, применяемых при последующем строительстве здания или сооружения. Все библиотеки в программных комплексах создаются на основании технической документации (ГОСТы, СП, ТУ и другие). Этапы проектирования в информационной среде можно разделить на отдельные стадии, что упростит процесс производимой работы, так как рабочие будут эффективнее выполнять свои трудовые функции. В целом, система информационного моделирования позволят упрощать и ускорять не только этап проектирования, но и строительства объекта с последующей его эксплуатацией.

В период технической эксплуатации зданий и сооружений, согласно нормативным требованиям [1], необходимо своевременно проводить ряд мероприятий для устранения появляющихся дефектов строительных конструкций или проведения ремонта здания в целом. На данный момент существует целый ряд необходимой документации, регламентирующей правила проведения мониторинга, обследования,

выявления, составления рекомендации и, впоследствии, устранения дефектов в конструкциях или проведения ремонта. Если доработать информационную систему, внедрив в неё свод технической документации для технической эксплуатации зданий и сооружений, то можно упростить процесс составления плана работ и тем самым ускорить выполнение ремонтных работ, как отдельных конструкций, так и всего здания или сооружения в целом.

Решение данного вопроса будет иметь положительный эффект, так как вся необходимая нормативно-правовая и техническая документация [1-3] будет внесена в базу данных информационной системы для конкретного объекта капитального строительства и применяться на стадии эксплуатации. Управляющая организация, занимающаяся технической эксплуатацией объекта и имеющая необходимую информацию (табл. 1), при выявлении любых дефектов и повреждений строительных конструкций объекта сможет оперативно направить ремонтную бригаду на место производства работ, а инженеры и рабочие смогут незамедлительно получить все необходимые рекомендации на месте производства работ из информационной системы.

Таблица 1

Функциональные возможности информационной системы на стадии эксплуатации объекта капитального строительства

Проектная информационная модель	Эксплуатационная информационная модель
- позиция	- позиция
- наименование и технические характеристики	- наименование и технические характеристики
- тип, марка, обозначение документа	- тип, марка, обозначение документа
- код оборудования, изделия, материала	- код оборудования, изделия, материала
- завод-изготовитель	- завод-изготовитель
- единица измерения	- единица измерения
- масса единицы	- масса единицы
- примечание	- примечание
	- дата осмотра
	- ФИО ответственного лица
	- первичные замечания
	- выявление неисправности
	- вывод о текущем техническом состоянии элемента
	- перечень предполагаемых работ

Пример предлагаемых функциональных возможностей для внедрения в любую российскую ТИМ-систему комплексного

проектирования и создания информационной модели объекта строительства, для использования на стадии эксплуатации, представлен на рис. 1-4. Все рекомендации и методики устранения дефектов и неисправностей и ремонта, внедряемые в информационную систему для каждой информационной модели объекта, соответствуют действующей в России нормативно-правовой и технической документации [4, 5].

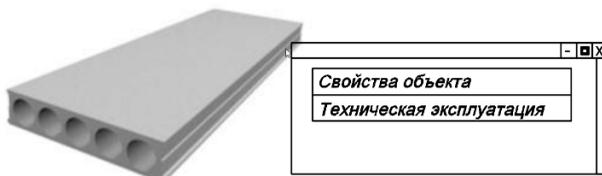


Рис. 1. Панель выбора действия

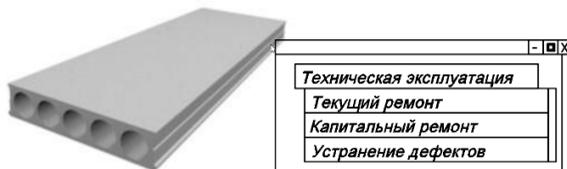


Рис. 2. Перечень ремонтных работ

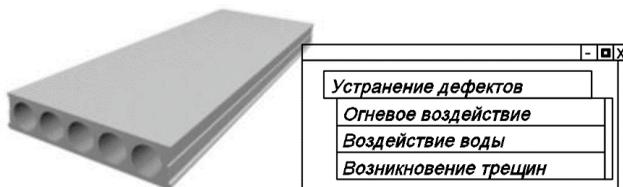


Рис. 3. Перечень возможных дефектов в конструкции

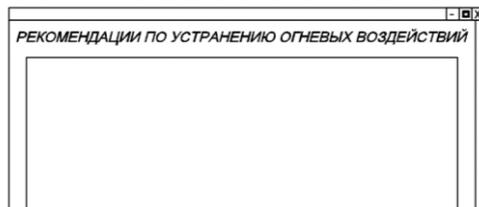


Рис. 4. Диалоговое окно информационной системы «Рекомендации по устранению дефектов и неисправностей»

На стадии проектирования здания или сооружения закладывается вся необходимая информация о каждом конструктивном элементе. Технологии информационного моделирования (ТИМ) позволяют упростить этот процесс при помощи моделирования здания в трехмерном пространстве. Так же, на моменте проектирования можно внедрить систему мониторинга процесса строительства зданий и сооружений. В дальнейшем, можно будет определять на каком этапе проводится строительство и следить за их сроками.

Самой главной частью данной технологии является то, что можно использовать данную технологию не только в процессе строительства, но и в последующей эксплуатации. Для этого необходимо внести доработки, а именно, создать специальную библиотеку или дополнить существующую для специализированных российских программ (NanoCAD, Renga и др.).

Суть данного предложения заключается в создании специального функционала для быстрого и точного выполнения всех видов ремонтных работ при технической эксплуатации зданий и сооружений. Данная функция позволит получить необходимую рекомендацию на месте проведения мероприятий по выявлению и устранению дефектов конструкций или при проведении ремонтных работ зданий и сооружений в целом.

Для лучшего определения возможностей автоматизированной системы эксплуатации объекта, требуется:

- 1) определить основной объем мероприятий, работ и функций в ходе эксплуатации объекта;
- 2) составить иерархию применения традиционного подхода к одному из видов выполняемых работ на объекте в ходе его эксплуатации;
- 3) разработать алгоритм эксплуатации объекта с использованием информационной модели на примере того же вида работ;
- 4) сравнить полученные схемы (рис. 5).

Наиболее частые вопросы, которые возникают у управляющей компанией в ходе эксплуатации объекта, являются вопросы его ремонта и содержания.

Для дальнейшего сравнения традиционного и ТИМ-подхода в технической эксплуатации объекта, для примера возьмем единую ситуацию: возникновение неисправности и мероприятия, направленные на ее экстренное устранение (рис. 6, 7).

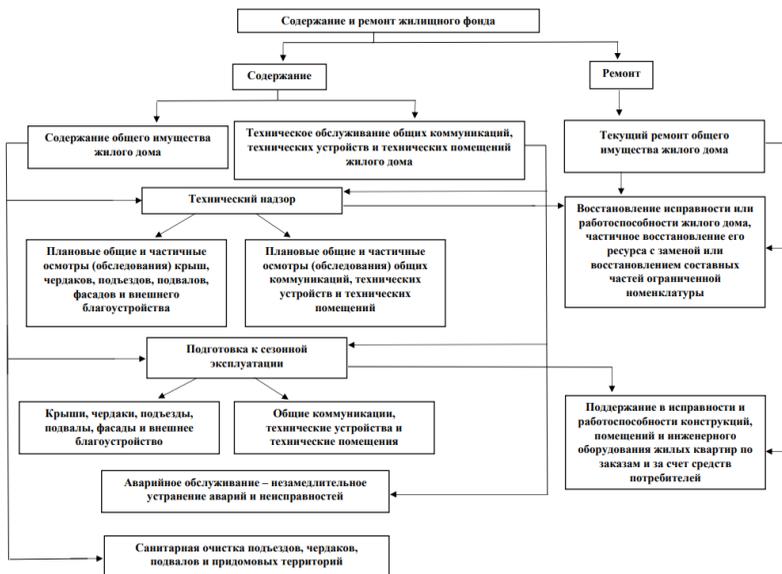


Рис. 5. Основные процессы технической эксплуатации объекта

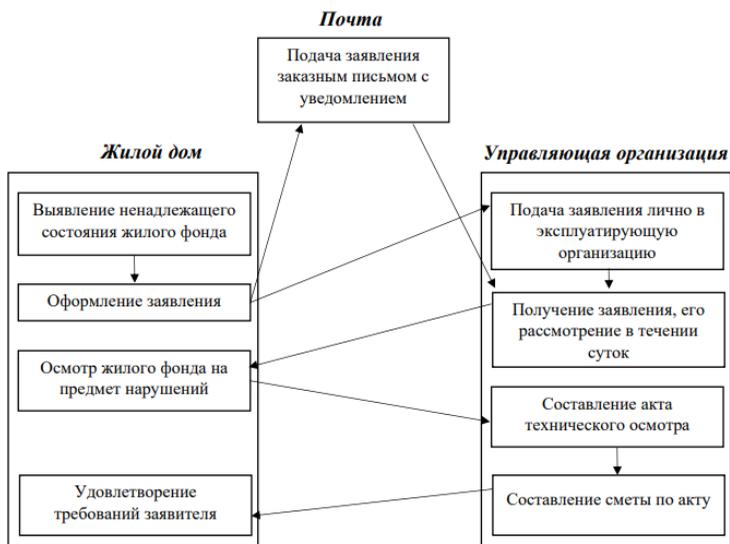


Рис. 6. Устранение неисправности с учетом традиционного подхода



Рис. 7. Устранение неисправности с применением ТИМ-подхода

Как можно заметить, на рис. 7 главным блоком является «Информационная модель + система автоматизированного управления жилищным фондом», все действия происходят через этот блок.

В случае возникновения неисправности на объекте, жители дома сообщают о сложившейся ситуации управляющей компании посредством мобильного приложения с указанием адреса своего дома. Все заявки через приложение заполняются удаленно с возможностью прикрепления файлов, которые дают более наглядное представление о возникшей ситуации на объекте. После получения заявки управляющей компанией, сотрудники анализируют имеющиеся сведения и принимают решение о способах устранения возникшей неисправности. Во время устранения неисправности, мастер может отсканировать штрих-код, или QR-код оборудования и получить доступ к информационной модели объекта со всеми имеющимися инженерными системами. Это позволит более адекватно оценить причины произошедшей неисправности и возможности предотвращать такие ситуации в дальнейшем.

Особенностью применения ТИМ-подхода в данной ситуации является возможность получения основного объема информации с информационной модели объекта, не разбираясь в огромном количестве проектной документации. Благодаря этому использование ТИМ-подхода позволяет экономить временные, трудовые и соответственно материальные ресурсы на эксплуатацию объекта.

Пользователи жилого объекта имеют в своем распоряжении тот же программный комплекс, при помощи которого оформляются заявки, которые в автоматическом режиме передаются управляющей компании.

В личном кабинете управляющей компании все полученные заявки заносятся в список активных задач. Все задачи находятся в прямом взаимодействии с информационной моделью объекта. Таким образом, сотрудники управляющей компании всегда имеют доступ ко всей документации объекта, которая изначально была заложена и обновлена в информационной модели. Все активные задачи в личном приложении управляющей компании могут быть отсортированы по различным параметрам.

Если сравнивать первичную и автоматизированную системы эксплуатации объекта ЖКХ, то в последней можно наблюдать максимальное использование ресурсов информационного моделирования, что позволяет экономить временные, трудовые и в следствие этого экономические затраты.

Таким образом, в работе были показаны существенные преимущества использования информационных систем при эксплуатации зданий и сооружений, а также предложены варианты расширения функциональных возможностей информационной модели объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 255.1325800.2016 «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения» // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017. 60 с.
2. ГОСТ Р 57311-2016 «Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершенного строительства» // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2018. 8 с.
3. СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах» // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2018. 16 с.
4. Сулейманова Л.А., Козлюк А.Г., Глаголев Е.С., Марушко М.В. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 32-36.
5. Марушко М.В., Черкашин А.С. Управление и содержание многоквартирных домов // Сборник докладов Международного студенческого строительного форума - 2016. (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства). 2016. С. 175-180.

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Афанасьев А.А., магистрант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Смоляго Г.А.**

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

ОЦЕНКА КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В настоящее время огромное количество зданий и сооружений исчерпали свой нормативный срок эксплуатации, но при нормативном уровне технического обслуживания, своевременном проведении капитального ремонта срок их эксплуатации может быть увеличен. Однако в большинстве случаев мероприятия по поддержанию необходимой степени надежности конструкций в течении расчетного срока службы обеспечиваются не в полной мере, что влияет на эксплуатационную пригодность и конструктивную безопасность как отдельных элементов, так и здания в целом. Поэтому оценка конструктивной безопасности несущих элементов является основополагающей задачей в определении пригодности к эксплуатации и срока службы того или иного объекта капитального строительства.

При проектировании расчет и оценка надежности конструкций, включающей в себя в первую очередь безотказность и долговечность (ресурс), выполняется на основе расчетных схем и априорных статистических данных о материалах, элементах, нагрузках и воздействиях в свете действующих норм и условий эксплуатации аналогичных объектов [1].

В процессе обследования строительных конструкций зданий и сооружений надежность железобетонных конструкций зданий и сооружений обеспечивается расчетами на силовые воздействия и созданием условий для нормальной эксплуатации.

Конструктивная безопасность зданий и сооружений в свою очередь обеспечивается способностью отдельных строительных

конструкций противостоять переходу в аварийное состояние, определяемой текущим остаточным ресурсом и техническим состоянием объекта; степенью изменения объекта (старением конструкционных материалов, перестройки, перепланировки, реконструкции, капитальной ремонт и т.п.), воздействия окружающей среды как природного, так и техногенного характера [2].

Исходя из этого остаточный ресурс зданий и их отдельных несущих элементов влияет на оценку конструктивной безопасности, а значит является актуальной и информативной задачей. Это особенно актуально при определении целесообразности капитальных вложений в объекты недвижимости с истекающим сроком службы.

В настоящее время существует ряд методов и основанных на них методик расчета остаточного ресурса железобетонных конструкций, но присущие недостатки пока не позволяют считать какую-либо методику универсальной и включить ее в строительные нормы. Кроме того, к дополнительным сложностям приводит тот факт, что понятие остаточного ресурса строительных конструкций достаточно расплывчато и многие исследователи по-разному истолковывают это понятие.

Прогнозирование остаточного ресурса позволяет предупреждать возможные отказы и непредвиденные достижения предельных состояний, а также более обоснованно планировать режимы эксплуатации и ремонтные мероприятия обслуживающими организациями [3].

В обязательном порядке должны быть учтены все повреждения, дефекты и фактические свойства материалов исследуемых конструкций. И лишь после этого с учетом всех имеющихся параметров возможен качественный анализ эксплуатационных свойств конструкции и расчет их остаточного ресурса [4].

На основании методики приведенной в работе [4] был определен остаточный ресурс несущих конструкций здания цеха №1 производства технических ПАВ.

Общая оценка поврежденности здания и сооружения производится по формуле

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \dots + \alpha_i \varepsilon_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i}, \quad (1)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$ - максимальная величина повреждений отдельных видов конструкций, $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$ - коэффициенты значимости отдельных видов конструкций.



Рис. 1. Состояние строительных конструкций здания ПАВ

Коэффициенты значимости конструкций устанавливаются на основании экспертных оценок, учитывающих социально-экономические последствия разрушения отдельных видов конструкций, характера разрушения (разрушение с предварительным оповещением посредством развития пластических деформаций или мгновенное хрупкое разрушение). При отсутствии данных коэффициенты значимости α_i принимаются: для плит и панелей перекрытия и покрытия $\alpha = 2$, для балок $\alpha = 4$, для колонн $\alpha = 8$, для несущих стен и фундаментов $\alpha = 3$, для прочих строительных конструкций $\alpha = 2$.

Относительная оценка надежности здания или сооружения производится по формуле

$$y = 1 - \varepsilon. \quad (2)$$

Величину повреждения строительных конструкций через t лет ее эксплуатации определяют по формуле

$$\varepsilon = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (3)$$

где $\lambda = \frac{-\ln y}{t_\phi}$ - постоянная износа, определяемая по данным обследования на основании изменения несущей способности в момент обследования; y - относительная надежность, определяемая по категории технического состояния конструкции в зависимости от повреждений; t_ϕ - срок эксплуатации в годах на момент обследования.

Срок эксплуатации конструкции до капитального ремонта в годах определяется по формуле

$$t = \frac{0,16}{\lambda}, \quad (4)$$

где λ - постоянная износа.

Срок эксплуатации конструкции до аварийного состояния:

$$t = \frac{0,22}{\lambda}. \quad (5)$$

На основании визуального обследования промышленного участка здания установлены следующие величины повреждений различных несущих конструкций:

- плиты перекрытия — категория состояния 3, $\varepsilon_1 = 0,15$;
- балки перекрытия – категория состояния 3, $\varepsilon_2 = 0,15$;
- колонны – категория состояния 3, $\varepsilon_3 = 0,15$;
- фундаменты – категория состояния 3, $\varepsilon_4 = 0,15$.

Определим техническое состояние здания в целом с учетом значимости отдельных конструкций. Коэффициенты значимости примем для плит и панелей перекрытия и покрытия $\alpha = 2$, для балок $\alpha = 4$, для колонн $\alpha = 8$, для несущих стен и фундаментов $\alpha = 3$, для прочих строительных конструкций $\alpha = 2$. Общая поврежденность здания

$$\varepsilon = \frac{0,15 \cdot 2 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 8 + 0,15 \cdot 3}{2 + 4 + 8 + 3} \sim 0,15. \quad (6)$$

Определяем относительную оценку надежности строительных конструкций здания

$$y = 1 - 0,15 = 0,85. \quad (7)$$

Определяем постоянные износа при сроке эксплуатации на момент обследования $t_p = 51$ год

$$\gamma = -\frac{\ln 0,85}{51} = 0,0032. \quad (8)$$

Определяем срок эксплуатации конструкции до капитального ремонта в годах:

$$t = \frac{0,16}{0,0032} = 50 \text{ лет}. \quad (9)$$

Остаточный ресурс (срок безаварийной эксплуатации) здания, при установленной системе ремонтов, исчерпан. Необходим капитальный ремонт и усиление строительных конструкций.

В задачах, когда отсутствует вероятность внезапных отказов и напрямую не связанных с безопасностью, например, при экономическом обосновании решений на краткосрочный период и финансовом планировании ремонтов, с достаточной точностью может быть применен прикладной способ прогнозирования коррозионных повреждений и остаточного ресурса изгибаемых железобетонных элементов. Метод основывается на результатах натурных обследований технического состояния конструкций и учитывает опыт эксплуатации объектов-аналогов, под которыми понимаются здания и сооружения

аналогичного функционального назначения, находящиеся в схожих условиях эксплуатации и имеющие аналогичные железобетонные конструкции.

Имеющийся опыт эксплуатации зданий и сооружений формируется экспертными организациями как информационная база данных по основным параметрам, определяющим техническое состояние железобетонных конструкций за различный период эксплуатации. Стоит отметить, что здесь большую роль играет высокая квалификация экспертов, проводивших обследования.

Вначале проводят детальное обследование железобетонных элементов и конструкций на предмет обнаружения и измерения имеющихся коррозионных повреждений бетона и арматуры, измерения габаритных размеров, ширины раскрытия трещин, максимальных прогибов и т.д. Влияние агрессивной среды на бетон рассматривается как фактор, изменяющий его прочность, которая устанавливается известными неразрушающими методами контроля. Количественной мерой коррозионного процесса является глубина нейтрализации композита, определяемая на скеле измерением микротвердости, либо показателя рН. Считается, что прочность арматурной стали из-за процессов коррозии, меняется незначительно; количественной мерой является глубина коррозионного повреждения стержня [5].

Затем выполняются поверочные расчеты конструкций по предельным состояниям, и устанавливается их текущий остаточный ресурс по различным параметрам напряженно-деформированного состояния.

Далее по отдельности производится прогнозирование процессов развития коррозионных повреждений δ бетона и арматуры во времени t (рис. 2). Для этого, в соответствующую систему координат добавляются точки, характеризующие величину повреждений материалов конструкций объектов-аналогов и точка, характеризующая текущее значение повреждения материалов рассматриваемой конструкции. Для совокупности данных при помощи современных математических программных комплексов устанавливается аппроксимирующая функциональная зависимость $\delta=f(t)$, линия графика которой обязательно проходит через точку $(\delta_i; t_i)$. Если проводились периодические обследования исследуемых конструкций, то при аппроксимации учитывается несколько таких точек [5].

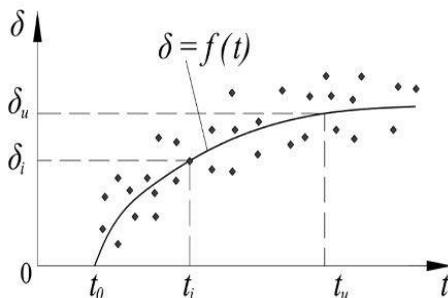


Рис. 2. Прогнозирование коррозионных повреждений с учетом опыта эксплуатации объектов-аналогов

Возможно применение различных функциональных зависимостей $\delta=f(t)$: линейной, степенной, логарифмической, экспоненциальной и др. Это в большей степени зависит от вида агрессивной среды, вызывающей коррозию бетона и арматуры.

Прогнозирование текущих значений коррозионных повреждений δ_i до значений δ_u , при которых по расчетам наступит предельное состояние конструкции (полное исчерпание ресурса), позволяет определить ее остаточный срок службы.

Таким образом для обеспечения необходимой конструктивной безопасности железобетонных элементов и конструкций, имеющих отличные (в худшую сторону) от проектных показателей жесткости и прочности, необходимо располагать адаптированными методиками расчета, позволяющими с допустимой погрешностью определять остаточный ресурс, что позволит найти момент наступления предельного состояния, а соответственно, остаточный срок службы.

Накопление коррозионных повреждений бетона и арматуры сопровождается снижением несущей способности, жесткости и трещиностойкости эксплуатируемых железобетонных конструкций вплоть до их разрушения, что может стать причиной гуманитарного, экологического и экономического ущерба.

Прогнозирование остаточного ресурса с достаточной точностью вполне допустимо в настоящее время выполнять с помощью прикладного способа, основанного на данных по обследованию технического состояния конструкций и опыта эксплуатации аналогичных конструкций (объектов-аналогов).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Надежность железобетонных конструкций с учетом фактора ползучести бетона / В. А. Пшеничкина, Б. С. Гриценко, А. В. Глухов, М. Бабович // Строительные материалы и изделия. 2020. Т. 3. № 6. С. 35-43.

2. Афанасьев А.А., Иванникова С.А. Прогнозирование остаточного ресурса и оценка конструктивной безопасности железобетонных изгибаемых элементов // Эффективные конструкции, материалы и организационно-технологические решения для строительства и жилищно-коммунального хозяйства: материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященной 300-летию Российской академии наук: эл. сборник докладов [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ, 2022. Ч. 6. С. 39-43.

3. Пшеничкина В.А., Сухина К.Н., Бабалич В.С., Сухин К.А. Оценка остаточного ресурса несущих железобетонных конструкций эксплуатируемых промышленных зданий. – М.: Изд-во АСВ, 2017. 176 с

4. Остаточный ресурс конструкций зданий и сооружений / А. Н. Дегтярь, И. Р. Серых, Л. А. Панченко, Е. В. Чернышева // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 94-97.

5. Смоляго, Г. А. Прикладной способ прогнозирования коррозионных повреждений и остаточного ресурса изгибаемых железобетонных элементов с учетом опыта эксплуатации объектов аналогов / Г. А. Смоляго, Н. В. Фролов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 2. С. 49-54.

Бауыржанқызы Р., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Калмагамбетова А.Ш.

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

БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ФОСФОРНЫХ ШЛАКОВ

В современной архитектуре применяется все больше сборных железобетонных элементов т.к. по сравнению с перекачкой бетона сборный железобетон имеет много преимуществ: более эффективный производственный процесс; более стабильное качество; более короткое время строительства; более низкая стоимость, а также более безопасная и чистая среда строительства.

Пропаривание является наиболее распространенным методом производства сборных железобетонных изделий, что вносит большой вклад в индустриализацию строительства [1]. Из экономических соображений широко применяется пропаривание при нормальном атмосферном давлении, который состоит из: периода предварительной выдержки; периода нагрева; период постоянной температуры и периода охлаждения. Температура постоянного периода является одним из

важнейших параметров режимов пропаривания, обычно она составляет 40-90°C. Примечательно, что пропаренный бетон обычно имеет высокую проницаемость и низкую скорость набора прочности в поздних возрастах из-за неравномерно распределенной гидратации.

В современном бетоне широко используются минеральные добавки, такие как золы и молотый гранулированный доменный шлак. Применение минеральных добавок может улучшить удобоукладываемость свежего бетона, снизить теплоту гидратации цемента и повысить прочность и долговечность бетона в позднем возрасте.

Традиционные минеральные добавки становятся все более дефицитными, поэтому в производстве бетона постепенно используются новые виды минеральных добавок, такие как доменный и мартеновский шлаки, известняковая мука и фосфорный шлак [2].

Фосфорный шлак является побочным продуктом производства желтого фосфора электропечным способом. Известно, что на 1 тонну производства желтого фосфора приходится от 8 до 10 тонн фосфорного шлака. Основными химическими составами фосфорного шлака являются CaO и SiO₂, что обычно составляет более 80%. Исходя из различной природы фосфатных руд, второстепенный состав фосфорного шлака составляет 2,5-5% Al₂O₃, 1-5% P₂O₅, 0,5-3% MgO, 0,2-2,5% Fe₂O₃, и 0-2,5% F [3].

Исследования показали, что фосфорный шлак может улучшить пористую структуру затвердевшего теста, снизить теплоту ранней гидратации цемента и повысить долговечность бетона. Хорошо известно, что фосфорный шлак оказывает сильное замедляющее действие на раннюю гидратацию цемента. Бетон, содержащий фосфорный шлак, достигает очень низкой начальной прочности, поэтому применение фосфорного шлака в бетоне в определенной степени ограничено. Из-за низкой реакционной способности или отсутствия достаточной щелочной активации минеральные примеси обычно проявляют низкую реакционную способность в раннем возрасте [3]. Соответственно бетон, содержащий минеральные добавки, обычно достигает более низкой начальной прочности по сравнению с обычным цементным бетоном. Однако степень гидратации минеральных добавок значительно возрастает с увеличением температуры твердения и времени выдержки паром в раннем возрасте, что способствует набору прочности бетона [4].

Таким образом, пропаривание является эффективным методом повышения прочности бетона с минеральными добавками в раннем возрасте. Это потенциальный метод улучшения пористой структуры пропаренного бетона в позднем возрасте за счет использования минеральной добавки. Для повышения прочности при извлечении из

формы пропаренного бетона, содержащего фосфорного шлака, при исследовании использовали два метода:

- 1) повышение температуры пропаривания;
- 2) увеличение продолжительности пропаривания.

Было проведено сравнение влияния этих двух методов на свойства пропаренного бетона, содержащего фосфорный шлак.

В качестве цемента использовался обычный портландцемент. Цемент с удельной поверхностью $350\text{м}^2\text{кг}^{-1}$ и класс прочности В42,5 соответствии с стандартом GB175-2007. Химический состав цемента и фосфорного шлака представлен в табл. 1.

На рис. 1 приведено изображение фосфорного шлака, полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ), которое показывает, что частицы фосфорного шлака имеют неправильную морфологию. На рис. 2 показаны рентгенограммы фосфорного шлака, которые указывают на то, что большинство минеральных фаз фосфорного шлака являются аморфными.

Таблица 1

Химический состав сырья, %

Сырье	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	Потеря	P ₂ O ₅	F
Цемент	22,36	7,73	3,66	57,21	3,10	3,54	0,73	2,31	-	-
Фосфорный шлак	38,27	5,33	0,29	43,12	1,69	1,30	1,75	2,16	4,62	2,46

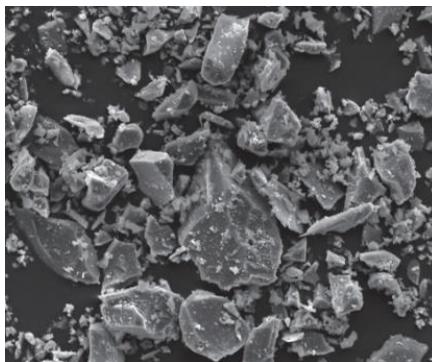


Рис. 1. Изображение фосфорного шлака, полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа

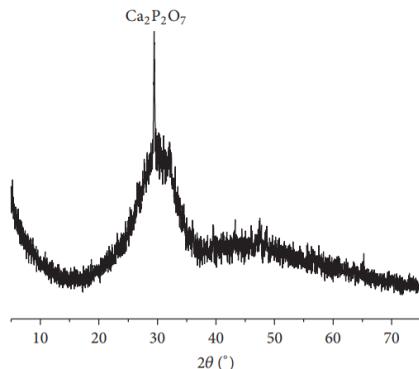


Рис. 2. Рентгенограмма фосфорного шлака

В первую очередь необходимо обеспечить прочность при извлечении из формы пропаренного бетона. В условиях нормальной температуры твердения добавление фосфорного шлака значительно снижает начальную прочность бетона.

Результаты прочности при извлечении из формы показывают, что повышенная температура отверждения паром более эффективна, чем увеличенная продолжительность отверждения паром, что согласуется с тенденциями результатов теплоты гидратации и результатов содержания не испаряемой воды.

Результаты МПР показывают, что добавление фосфорного шлака может улучшить структуру пор позднего старения затвердевшей пасты независимо от того, отверждается ли она при нормальной или повышенной температуре. Более того, структура пор позднего возраста затвердевшей пасты, содержащей фосфорный шлак, отвержденной при 80 °С в течение 8 ч лучше, чем отвержденной при 60 °С в течение 11 часов, и эта тенденция согласуется с тенденцией результатов содержания не испаряемой воды.

Однако, помимо пористой структуры затвердевшей пасты, межфазная переходная зона между матрицей и заполнителем согласуется с прочностью на сжатие и проницаемостью для ионов хлорида. Примечательно, что влияние метода отверждения на свойства затвердевшей пасты и бетона может значительно различаться из-за межфазной переходной зоны. Результаты исследования показывают, что пропаренный бетон, содержащий фосфорный шлак, затвердевает при 60 °С в течение 11 часов и может обеспечить более высокую прочность на сжатие в позднем возрасте и более низкую проницаемость для хлоридов, чем при отверждении при 80 °С в течение 8 часов.

Таким образом, учитывая, как прочность при извлечении из формы, так и свойства позднего старения, можно сделать вывод, что увеличение

продолжительности отверждения паром является предпочтительным методом для бетона, содержащего фосфорный шлак.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. M. Kim, Q. Wang, J. Park, J. C. Cheng, H. Sohn, and C. Chang, “Automated dimensional quality assurance of full-scale precast concrete elements using laser scanning and BIM,” *Automation in Construction*, 2016. vol. 72, pp. 102–114,

2. M.-K. Kim, J. C. P. Cheng, H. Sohn, and C.-C. Chang, “A framework for dimensional and surface quality assessment of precast concrete elements using BIM and 3D laser scanning,” *Automation in Construction*, 2015. vol. 49, pp. 225–238.

3. Q. Wang, M. Kim, S. Yoon, J. C. Cheng, and H. Sohn, “Corrigendum to “Automated quality assessment of precast concrete elements with geometry irregularities using terrestrial laser scanning” [*Autom. Constr.* 68 (2016) 170–182],” *Automation in Construction*, vol. 74, p. 1, 2016.

4. J. Choi, S.-K. Park, H.-Y. Kim, and S. Hong, “Behavior of high-performance mortar and concrete connections in precast concrete elements: experimental investigation under static and cyclic loadings,” *Engineering Structures*, vol. 100, pp. 633–644, 2015.

5. Q. Wang, M. Li, and B. Zhang, “Influence of pre-curing time on the hydration of binder and the properties of concrete under steam curing condition,” *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, vol. 118, no. 3, pp. 1505–1512, 2014.

**Богдан И.А., магистрант,
Богдан Д.Е., магистрант**

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

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

АНАЛИЗ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Ранее в хозяйственной жизни страны действовал принцип «реагировать и исправлять». Впоследствии академик В.А. Легасов закрепил новый фундаментальный принцип «предвидеть и предупреждать». В работе [1] он пытался установить ответы на вопросы: «Почему же, несмотря на усилия по повышению надежности техники, аварии происходят? Почему растет масштаб их последствий?». Академик выделил основные решения:

- принципы современного проектирования сложных производств обеспечивают максимальную надежность при существующем понимании характера опасности и экономическо-технических возможностей для ее предотвращения;

- без возникновения дефектов при изготовлении, без отклонений от назначенных режимов эксплуатации, без человеческих ошибок проектные решения и регламенты совместно гарантировали бы безопасную работу объекта;

- проектировщики и конструкторы создают различные системы, предупреждающие аварии, которые могут возникать вследствие превышения допустимых нагрузок, заложенных проектом. Однако такие системы также могут подвергаться техническим сбоям из-за ошибок при их эксплуатации;

- таких вспомогательных систем может быть множество, они увеличивают конечную стоимость строительства объекта, однако риск возникновения аварий все же есть, но он снижен до очень маленьких величин, но никогда не равен нулю.

Абсолютно безопасными здания и сооружения считать нельзя. На стадии проектирования предусматривается возможная опасность аварии. В связи с ошибками, допускаемыми участниками строительства на каждом этапе строительства, фактическая вероятность оказывается выше теоретической вероятности аварии [2].

Если в теории нормы обеспечивают нулевую величину риска в строительные изделия, то в реальной жизни ошибки могут допускаться с начального этапа производства строительства: производители заводских конструкций закладывают определенную дефектность, чтобы получить прибыль, при этом меньше затратить; на строительной площадке – пренебрежение теми или иными технологическими операциями [3].

Так в индустриальном строительстве известны распространенные ошибки при возведении каркасно-панельных и панельных зданий, вследствие которых происходили аварии: закладные детали сборных железобетонных конструкций были закреплены прихватками, без окончательной приварки, либо сварка выполнялась некачественно [4]. Возможно, не выполнялись процедуры по защите стыков от коррозии.

Безусловно, строительные нормы требуют модернизации и дополнения на ограничение риска аварии. Действительно, если нормы на величину риска аварии для конечной строительной продукции (зданий и сооружений) нет, то ее производители, как правило, допускают такую степень дефектности, которая обеспечивает им прибыль при минимуме затрат на ее создание. Именно поэтому объекты недвижимости, уже построенные и строящиеся сейчас, конструкционно-безопасными, в полном смысле этого понятия, считать нельзя.

При правильном выполнении всех требований при проектировании, изготовлении на заводах и производстве работ на монтаже, вероятность риска возникновения аварии не будет превышать вероятность естественного риска аварии на неограниченном множестве новых объектов. При этом условия безопасный ресурс построенного объекта будет не ниже нормативного срока его службы [5].

Мельчаков А.П., Байбурун Д.А., Казакова Е.А., Чебоксаров Д.В. в своей работе [6] также утверждали о двух факторах, влияющих на показатель риска возникновения аварии зданий и сооружений: человеческий фактор и непроектное воздействие на объекты строительства.

Чтобы снизить риски аварий, необходимо, в первую очередь, контролировать вмешательство негативного человеческого фактора до уровня риска аварии, закладываемого на проектной стадии. Данное утверждение обусловлено тем, что в нормативной литературе человеческое влияние на этапах возведения объекта строительства компенсируется избыточным запасом прочности элементов конструктивной схемы [3].

В свое время, излишний запас прочности должен предупреждать возникновение второго фактора возникновения аварий – запроектных воздействий на объект.

Мельчаков А.П. рассматривал проблемы риска аварии на предпроектной стадии и сформулировал основные проектирования, которых следует придерживаться и отклонение, от которых может быть чревато последствиями [7]:

- наименьшими затратами материала, труда и, следовательно, денег добиваться наибольших архитектурных результатов;
- надежность сооружения выше, если меньше элементов в конструктивной схеме, в случае отказа одного из них;
- излишний материал в конструкции не добавляет ей надежности, более того, он влечёт за собой множество новых деталей, креплений, затрат на монтаже и прочее, повышая вероятность отказов и, конечно, стоимость.
- общая пространственная устойчивость здания (сооружения) – одна из важнейших задач для проектировщика. Существуют такие конструктивные схемы, устойчивость которых невозможно установить лишь статическими расчетами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Легасов, В.А. Проблемы безопасного развития техносферы / В.А. Легасов // Журнал Коммунист – М.: Изд-во ЦК КПСС «Правда», 1987. – №86. С. 92–102.

2. Мельчаков А.П., Беззубкова Г.А., Косорогов В.Г., Чебоксаров Д.В. О правилах по регулированию риска аварии зданий и сооружений на стадиях возведения и эксплуатации // Вестник Южно-Уральского

государственного университета. Серия: Строительство и архитектура, 2008.

3. Сулейманова Л.А., Козлюк А.Г., Глаголев Е.С., Марушко М.В. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2016. - № 7. - С. 32-36.

4. Глаголев Е. С. Развитие жилищного строительства в России / Е. С. Глаголев, Л. А. Сулейманова, М. В. Марушко // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2017. - №1. - С.17-22.

5. А.П. Мельчаков, Д.А. Байбурин, Е.А. Казакова Конструкционная безопасность строительного объекта: оценка и обеспечение / Учебное пособие. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. С.10

6. Мельчаков А.П. Независимый контроль риска аварии зданий и сооружений – реальный путь к снижению аварийности в строительстве / А.П. Мельчаков, Д.А. Байбурин, Е.А. Казакова, Д.В. Чебоксаров // Электронный журнал ramag.ru: Предотвращение аварий зданий и сооружений. – <http://www.ramag.ru/prensa/nk-razis>.

7. Мельчаков А.П. Метод контроля проектного риска аварии // Академический вестник УралНИИпроект РААСН, 2012. С.73.

**Богдан И.А., магистрант,
Богдан Д.Е., магистрант**

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

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

АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

На сегодняшний день существует множество причин, приводящих к авариям в строительной сфере. Анализ аварийных ситуаций в строительной практике показал, что аварии зданий вызываются нарушением норм и правил проектирования, технологии строительства зданий и сооружений, а также эксплуатации. Соблюдение всех действующих норм и правил гарантирует надежность строительных объектов при различных технических и природных воздействиях и обеспечивает безопасность человека в процессе их квалифицированной эксплуатации [1].

Исследование причин аварий послужило основанием для оценки возможности возникновения условий, влияющих на надежность

сооружения. К числу этих условий относятся надежность проектных решений, качество строительства и эксплуатации [2].

Недостаточная надежность проекта может возникнуть вследствие:

1. Неправильного определения нагрузок и условий эксплуатации объекта, а также неверного учета сопротивляемости несущих и ограждающих конструкций временным и случайным воздействиям;

2. Неверной инженерной оценки конструктивного решения в реальных условиях;

3. Нарушения строительных норм и правил при выполнении проектирования в части: полноты и достоверности инженерно-геологических и геодезических изысканий, учета агрессивности внешней среды, ошибок в определении нагрузок и воздействий, неверных допусков на изготовление конструкций и изделий, низкого качества материалов, нарушения методов строительства и правил эксплуатации и др.;

4. Человеческий фактор (ошибка проектировщиков вследствие малого количества времени/средств на проектирование или некомпетентность работников, отсутствие у них опыта разработки проекта сложных конструкций) [3].

Примером последнего пункта может стать авария, произошедшая из-за человеческого фактора в жилом доме в Италии в 1999 году. Количество жертв достигло 67 человек. По заключению комиссии, причиной страшно трагедии стало возведение дома в обводненном грунте без проведения соответствующих мероприятий.

Причиной аварий так же является некачественное строительство объектов. Основными ошибками на этапе строительства может являться [4]:

– применения материалов и конструкций, не соответствующих проекту;

– низкое качество строительно-монтажных работ;

– плохой контроль за качеством исполнения строительства, неудовлетворительного взаимодействия проектировщиков и строителей;

– низкой квалификации производственного персонала или их частой смены;

– неудовлетворительной обстановки на стройке (недостаток времени, средств, плохие взаимоотношения персонала);

– отступлений от строительных норм и правил строительной практики при строительстве сооружения, отступлений от первоначального проекта;

– стремление снизить себестоимость строительства.

Причиной аварии во время строительства 31 июля 2013 года в городе Краснодаре, стала одна из вышеупомянутых ошибок. В результате катастрофы произошло продавливание днища чаши бассейна и розлив воды. Официальной версией происходящего стала ошибка

проектировщиков. Однако, по некоторым данным, причиной могло послужить использование некачественных анкерных болтов при строительстве, вместо предусмотренных проектом, что в последствии и повлекло полное разрушение чаши бассейна.

Ещё причиной аварий является некачественная эксплуатация зданий. Нарушение правил по эксплуатации наиболее опасно влияет на состояние несущих конструкций, оно оказывает серьезное влияние на ускорение износа, снижение надежности и долговечности здания.

Некачественная эксплуатация может возникнуть в следствие:

1. Превышения нагрузок в процессе эксплуатации над расчетными проектными величинами.
2. Отсутствия контроля за состоянием сооружения и его системами (водопроводно-канализационными и отопительными), отсутствие ухода за водосточными трубами и эксплуатации сооружения с не устраненными дефектами.
3. Отступлений от правил эксплуатации, использования сооружения не по назначению.
4. Несвоевременное удаление снега с крыш и балконов.
5. Несвоевременный ремонт отмостки вокруг здания, что приводит к значительному проникновению атмосферных осадков в конструкции здания.
6. Незаконная перепланировка квартир под общественные помещения (офисы, салоны и т.д.) [5].

При несоблюдении любого из указанных условий возможна авария строительного объекта. Так 11 июля в 2015 г. в Перми произошло ЧП в жилом пятиэтажном доме по ул. Куйбышева, 103. Обрушился угол здания в районе первого подъезда. По данным МЧС, в результате обрушения здания пострадали 8 квартир дома со 2 по 5 этажи. Погибли два человека, двое пострадали. Причиной аварии стало ослабление несущих конструкций в результате незаконной перепланировки офиса на первом этаже [6].

За последние 10 лет динамика аварийных случаев в процессе проектирования, строительства и эксплуатации не имеет тенденции к снижению. Из чего можно сделать вывод, что мероприятий по предотвращению аварий недостаточно. Разработка и внедрение мер по повышению устойчивости гражданских объектов должны осуществляться комплексно на каждом этапе жизненного цикла строительного объекта. Только так можно снизить риск аварийных случаев и увеличить продолжительность службы здания [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев Е. С. Развитие жилищного строительства в России / Е. С. Глаголев, Л. А. Сулейманова, М. В. Марушко // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2017. - №1. - С.17-22.

2. Сулейманова Л.А., Козлюк А.Г., Глаголев Е.С., Марушко М.В. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2016. - № 7. - С. 32-36.

3. Галипова Г.М. Обеспечение безопасности зданий и сооружений в период эксплуатации. Учебно-методическое пособие. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. 2018. С. 17-18.

4. Добромислов А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам // Справочное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2008. 72 с.

5. Bstudy.net. Повреждения зданий и сооружений при неправильной эксплуатации URL: https://bstudy.net/961151/tehnika/povrezhdeniya_zdaniy_soorzheniy_neppravilnoy_ekspluatatsii (Дата обращения: 20.10.2022)

6. В. Рангулова, М. Шнайдер. Комсомольская правда. URL: <https://www.perm.kp.ru/daily/26405.7/3280492/> (Дата обращения: 20.10.2022)

7. Леденев В.В. Аварии в строительстве. Т. 1. Причины аварий зданий и сооружений. Тамбов: 2014. С. 209.

**Бондарев И.А., магистрант,
Ляшенко И.С., магистрант,
Бастрыкин Е.А., магистрант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Москвичева Е.В.**

*Волгоградский государственный архитектурно-
строительный университет, г. Волгоград, Россия*

СПОСОБ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

В статье излагаются исследования по изучению нового сорбционно-фильтрующего материала (СФМ), применение которого, повышает коэффициент использования водных ресурсов ряда производств.

Авторами были изучены физико-механические свойства СФМ. Полученные данные позволяют прогнозировать изменение прочностных характеристик СФМ в процессах их долговременной эксплуатации. По приведенным показателям фильтрующая загрузка соответствует требованиям, предъявляемым к материалам, пригодным для промышленного использования. Была проведена гигиеническая оценка загрузки. Сорбционные свойства изучены в статическом и различных режимах. Сорбция изученных веществ (кроме мазута) возрастает с увеличением температуры.

Актуальность разработки и применении новых сорбционно-фильтрующих материалов обуславливается постоянным возрастанием потребления воды, а также ее загрязнениями, в ходе хозяйственной и промышленной деятельности различными компонентами [1]. Использование к промышленности оборотных систем водоснабжения характеризует современное техническое состояние предприятия [2]. Внедрение в практическую деятельность данных систем позволяет значительно сократить сбрасываемые сточные воды, уменьшить потребности населения в свежих водах, что способствует повышению экологического и экономического эффектов. Существующая практика свидетельствует о несоответствии или соответствии в полной мере качества воды требованиям действующих нормативов. Ухудшение качественного состояния воды свидетельствует, что источники водоснабжения подвергаются техногенным загрязнениям. Таким образом, необходимо постоянное совершенствование различных существующих систем оборотных водоснабжении промышленных предприятий. Одним из эффективных методов для очистки воды от различных загрязнителей является применение сорбционной очистки [3].

В данной работе изучается сорбционно-фильтрующий материал (СФМ), который разработан на основе опоки. Использование СФМ позволит повысить коэффициент повторного использования воды для различных промышленных производств [4].

Термодинамические характеристики статической сорбции. Изменения энтальпии сорбции рассчитаны графическим путем. Величина рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta H = m \cdot R \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ моль/г}, \quad (1)$$

где m – отношение масштаба, R – газовая постоянная, $\ln K$ – $1/T$, $\operatorname{tg} \varphi$ – угловой коэффициент в координатах где K – константа сорбции при какой-либо температуре.

Величины изобарно-изотермического потенциала были рассчитаны с использованием уравнения:

$$\Delta G = -8.313 \cdot 298 \ln K_1, \text{ моль/г} \quad (2)$$

По рассчитанным величинам и АС по формуле:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S, \text{ Моль/г} \quad (3)$$

для $T = 298\text{K}$ были рассчитаны величины изменения энтропии статической сорбции.

В табл. 1 представлены основные характеристики статической сорбции для различных сорбентов на разработанном СФМ.

Таблица 1

Основные характеристики сорбции

Сорбаты	Константы сорбции, $k \cdot 10^{-3}$			кДж/моль	- ΔG_{298} , кДж/моль	- ΔS_{298} , Дж/моль К	мг/г при 298 К
	K378	K398	K315				
Цинк	0,23	0,42	1,60	39,78	14,96	180	50,0
Кадмий	0,09	0,13	1,08	48,13	12,06	200	110,0
Железо	0,17	0,70	4,35	64,95	16,22	280	10,0
Мель	0,80	1,11	5,88	37,11	17,37	63	20,0
Марганец	0,26	0,60	1,72	37,19	15,84	710	20,0
Молибден	0,16	0,60	2,77	56,27	15,84	130	20,0
Свинец	0,14	0,24	0,73	34,03	13,55	160	50,0
Бензол	1,25	0,36	0,1	50,45	14,58	120	35,0
Мазут	6,45	0,70	0,01	123,27	16,23	470	100,0
Фенол	2,78	0,98	0,10	68,6	17,06	170	30,0

Из табл. 1 видно, что сорбция изученных веществ (кроме мазута) возрастает при увеличении температуры.

Изучение кинетики сорбции. Раствор, содержащий при $pH_{опт}$ определенное количество сорбата, термостатировали, вносили в него измеренное количество фильтрующей загрузки, при постоянном перемешивании через определенные промежутки времени отбирали пробы, центрифугировали их. При необходимости проводили индикаторную реакцию и измеряли оптические плотности. Строили изотермы кинетики сорбции, в координатах "оптическая плотность – время" [5]. Изотермы кинетики сорбции некоторых веществ, взятых в качестве примера, приведены на рис. 1 и 2.

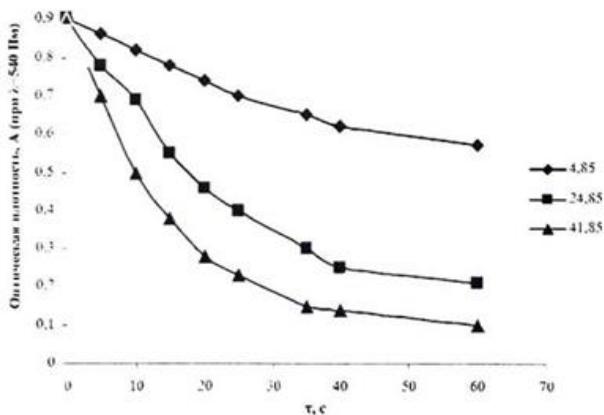


Рис. 1. Изотермы кинетики сорбции цинка

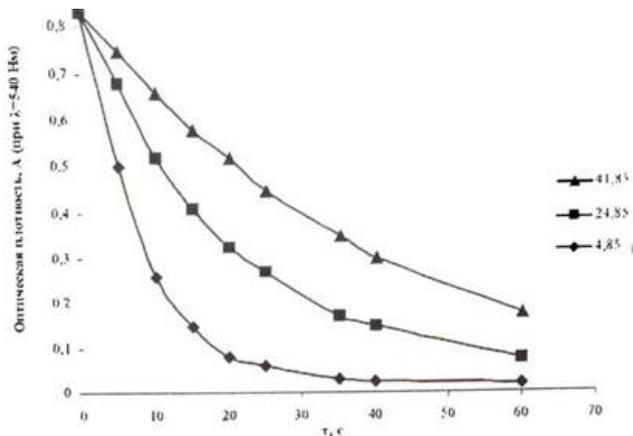


Рис. 2. Изотермы кинетики сорбции мазута

При изучении статической сорбции используются значения равновесных констант сорбции K , которые позволяют оценить термодинамические характеристики сорбционных процессов: характеристики позволяют оценить глубину и необратимость процесса сорбции [6]. Но сорбционный процесс, согласно полученным результатам – это все же хемосорбция, если учитывать, что некоторое увеличение температуры приводит к ускорению наступления равновесия. В этом плане необходимо изучение скоростей сорбции, что позволит определить время наступления равновесия и, кроме того, хотя бы ориентировочно оценить химизм процесса формирования активированного адсорбционного комплекса [7].

Для всех сорбционных процессов характерен достаточно крутой начальный участок изотерм кинетики сорбции. Процесс сорбции протекает достаточно быстро и практически заканчивается через несколько минут для самой медленной сорбции [8].

Сорбция представляет собой односторонний процесс, подчиняющийся кинетическому уравнению первого порядка:

$$K = ((1/\tau_i) \ln J_i)/J_i \text{ или } K = ((1/\tau_i) \ln A_i)/A_i \quad (4)$$

Рассчитанные для трех температур значения констант скоростей сорбции позволили путем графического решения уравнения Аррениуса определить энергию активации процесса образования активированного сорбционного комплекса $E_{акт}$ и величин) логарифма предэкспоненциального фактора $\ln PZ_0$ уравнении Аррениуса:

$$\ln PZ_0 = 10,30 + \ln T + \Delta S/R$$

5)

Таблица 2

Основные характеристики кинетики сорбции

Сорбаты	Константы скоростей сорбции, К			lnPZ0	Еакт, кДж/моль	ΔS, Дж/моль К
	K278	K298	K315			
Цинк	0,01	0,031	0,056	9,5	33,34	-52,43
Кадмий	0,01	0,04	0,13	9,8	28,35	-50,81
Железо	0,05	0,10	0,17	7,9	49,53	-66,25
Медь	0,03	0,06	0,08	10,3	31,024	-46,74
Марганец	0,03	0,08	0,13	16,1	41,83	0,41
Молибден	0,01	0,05	0,06	15,6	41,82	-3,66
Свинец	0,03	0,05	0,11	7,3	42,76	71,13
Бензол	0,01	0,02	0,04	2,9	14,29	106,20
Мазут	0,12	0,05	0,03	12,5	22,84	-231,30
Фенол	0,02	0,04	0,06	7,7	24,14	67,80

Изучение кинетики адсорбции дает возможность судить о времени, при котором практически все сорбируемое вещество будет поглощено сорбентом. Вначале процесс сорбции идет быстро: за 20...40 сек 50-52% сорбата проходит загрузку. За 2...8 мин в воде практически не остается сорбата, он весь переходит на загрузку [9, 10].

Таким образом получен новый сорбционно-фильтрующий материал на основе опок Астраханской области. Данную фильтрующую загрузку можно применять в различных технологических установках на предприятиях для получения оборотной воды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Москвичева Е.В., Сидякин П.А., Щитов Д.В. Очистка сточных вод от эмульгированных нефтепродуктов // Международное научное издание Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2016. № 1 (20). – С. 41-46.

2. Москвичева Е.В., Сидякин П.А., Щитов Д.В. К вопросу об очистке сточных вод от эмульгированных нефтепродуктов // Международное научное издание Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2016. № 1 (20). – С. 47-54.

3. Москвичева Е.В., Москвичева А.В., Игнаткина Д.О. Кинетическая модель флотации с использованием смешанного реагента на основе отхода производства // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. № 40 (59). – С. 45-57.

4. Москвичева Е.В., Сидякин П.А., Щитов Д.В. Переработка отходов производства во вторичное сырье как одно из условий обеспечения промышленной безопасности на предприятии // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. № 4 (8). – С. 204-211.

5. Андреев А.Н., Черкесов А.К., Войтюк А.А. Эколого-экономическая оценка технологии хромирования из электролита с органической добавкой // Современная наука и инновации. 2014. № 4 (8). – С. 84-89.

6. Доскина Э.П. Сахарова А.А. Кузьмина Т.А. Исследование процесса седиментации взвеси промывных под водопроводными станциями // Инженерно-строительный вестник Прикаспия 2014. № 1 (7). – С. 84-89.

7. Москвичева И.В. Москвичева А.В. Сидякин П.А. Повышение коррозионно-механической стойкости металлических поверхностей оборудования // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. № 40 (59). – С. 45-57.

8. Доскина Э.П. Москвичева А.В., Игнаткина Д.В. Разработка ресурсосберегающей технологической схемы очистки сточных вод предприятий машиностроения // Современная наука и инновации 2014 № 4 (8). – С. 78-81.

9. Доскина Д.П. Юрьев Ю.Ю. Игнаткина Д.О. Совершенствование очистки воды от ПАВ для оборотного водоснабжения (на примере плавательного бассейна) // Инженерный вестник Дона 2015. Т.33. № 1-1. – С. 78-83.

10. Сидякин П.А. Ибрагимова З.К., Кузьмина Т.А. Разработка метода очистки природных и сточных вод курортного региона кавказского модифицированным природным минералом // Международное точное издание Современные фундаментальные и прикладные исследования 2015 № 4 (19). – С. 54-59.

**Бочарников А. Л., студент,
Сумской Д. А., канд. техн. наук, ст. преп.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Загороднюк Л. Х.**

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

СОЗДАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С УЧЕТОМ ЗАКОНА СРОДСТВА СТРУКТУР

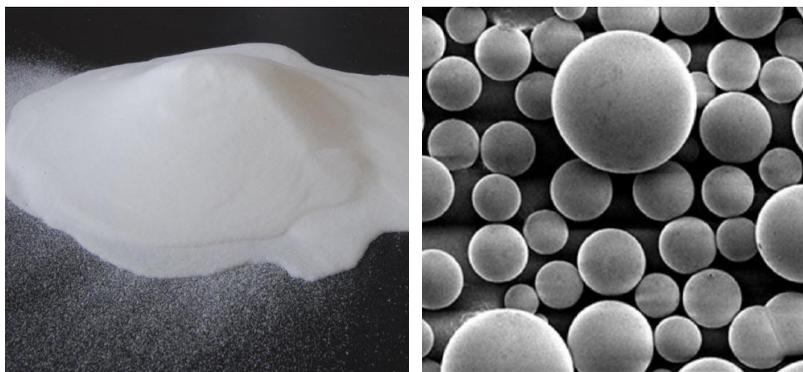
Проблема контактного взаимодействия между материнским основанием и отделочным теплоизоляционным покрытием, обусловлена несоответствием химического средства применяемых материалов, а также их генетической особенностью, что в свою очередь влияет на структурное взаимодействие, а также долговечность эксплуатируемых зданий и сооружений. Поэтому необходимо создать прочный, надежный промежуточный слой, скрепляющий различные материалы, обеспечивающий защитное покрытие и долговечность конструкции в целом.

Одним из решения вышеуказанной проблемы становится применение изложенного закона «Закона сродства структур в материаловедении» [1, 2], описывающий внутренние существующие связи, обеспечивающие необходимые условия для надежной функциональной работы материалов, изделий и конструкций.

Примером такого взаимодействия может служить использование полых стеклянных микросфер в качестве теплоизоляционного материала в составе цементного композита.

Стеклянные микросферы (рис. 1) представляют собой полые стеклянные сферы (далее – МС), диаметром от 10 до 200 мкм и изготавливаются из стекла, керамики, углерода или пластика в зависимости от типа применения. Получаемые сферы образуются при добавлении в стеклянный порошок пенообразователь, который в свою очередь под действием высоких температур разлагается. После чего МС закаляются в струе воды [3].

МС имеют широкий спектр применения в области теплоизоляции благодаря своим выдающимся характеристикам, таким как высокая прочность на сжатие, низкая плотность, низкий уровень водопоглощения, низкая скорость теплопроводности и высокая химическая стойкость. МС помогают нам снизить потребление энергии во время эксплуатации зданий и сооружений.



a)
Рис. 1. Полые стеклянные микросферы:
а – сыпучее состояние; *б* – под увеличением

Сочетании с цементным тестом придаст полученному композиционному составу некоторое преимущество перед другими теплоизоляционными материалами. Они могут помочь заполнить многие пустоты, оставшиеся в процессе отверждения цемента, а также хорошо распределиться в цементной матрице в виде отдельных частиц без каких-либо агломераций.

Стеклянные сферы эффективно ограничивают количество пор, из которого может испаряться влага, что ограничивает усадку цемента. МС – также обеспечивает снижение плотности без потери прочности цементных систем. Эти микросферы имеют максимальное рабочее давление (изостатическую прочность на раздавливание) и постоянную распределение частиц по размерам, что целесообразно при использовании в качестве легкого теплоизоляционного наполнителя.

Также учитывая тот факт, при котором неконтролируемые тепловые потери через тепловые мосты, на долю которых приходится большая часть дополнительной энергетической нагрузки, приводит к значительным изменениям теплового сопротивления [4]. По конструктивным характеристикам к таким тепловым мостам относятся (W-C), стена-крыша (W-R), стена-окно (W-W), стена-наружные двери (W-D), стена-перегородка (W-P), стена-пол (W-F), крыша-перегородка (R-P), стена-балкон (W-B) показанные на рис. 2. Отсюда следует вывод о необходимости изучения контактного взаимодействия частиц на макро-, микро- и наноструктур уровне.

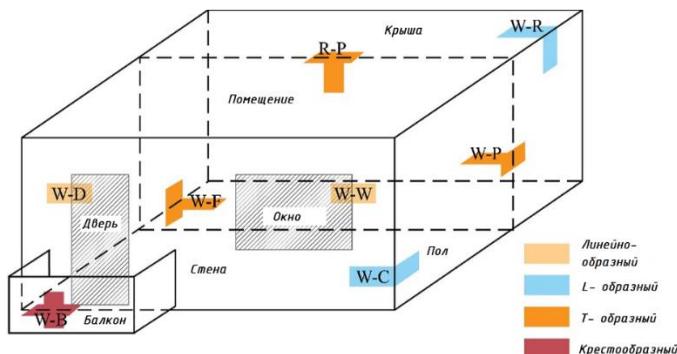


Рис. 2. Тепловые мосты в здании

Учитывая, что теплоизоляционные характеристики основного сечения ограждающих конструкций здания улучшаются за счет оптимизации толщины теплоизоляционного слоя и применения теплоизоляционных материалов с низкой теплопроводностью, снижающий не только затраты на обогрев помещений, но и общую массу несущего остова зданий и сооружений, что дает основу для создания материалов не только с учетом закона сродства структур, а также с учетом математического планирования [5].

Таким образом обобщая вышеизложенный материал можно сказать, что применение материалов с низкой теплопроводностью и низкой плотностью, совместно с изучением контактных слоев с заранее заданной структурой, станут основой для создания энергоэффективных зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик, В. С. Закон сродства структур в материаловедении / В. С. Лесовик, Л. Х. Загороднюк, И. Л. Чулкова // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 3-2. – С. 267-271.
2. Загороднюк, Л. Х. Теплоизоляционные растворы пониженной плотности / Л. Х. Загороднюк, В. С. Лесовик, Д. А. Сумской // *Строительные материалы и изделия*. – 2018. – Т. 1. – № 1. – С. 40-50.
3. Нанометр: Пористые стеклянные микросферы [Электронный ресурс] URL: http://www.nanometer.ru/2008/06/14/glass_53225.html (дата обращения 25.01.2023).
4. Чжао К. и др. Способ снижения теплотерь от тепловых мостов в жилых домах с внутренним утеплением в жарком летнем и холодном зимнем поясах Китая // *Journal of Building Engineering*. – 2022. – С. 105421.

5. Лесниченко Е.Н., Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю., Коваленко Е.В., Бочарников А.Л. Разработка многокомпонентного гипсцементного вяжущего с применением метода математического планирования эксперимента // Строительные материалы и изделия. 2022. Том 5. № 2. С. 5 – 12.

Домасевич Р.В., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Крючков А.А.

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

КРУПНОПАНЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ С ПЕТЛЕВЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ КОНСТРУКЦИЙ

В крупнопанельных домах, по конструктивной схеме относящихся к бескаркасным зданиям, нагрузки от вышележащих конструкций воспринимают стены. Для обеспечения совместной работы конструкций устраивают вертикальные и горизонтальные связи. Связи выполняются в виде швов, воспринимающих усилия от нагрузок, действующих на здание, защищающих элементы конструкции от агрессивных воздействий окружающей среды, а также обеспечивающих заданные параметры микроклимата.

Основными требованиями, предъявляемыми к данному стыку, являются:

- прочность;
- долговечность;
- водонепроницаемость;
- высокая теплоизоляция;
- простота изготовления.

Существуют следующие способы соединения связей сборных конструкций:

- сваркой закладных деталей;
- замоноличиванием бетоном арматурных петлевых выпусков, бессварное соединение;
- болтовыми соединениями.

В нашей стране наибольшую популярность получили сварные соединения крупнопанельных конструкций. Сварные стыки арматуры трудоемки и не всегда достаточно надежны, в связи с возникновением сварочных напряжений арматуры, трудностью обеспечения надлежащего контроля качества сварки, а также в связи с появлением

усталостных явлений. А в процессе эксплуатации все это усугубляется недостаточной антикоррозионной стойкостью, что приводит к снижению прочности соединения [1].

Наиболее эффективными эксплуатационными качествами обладают соединения, в основе которых используются петлевые выпуски, располагаемые по торцам панелей при их формировании. При производстве монтажа стен через петли смежных панелей пропускается продольная арматура, после чего стык замоноличивается. Данный вид стыка обеспечивает большую надежность соединения рабочей арматуры, поскольку не предполагает проведения сварочных работ, что позволяет увеличить усталостную прочность и антикоррозионную стойкость петлевого стыка [2].

Сдерживающим фактором применения петлевого стыка (рис. 1) при строительстве крупнопанельных домов является отсутствие методики расчета и конструктивных требований в нормативных документах. Стоит особо тщательно задаться вопросом о возможности применения петлевых соединений крупнопанельных конструкций для сейсмических зон с учетом требований отечественных норм и современной практики проектирования крупнопанельных зданий. Это даст возможность выбора подходящего стыка по надежности и трудоемкости, что в конечном итоге положительно скажется на объекте строительства. При применении бессварных стыков исключается возможность возникновения недостаточного качества сварных соединений, «человеческого фактора» при контроле этих соединений и недостаточной антикоррозионной защиты. Отсутствие этих факторов в петлевом соединении обеспечивает повышение надежности и долговечности стыка, а значит беспроблемную эксплуатацию данного узла [3, 4].

При производстве наружных и внутренних стеновых панелей с петлевыми связями во время изготовления вдоль ребер плиты предусматриваются петлевые выпуски, которые могут выполняться из заанкеренной обычной арматуры в бетонной панели, или из закладных «коробочек» с петлями из канатной и тросовой арматуры.

Конструкция соединения на основе петлевых связей дает возможность выполнять вертикальные стыки на всю высоту здания. При устройстве вертикального стыка после установки панелей в проектное положение сквозь петлевые выпуски пропускается продольная арматура, после чего шов замоноличивается тяжелым бетоном класса В20-В40. Диаметр арматуры петлевых выпусков, количество петель и диаметр вертикальных стержней необходимо определять по расчету от действующих усилий растяжения, сжатия или сдвига, а также по условию обеспечения устойчивости здания при

прогрессирующем обрушении. При конструировании рационально совмещать функции петлевых выпусков при монтаже конструкций и эксплуатации зданий. На основании опыта эксплуатации крупнопанельных домов с учетом возможности прогрессирующего обрушения и других чрезвычайных ситуаций должны предусматриваться следующие виды связей между несущими элементами:

– горизонтальные связи, препятствуют деформациям сдвига и растяжения, между внутренними стенами, внутренними и наружными стенами, плитами перекрытия;

– вертикальные связи, препятствующие деформациям растяжения, между несущими элементами в горизонтальных стыках стеновых панелей [5].

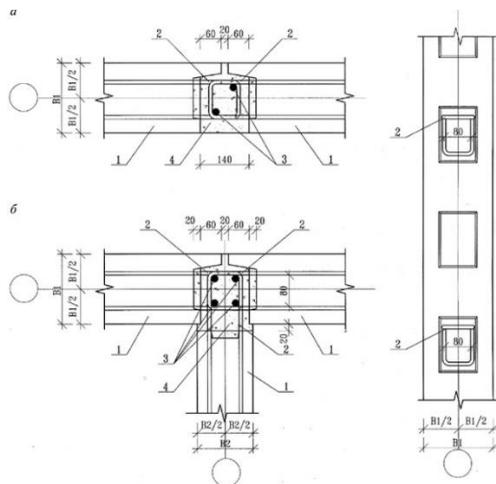


Рис. 1. Узел стыка внутренних панелей с петлевыми выпусками из обычной арматуры: *а* – из двух элементов; *б* – из трех элементов; 1 – стеновая панель; 2 – арматурный петлевой выпуск; 3 – арматурные стержни (по расчету); 4 – мелкозернистый бетон класса В20–В40

В случае возникновения чрезвычайной ситуации, произошедшей в следствии локального разрушения одного из сборных стеновых элементов, петлевые соединения в вертикальных стыках испытывают сложное напряженно-деформированное состояние: в арматурных петлевых выпусках возникают растягивающие напряжения при отрыве и усилия срезов. В стыке панелей на основе тросовых петель (рис. 2) и мелкозернистый бетон класса В20-В40 совместно воспринимают усилия среза. Ограничивающим фактором в использовании тросовых петель является возможность появления усилий растяжения.

Возможным решением возникающей проблемы является увеличение диаметра тросовой арматуры совместно с увеличением глубины анкеровки. Но чаще в такой ситуации проблема может быть решена замены тросовых петель на петлевые выпуски из обычной арматуры [6].

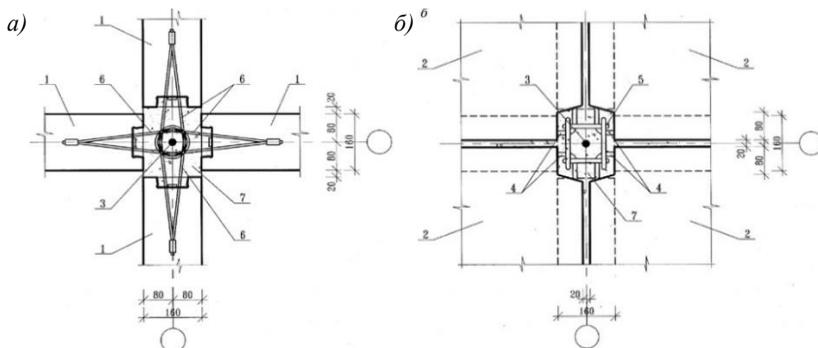


Рис. 2. Узел стыка внутренних панелей с тросовыми петлями: *а* – выше уровня плит перекрытий; *б* – в уровне плит перекрытий; 1 – стенная панель; 2 – плита перекрытия; 3 – продольная арматура $\text{Ø}14\text{--}20$ A500 (по расчету); 4 – арматурный выпуск $\text{Ø}14$ A240 из плиты перекрытия; 5 – каркас; 6 – петли из стального каната; 7 – мелкозернистый бетон класса В20–В40

Использование петлевых стыков позволит отказаться от применения сварного метода соединения элементов, который имеет ряд недостатков, связанных с: недостаточным качеством сварных соединений, выполненных на стройплощадке; присутствием «человеческого фактора» при контроле этих соединений; ухудшением антикоррозионной защиты; и со снижением усталостной долговечности. Применение петлевых стыков позволит увеличить долговечность и надежность узла, необходимость которых критически важна при возникновении аварийной ситуации. При этом особое внимание следует обращать на возникающие усилия растяжения в горизонтальных связях, которые могут ограничивать область применения тросовых петель из-за их малой прочности при данном воздействии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Донченко О.М., Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Логачев К.И. Универсальная аналитическая зависимость деформативно-прочностных свойств арматурных сталей при силовом растяжении // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. №8. С.27-34.

2. Киреева Э.И. Крупнопанельные здания с петлевыми соединениями конструкций // Жилищное строительство. 2013. №9. С. 47-50.

3. Кашкаров К.П. Стыки конструктивных элементов крупнопанельных зданий. – М.: Стройиздат, 1975. 160 с.

4. Грязнов М.В., Попова М.В., Власов А.В., Римшин В.И., Марков С.В., Синютин А.В. Основные проблемы эксплуатации крупнопанельных зданий и пути их решения// Естественные и технические науки. 2014. С. 355-357.

5. Блажко В.П. Тенденции в развитии конструктивных систем панельного домостроения // Жилищное строительство. 2012. №4. С.43-46.

6. Бахритдинов С.Ш. Совместная работа внутренних и наружных стен крупнопанельных зданий повышенной этажности: автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 1986. 23 с.

**Капустин Д.А., студент,
Сидорова А.А., студент**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Хахалева Е.Н.**

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

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ИХ РЕШЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В настоящее время одним из основных способов возведения зданий в Арктической зоне является полносборное домостроение – каркасно-панельные и бескаркасные здания (рис. 1). При традиционной технологии строительства таких зданий чаще всего используются смешанные стыки, подразумевающие сварку стыков. В условиях низких температур Крайнего Севера твердение бетона замедляется, а при температуре ниже 5 °С процесс твердения бетона прекращается без дополнительных мер. Современные технологии зимнего бетонирования: электрообогрев, паровой обогрев, противоморозные добавки, метод «термос» – позволяют проводить процесс бетонирования при достаточно низких температурах, но неэффективны при температуре ниже 25 °С. Кроме того, эти способы предполагают дополнительные затраты материальных и трудовых ресурсов.

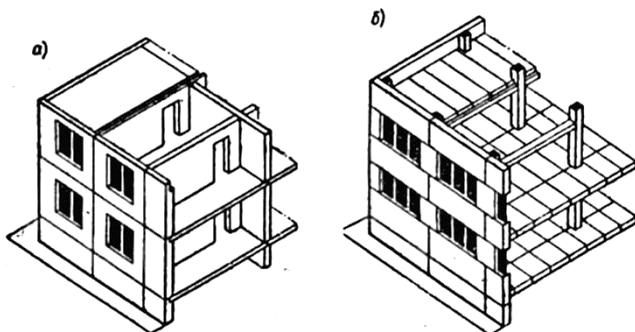


Рис. 1. Пространственно-конструктивные решения крупнопанельных зданий:
а – бескаркасные; *б* – каркасные

Низкие температуры также отрицательно сказываются на процессе сварки. При снижении температуры увеличивается скорость охлаждения и кристаллизации металла сварочной поверхности, что увеличивает насыщение металла газовыми и шлаковыми включениями. Также при понижении температуры сталь становится все более чувствительной к концентраторам напряжений, что в условиях отрицательных температур может привести к образованию трещин.

Помимо возможного ухудшения сцепления элементов, большой проблемой является своевременное обеспечение строительных площадок строительными материалами и качественным цементом, в частности, из-за бездорожья, сложности сохранения качества смеси при транспортировке и большие расстояния между складами и объектами строительства.

В настоящее время в строительстве все чаще используются быстровозводимые модульные здания на основе объемных блоков. в арктических зонах этот метод построения имеет много преимуществ, но обладает низкой гибкостью архитектурно-планировочных решений. Кроме того, блоки «всё в одном» занимают много места при транспортировке [1].

Учитывая вышесказанное, напрашивается практически важный вывод о необходимости разработки новых эффективных технологических решений, внедрение которых позволит улучшить технологические процессы строительства и технологические параметры, такие, как продолжительность, трудоемкость, материалоемкость, себестоимость при строительстве зданий [2]. В том числе устройство стыков каркасно-панельных и бескаркасных зданий.

На данный момент находится в стадии разработки и опытных испытаний система панельно-каркасных и бескаркасных зданий с

опиранием плит перекрытий на стеновые панели по внешнему контуру и стойки по внутренним рядам путем соединения стеновых панелей при возведении здания на рис. 2. Использование болтового соединения во всех узлах позволяет исключить сварку и монолитные процессы при монтаже [3].

При расчете трудоемкости работ по возведению панельных зданий по предлагаемой системе сопряжения железобетонных конструкций были исключены процессы заделки швов, электросварки, антикоррозионного покрытия сварных швов, а также менее трудоемкие процессы мойки, а установка и затяжка болтов были добавлены в число работ.

Отсутствие монолитных процессов снижает сроки и трудоемкость строительства, а также не требует дополнительных мероприятий и оборудования для бетонирования и сварки при низких температурах. Соединение элементов высокой заводской готовности с помощью болтов повышает точность монтажа и снижает вероятность брака.

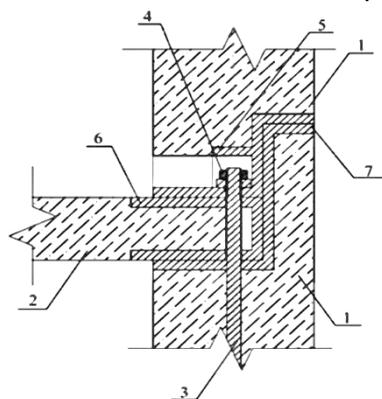


Рис. 2. Примыкание стеновых панелей и плит перекрытий: 1 – железобетонная стеновая панель; 2 – плита перекрытия; 3 – анкерный выпуск стеновой панели; 4 – гайка; 5 – стеновой башмак; 6 – несъемная металлическая опалубка плит перекрытий; 7 – несъемная металлическая опалубка стеновой панели

Для утепления наружного ограждения наиболее предпочтителен вариант с вентилируемым фасадом, что обусловлено закрытостью швов панелей и отсутствием мокрых процессов, что немаловажно при реализации предлагаемой технологии в арктической зоне. При переносе или сворачивании производственных мощностей на Крайний Север многие здания остаются пустыми. В предлагаемой системе элементы можно демонтировать без повреждений и использовать повторно, что предотвращает образование пустых домов, уменьшает количество

производственных отходов и снижает затраты на материалы и транспортировку.

Использование внутренней каркасной схемы обеспечивает возможность свободной трансформации внутренней среды без вмешательства в несущую схему. По сравнению с объемно-блочными системами элементы предлагаемой системы легче транспортировать и занимают гораздо меньше места. Помимо прочего, в ряде случаев при монтаже элементов сухой пространственно-конструктивной системы дополнительно вспомогательное оборудование не требуется [4].

Внедрение в практику строительства предлагаемых инновационных технологических решений по совмещению элементов полной заводской готовности крупнопанельных зданий Арктической зоны и Крайнего Севера позволяет решить многие проблемы, возникающие в процессе строительства зданий в таких экстремальных условиях. Легкость монтажа и демонтажа разработанной системы хорошо подходит для возведения средне- и малоэтажных жилых, производственных, общественных, коммерческих зданий, а также для временных сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гончарова Н.А. Привлечение инновационных технологий в области малоэтажного строительства / Н. А. Гончарова, Е.А. Сладкова, В.Д. Вялых // Труды Братского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2014. Т. 1. С. 48-50.

2. Федулов, Д.В., Гуляева И.Г., Голиков В.Н. Проблемы ценообразования в строительстве // Вестник Уральского института экономики, управления и права. N 1 (38). 2017. С. 9–12.

3. Соломатов В. И. Каркасная технология для изготовления эффективных строительных материалов и изделий / В. И. Соломатов, В. Т. Ерофеев // БСТ, 1999. N 10. С. 12-14.

4. Юдина А.А., Белозеров П.В., Демичев Я.А. Инновационные решения для соединения элементов готовых крупнопанельных домов // Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. 2021. N1. С. 748-754.

5. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М., Хахалева Е.Н., Толыпин Д.А. Оптимизация процесса выбора типа цемента для изделий, эксплуатирующихся в агрессивных средах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. N 3. С. 18-23.

Кондакова А.В., магистрант

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

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

К ВОПРОСУ О НЕДОСТАТКАХ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ В СОСТАВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

В настоящее время многие исследователи активно занимаются вопросом применения железобетона с добавлением резиновой крошки. Целью данной статьи является проведение всестороннего анализа литературы, чтобы обобщить опыт применения резиновой крошки в бетоне за последние несколько лет. Определенные пробелы в исследованиях мешают получить целостную картину как механических свойств, так и воздействия резиновой крошки в составе железобетона на окружающую среду, чтобы противостоять стереотипам, которые препятствуют использованию крошки в бетонах в строительной отрасли. В настоящее время можно выделить четыре основных препятствия для успешного применения крошки в составе бетонов. Во-первых, это стоимость переработки резиновых покрышек для получения необходимого гранулята; во-вторых, снижение механических свойств железобетонных конструкций; в-третьих, недостаточные исследования критериев выщелачивания и экотоксикологических рисков; и, наконец, в-четвертых, вопросы пригодности таких бетонов для вторичной переработки [1, 2].

Ряд исследователей ссылались на снижение механических свойств прорезиненного бетона. В некоторых исследованиях сообщалось о факторах, влияющих на потерю прочности из-за замены мелких заполнителей цементом. Элдин и Сенуси впервые обнаружили значительное снижение прочности железобетона с помощью экспериментов. Когда резиновые заполнители полностью заменили мелкие заполнители, прочность бетона на сжатие и растяжение снизилась на 65% и 50% соответственно. Кроме того, при одинаковом содержании частиц каучука в мелком заполнителе было обнаружено, что скорость разрушения высокопрочного бетона выше, чем у бетона низкой прочности. Тип резины оказывает лишь незначительное влияние на механические свойства материала, когда резиновые заполнители заменяют мелкие заполнители. Эти результаты показали, что бетон, содержащий каучук с мелкой фракцией, имеет более низкую прочность на сжатие, чем бетон, содержащий каучук с крупной фракцией. Из-за своего низкого модуля упругости кусок резинового заполнителя действует как «большая пора» и не играет существенной роли в сопротивлении внешним нагрузкам. Таким образом, прочность бетона на сжатие и растяжение, содержащего частицы

резины, зависит от объема резинового заполнителя (мелких и крупных пор) в бетонной массе. Однако Бигноцци и Су сделали вывод, что железобетон с меньшим размером частиц резиновой крошки обладает более высокой прочностью на сжатие, чем такой же материал с большим размером частиц резины. В целом, коэффициент замещения заполнителей в резиновом бетоне не должен превышать 20% от общего объема заполнителей. Хассанли и др. при изучении поведения прорезиненного бетона на уровне конструктивного применения пришли к выводу, что при увеличении содержания каучука с 0% до 18% с последующим снижением прочности на сжатие на 31% в бетонных балках снижение прочности составило всего 6% и 12% в испытанных элементах балки и колонны соответственно. Валадарес и де Брито пришли к выводу, что во избежание серьезного ухудшения механических свойств конструкционного бетона использование резиновых крупнозернистых заполнителей следует ограничить до процентного содержания около 5% от общего объема заполнителей. Однако, чтобы свести к минимуму эти негативные воздействия, следует выбирать более грубые резиновые наполнители, поскольку они однозначно приводят к более благоприятным эксплуатационным характеристикам с дополнительным преимуществом в виде удешевления производства [3-6].

Как упоминалось выше, прочность на сжатие обычно снижается с увеличением содержания резины в прорезиненном бетоне из-за увеличения воздушных пустот и плохой адгезии. Прочность на изгиб обычно снижается с увеличением процентного содержания каучука в бетоне. Прочность бетона на изгиб была снижена до 18% при замене песка на 10% резиновой крошкой и достигла 32% при замене 50%. Она уменьшилась на 9% и 19%, когда в качестве частичной замены крупного заполнителя добавляли 10% и 15% каучука. Влияние резины в бетоне на прочность при растяжении аналогично поведению прочности при изгибе, т.е. она уменьшается для прорезиненного бетона с увеличением содержания резины из-за роста пустот и плохой адгезии. По мере увеличения содержания каучука прочность на растяжение снижалась, но увеличивалась деформация при растяжении. Модуль упругости для прорезиненного бетона с увеличением процентного содержания каучука также уменьшается. Добавление резиновой крошки от 5% до 25% в качестве частичной замены мелкого заполнителя снизило модуль упругости бетона на 2,44% до 31,74%. Так, железобетон с частицами резины и обычный бетон имеют небольшую разницу в ключевых механических свойствах, влияющих на несущую способность, таких как свойства при многоосевом сжатии, отношение прочности на растяжение к прочности на сжатие. Это в конечном счете приводит к одной и той же несущей способности обоих материалов, когда их прочность на сжатие одинакова.

Железобетон с резиновой крошкой не получил широкого распространения в промышленности в основном из-за его низкой прочности на сжатие, однако его структурные свойства все еще относительно не изучены. Использование шинной резины в бетоне сталкивается с проблемой отсутствия термической обработки, что крайне важно для обеспечения хорошей адгезии между частицами каучука и другими материалами. Другая проблема для такого использования заключается в потенциальном несоответствии жесткости между относительно мягкой вязкоупругой резиной и относительно жесткой эластичной матрицей на основе цемента.

Помимо этого, многими исследователями была рассмотрена проблема поверхностного сцепления между частицами резины и цементной матрицей. Халу отметил, что пониженная жесткость резины по отношению к другим материалам вносит незначительный вклад в общую прочность. Следовательно, резиновые частицы создают высокие напряжения на своей периферии, что приводит к растрескиванию, которое при широком распространении вызывает преждевременный разрыв экспериментальных образцов. Топчу объяснил это явление, основываясь на высоких растягивающих напряжениях в направлении, перпендикулярном нагрузке. Следовательно, снижению прочности на сжатие прорезиненного бетона в основном способствует разница в модуле упругости между резиной и цементной матрицей и недостаточное сцепление между ними. Модуль упругости стандартного бетона составляет около $2,0-3,0 \times 10^4$ МПа. Это примерно в 30 000 раз превышает модуль упругости бетона с каучуком, который составляет около 0,5–2,0 МПа. При внешней нагрузке деформация резиновых заполнителей намного больше, чем у цементной смеси. Сцепление между ними настолько слабое, что резиновые заполнители отделяются от цемента. Обработка NaOH, например, может удалить пыль с поверхности резины и улучшить гидрофильность поверхности, что приводит к более плотной зоне межфазного перехода по сравнению с бетоном с готовым заполнителем. Если улучшить сцепление любым подходящим и экономичным способом, то негативное влияние резины на прочностные свойства обычного бетона может быть уменьшено, следовательно, станет возможным эффективное использование прорезиненного бетона в многочисленных бетонных конструкциях строительной промышленности. Но в данном случае большую роль играет экономическая сторона вопроса, поскольку многие производители стремятся к количеству производимой продукции и не заинтересованы в дорогостоящих нововведениях [7-8].

С целью улучшить свойства железобетон и снизить влияние добавки резиновой крошки в его состав, в работе [] подробно было изучено использование дополнительных вяжущих материалов. Было установлено, что дым кремнезема, летучая зола и метакраолин могут незначительно

улучшить механические свойства. Гунейиси в своих работах полагает, что дым кремнезема в основном способствует сцеплению между каучуковыми агрегатами и связующим из-за малого размера частиц резины. Азеведо в рамках своих исследований пришел к выводу, что бетонная смесь, содержащая 15% золы-уноса + 15% метакаолина, продемонстрировала снижение прочности при сжатии на 23% по сравнению с контрольными образцами. Ону-агулучи и Панесар указали на четкую корреляцию в минимизации потери прочности бетона и стойкости к проникновению хлоридов, когда дым кремнезема использовался в качестве связующего в сочетании с содержанием каучука. Такие бетонные смеси были бы в высшей степени пригодны для изготовления конструкций, предназначенных для работы в водной среде, которые более подвержены ускоренному разрушению из-за вызывающих коррозию хлоридов. Кроме того, наблюдалось увеличение стойкости к истиранию и прочности на сжатие прорезиненного бетона с добавлением диоксида кремния [9-11].

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что применение резиновой крошки в составе железобетона, безусловно, имеет свои преимущества, и в целом строительная отрасль не может их игнорировать. Каучук может быть применен, например, в качестве альтернативного материала для замены природных заполнителей. Однако, в связи с недостаточностью исследований, а также слабой заинтересованности производителей в применении таких материалов, сложно говорить о перспективах и дальнейшем развитии железобетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меркулов С.И. Живучесть железобетонных конструкций и конструктивных систем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №3. С. 58-61.
2. Каради А.А. Основные физико-механические свойства железобетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №5. С. 39-42.
3. Eldin N.N., Senouci A.B. Rubber-tire particles as concrete aggregate // Waste Management. 2014. Vol. 13. Pp. 1173-1184.
4. Bignozzi M.C., Sandrolini F. Tyre rubber waste recycling in self-compacting concrete // Journal of Materials in Civil Engineering. 2006. Vol. 36. Pp. 735-739.
5. Hassanli R., Mills J.E. Mechanical performance of FRP-confined and unconfined crumb rubber concrete containing high rubber content // Journal of Building Materials. 2017. Vol. 11. Pp. 115-126.
6. Valadares F., Bravo M., de Brito J. Concrete with used tire rubber aggregates: Mechanical performance // Cement and Concrete Research. 2012. Vol. 109. Pp. 283-292.
7. Khaloo A.R., Dehestani M., Rahmatabadi P. Mechanical properties of concrete containing a high volume of tire-rubber particles // Waste Management. 2018. Vol. 28. Pp. 2472-2482.

8. Topcu I.B. Assessment of the brittleness index of rubberized concretes // Journal of Building Materials. 2020. Vol. 27. Pp. 177-183.

9. Guneyisi E., Gesoglu M. Permeability properties of self-compacting rubberized concretes // Journal of Materials in Civil Engineering. 2009. Vol. 31. Pp. 403-407.

10. Azevedo F., Pacheco-Torgal F., Jesus C., Barroso de Aguiar J.L., Camoes A.F. Properties and durability of HPC with type rubber wastes // Waste Management. 2012. Vol. 34. Pp. 186-191.

11. Onuaguluchi O., Panesar D.K. Hardened properties of concrete mixtures containing pre-coated crumb rubber and silica fume // Journal of Cleaner Production. 2014. Vol. 82. Pp. 125-131.

Кондакова А.В., магистрант

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

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА С ДОБАВЛЕНИЕМ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ

В современном мире все большее внимание уделяется развитию строительства. В особенности это касается ускорения процесса возведения зданий и сооружений, улучшению качества строительных конструкций, сокращению стоимости и трудоемкости строительства. Но также не оставляют без внимания и экологическую сторону вопроса, поскольку в настоящее время существует огромное количество техногенных отходов, которые загрязняют окружающую среду. Так, ряд исследователей задался вопросом объединения двух проблем – сокращения уровня отходов и повышения качества строительных конструкций.

Согласно исследованиям, ежегодно в мире производится один миллиард шин, 355 миллионов из которых приходится на страны Европы. Большинство из них выбрасывается на свалку, и только около 5% используется для гражданского строительства. Однако, учитывая огромные потребности строительных материалов в строительстве, применение резиновой крошки в качестве переработанного органического компонента в бетоне может эффективно снизить нагрузку на окружающую среду и потенциально снизить потребление первичных материалов при одновременном сокращении свалок. Использование переработанных покрышек в качестве заполнителей для железобетона

(крупных и мелкодисперсных гранулятов) в строительной промышленности интенсивно изучается в нескольких странах. Однако в большей мере изучению этого вопроса внимание уделяется за рубежом. Именно поэтому актуальным остается вопрос о перспективах применения такого материала в строительной отрасли в современной России [1].

Если говорить о применении резиновой крошки в дальнейшем, то она может быть использована, например, в качестве альтернативного материала для замены природных заполнителей, а сам бетон в будущем может служить в качестве вторичных бетонных заполнителей. Определенное разнообразие для применения резиновой крошки может быть введено более эффективным способом, когда обработка поверхности и оптимизация бетонной смеси должным образом разработаны для каждого типа конструкций и разных условий дальнейшей эксплуатации. Роль такого материала не должна ограничиваться элементами, которые меньше всего зависят от прочности.

Прорезиненный бетон обладает преимуществами низкой плотности, хорошего звукопоглощения, кислотостойкости, стойкости к замораживанию-оттаиванию и к проницаемости хлоридов, повышенной демпфирующей способности, прочности при изгибе и ударной вязкости. Эти преимущества делают резиновый бетон привлекательным для таких областей применения, как легкий бетон, несущие бетонные стены, шумозащитный экран, улучшенная теплоизоляция полов в зданиях, дорожные покрытия, полотна железнодорожных путей, усиление колонн для сейсмостойких конструкций, прорезиненные бетонные балки с высокой ударопрочностью, стальные трубы, заполненные прорезиненным бетоном. Эти положительные характеристики могут быть полезны для достижения больших экологических и экономических выгод [2-3].

Что касается механических свойств бетонов, то первые исследования были проведены ещё в 1992-м году. В то время было заявлено, что прорезиненные бетоны не демонстрируют хрупкого разрушения и обладают способностью поглощать большое количество пластической энергии при нагрузках на сжатие и растяжение, улучшать поглощение ударной волны, обеспечивать устойчивость к растрескиванию, быть огнестойким, снижать теплопроводность и улучшать акустическую среду (например, шумоподавляющие барьеры), что является преимуществом при применении в конструкциях, подверженных динамическим и ударным нагрузкам, а также в неструктурных элементах.

Если рассматривать возможность применения железобетонных конструкций с резиновой крошкой со стороны действия циклов

замораживания – оттаивания, что является основной причиной и растрескивания бетона и старения бетонных конструкций, то добавление каучука может эффективно повысить стойкость бетона. Например, ряд исследований показал, что экспериментальные образцы с добавлением резины демонстрировали минимальные внутренние и поверхностные повреждения на протяжении 56 циклов замораживания – оттаивания, в отличие от эталонных образцов, которые демонстрировали разрушения после 28 циклов. Повышение сопротивления обусловлено тем фактом, что пластичная крошка может обеспечить дополнительное пространство для расширения льда и увеличить содержание воздушных пустот. Данный факт позволяет активно применять железобетон с каучуком в более неблагоприятных условиях и при более низких отрицательных температурах [4-6].

Однако, помимо этого, резиновая крошка значительно повышает изоляционные свойства бетона, что позволяет активно использовать его в строительстве жилых зданий. Конкретно это позволяет устраивать конструкции покрытия без использования дополнительных слоев изоляции, что значительно уменьшает сроки строительства и снижает трудоемкость и затраты. Также возможно внедрение добавки резиновой крошки в состав бетона на уже действующие заводы по изготовлению железобетонных конструкций, что будет весьма востребовано в строительной отрасли.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что железобетонные конструкции с добавлением резиновой крошки могут применяться практически повсеместно, однако все упирается в недостаточность исследований этой тематики. Поэтому, несмотря на то что по результатам экспериментальных испытаний были определены лучшие физико – механические характеристики и параметры механики разрушения бетона, главным направлением дальнейших исследований по-прежнему является возможность активного добавления резиновой крошки и внедрение её в массовое производство.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоляго Г.А., Ищук Я.Л., Чередниченко А.П. Усиление изгибаемых железобетонных элементов углеволокном с учетом истории нагружений // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова). Белгород. 2018. С. 120-124.

2. Loderer C., Partl M.N., Poulikakos L.D. Effect of crumb rubber production technology on performance of modified bitumen // Waste Management. 2018. Vol. 28. Pp. 2472-2482.

3. Zheng L., Huo X.S., Yuan Y. Strength, modulus of elasticity, and brittleness index of rubberized concrete // Journal of Materials in Civil Engineering. 2008. Vol. 20. Pp. 692-699.

4. Youssf O., Hassanli R., Mills J.E., Abd Elrahman M. An experimental investigation of the mechanical performance and structural application of LECA-Rubcrete // Journal of Cleaner Production. 2014. Vol. 82. Pp. 125-131.

5. Hernandez-Olivares F., Barluenga G., Bollati M. Static and dynamic behaviour of recycled tire rubber-filled concrete // Cement and Concrete Research. 2012. Vol. 32. Pp. 1587-1596.

6. Xu X., Zhang Z., Hu Y., Wang X. Bearing strength of crumb rubber concrete under partial area loading // Cement and Concrete Research. 2016. Vol. 41. Pp. 1574-1581.

**Лемдяева В.А., студент,
Лемдяева В.А., студент,
Ямпольская Е.Н., студент**

**Научные руководители: канд. филос. наук, доц.
Сальникова О.Н.,
ассистент Губарев С.А.**

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

ИСЧЕРПАЕМОСТЬ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ КАК АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА СТРОИТЕЛЬСТВА

Одним из важнейших элементов национальной экономики государства является минерально-сырьевая база. Запасы минерально-сырьевых ресурсов служат обеспечением деятельности разного рода отраслей народного хозяйства. Полезные ископаемые как природный ресурс активно используются в строительстве. Истощение природных ресурсов является очень серьезной проблемой на современном этапе развития, поскольку скорость потребления ресурсов выше, чем скорость их восстановления.

Как известно, природные ресурсы делятся на возобновляемые и невозобновляемые. Возобновляемые природные ресурсы имеют способность восстанавливаться. Но в то же время, возобновляемые природные ресурсы также находятся под угрозой истощения. Одна из таких проблем - дефицит песка. Песок кажется бесконечным ресурсом, но зернистый материал является одним из самых потребляемых ресурсов на планете и может закончиться. Данное обстоятельство связано с тем, что он используется во многих продуктах. При этом крупнейшим

потребителем песка выступает строительная отрасль. Именно здесь песок используется в производстве кирпича, асфальта, бетона.

Можно вполне определенно утверждать, что песок один из основных ингредиентов, востребованных для современной строительной отрасли. Общество потребителей стремительно истощает его запасы. Сам процесс перепроизводства песка влечет за собой исчезновение таких объектов как пляжи, целые острова, а также загрязняет реки. Согласно данным Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде, песок и гравий представляют собой наиболее добываемые твердые материалы во всем мире. Они сформированы эрозийными процессами в течение тысяч лет, и добываются со скоростью, которая намного превышает их возобновление [1].

Растущие города требуют огромного количества песка для многоквартирных домов, небоскребов и торговых центров. Спрос на песок носит безграничный характер. Так, некоторые виды строительного песка, используемы в Дубае импортируются из Австралии. При этом песок, который используется в подавляющем большинстве изделий, находится на дне рек, озер, океанов и пляжей.

Как природный материал, песок состоит из отдельных зерен, и его свойства зависят от гранулометрического состава и плотности сложения. Чем крупнее зерна и плотнее сложение, тем выше несущая способность песков. Песок из пустыни не подходит для строительства. Как считают современные исследователи, песок из пустыни редко используется в качестве строительного материала, поскольку зернышки слишком круглые из-за ветровой эрозии, поэтому он не склеивается и не дает силы. Для использования необходимо наличие угловых зерен, которые будут удерживать бетон вместе.

Для строительства подходит именно песок из рек и океанов. Но морской песок при этом менее пригодный материал для бетона, нежели речной. Так, его нужно очищать от соли, которая может вызвать коррозию металла в арматуре строительных конструкций. Речной песок стал первоочередным средством добычи. В связи с тем, что пустынный песок практически бесполезен для строительства, многие города, такие как Дубай и Мавритания, которые находятся в пустынях, фактически испытывают нехватку ресурсов. Необходимо подчеркнуть, что в качестве основных причин дефицита выступают недостаточное качество песка и дороговизна его транспортировки до места использования. Добыча песка ведется более быстрыми темпами, чем он восстанавливается (рис. 1). Но форсированная добыча представляет собой неэкологичный процесс. Поэтому, власти таких стран как Индонезии и Малайзии полностью запретили экспорт песка в Сингапур, а власти Вьетнама, Камбоджи и Мьянмы - существенно его ограничили [2].

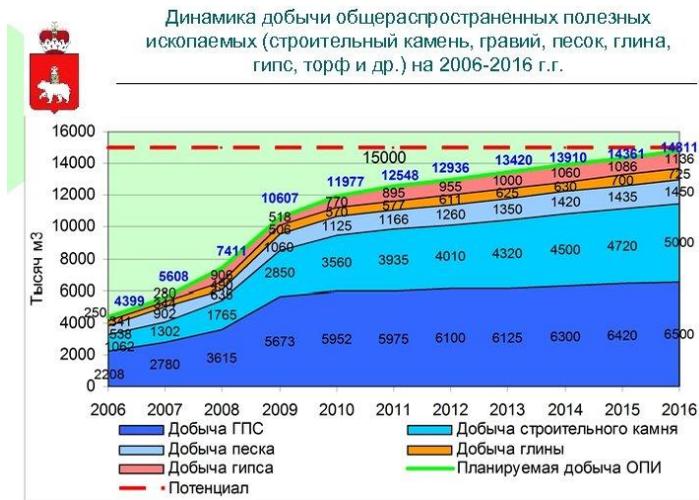


Рис. 1. Добыча полезных ископаемых

Дефицит песка привел к росту его стоимости. Как следствие - вместо песка все активнее используется грунт, в бетон добавляют мелко измельченный камень. Широкое применение получил процесс повторного использования асфальта и бетона. Например, в Великобритании, 28% строительных материалов - переработанное вторсырье. Вместе с тем, стоимость песка растет и все больше опасений вызывает его незаконная добыча. Из-за повышенных темпов урбанизации застройщики во всём мире используют в три раза больше песка, чем им требовалось всего два десятилетия назад. Добыча песка из речных и морских экосистем может привести к усилению эрозии [3]. Кроме того, эти процессы несут пагубное воздействие на окружающую среду, наносят ущерб хозяйству, инженерным сооружениям, инфраструктуре.

В современном мире среди мер по предотвращению истощения ресурсов используется несколько различных подходов. Один из них - разработка технологий, которые позволяют использовать те природные ресурсы, которые ранее считались невыгодными. Примерами могут служить месторождения с низким содержанием минералов или глубокие залежи минералов [4]. Однако такой подход лишь на некоторое время может отсрочить решение проблемы. Так же переход к другим видам ресурсов, которые далеко не исчерпаны, включая использование возобновляемых источников энергии в энергетике. Такой подход создает технические и экономические трудности и оставляет открытой возможность того, что новые источники ресурсов уже будут исчерпаны в

будущем. Попытка восстановления некоторых биологически возобновляемых ресурсов.

Несомненно, различные сферы подразумевают большие выгоды от использования природных ресурсов, однако после их истощения человечество столкнется с проблемами, которые могут привести к их полному исчезновению. Но наиболее эффективным является создание замкнутых технологических циклов, при применении которых в производстве непрерывно используется один и тот же объем природных ресурсов, например, воды. Забирая ее из природного водоема только один раз, и постоянно используя, мы сохраняем практически в неприкосновенности запасы чистой воды.

Замкнутые технологические циклы позволяют решить проблему истощения возобновляемых ресурсов. Многократное использование воды, восстановление лесов на месте промышленной их вырубки, рациональное использование земель, позволяющее поддерживать плодородие почвы неограниченно долгое время, все это интенсивные методы решения проблемы истощения возобновляемых природных ресурсов [5].

Как показал анализ приведенных примеров, в подавляющем большинстве случаев проблема истощаемости природных ресурсов в процессе строительных работ обусловлена недостаточностью степени внимания к мерам по предотвращению истощения ресурсов, недостаточным учетом информации о последствиях проблемы. Поиски путей, способов, направленных на решение проблемы истощения природных ресурсов, продолжает оставаться одной из актуальных и востребованных задач современного общества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руденко А.С., Коркишко А.Н. Организационно-технические решения повышения эффективности разработки карьеров песка в зонах распространения многолетнемерзлых грунтов крайнего Севера // Успехи современного естествознания. 2020. № 1. – С. 38-46.
2. Узаева, А.А. Опыт использования барханных песков в строительстве // Тенденции и перспективы развития современного научного знания: матер. XVI Междунар. науч.-практ. конф., 8-9 октября 2015 г. Москва: Институт стратегических исследований, 2015. С.54-57.
3. Практикум по инженерной геологии: учеб. пособие / С. А. Губарев, Н. Н. Оноприенко, О. Н. Сальникова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. 62 с.
4. Редькин Г.И., Красюкова Е.И., Овчарова Н.В. Классификация горных пород по признакам их строения // Вектор ГеоНаук. 2018 Т.1. №3. С. 23-26.
5. Новоселова И.Ю. Теоретико-практические аспекты истощения природных ресурсов и их замещение // Вестник университета. 2014. №4. С. 125-130.

Лемешко А.С., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Малюкова М.В.**

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

ПАССИВНЫЙ ДОМ-ДОМ БЕЗ ЗАТРАТ НА ОТОПЛЕНИЕ

Поиски новых решений в области энергоэффективности и энергосбережения очень активно ведутся учёными по всему миру, а внедрение инновационных технологий требуется не только в промышленности, но и в быту. Это связано с постоянным ростом цен на энергоносители, которые ощущают на себе не только промышленные объекты, но и обычные граждане. Поэтому для решения этих проблем и для избежания энергетического коллапса, учёные сосредоточились на поиске экологического, экономичного, комфортного и энергонезависимого здания [1].

Все эти характеристики смогли собрать в одну общую концепцию шведский профессор Бо Адамсоном (Bo Adamson) из Лундского университета и доктор Вольфгангом Файстом (Wolfgang Feist) из Института жилищного строительства и охраны окружающей среды (Institut Wohnen und Umwelt, IWU, г. Дармштадт, Германия). Немецкий учёный заметил, что если зданию достаточно в качестве источника тепла нагрева от приточного воздуха, поступающего через систему вентиляции, то оно не нуждается в активной системе отопления. Так в 1987 году впервые появилась идея «пассивного дома»-здания, теплоснабжение которого осуществляется только за счёт утилизации теплоты вытяжного воздуха для подогрева приточного, использования теплоты солнечной радиации и внутренних тепловыделений – от людей, бытовых приборов, альтернативных источников тепла, а охлаждение – за счёт особенностей конструкции и свойств стройматериалов [2]. В таких домах при условии поддержания постоянной комфортной температуры (в среднем -20 °С) удельный расход тепловой энергии на отопление не превышает 15 кВт·ч/ (м² в год) [3]. Для сравнения, в обычных частных домах России эти цифры составляют около 200 – 300 кВт·ч/ (м² в год).

Чтобы достичь такого показателя, нужно понимать, как происходит приход-расход тепловой энергии. Энергетический баланс дома представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Утечка тепла

Вентиляция (форточки, вытяжная вентиляция)	27%
Окна и двери	21%
Стены	20%
Кровля	10%
Фундамент	18%
Стоки	4%

Таблица 2

Источники тепла

Система отопления	83%
Горячая вода	6%
Бытовые приборы	5%
Солнечная энергия	3%
Человек (собственное тепло)	2%
Освещение	1%

Из этого следует, что около 70% утечек тепла приходится на конструкцию здания, а остальные 30% - на результат жизнедеятельности людей: стоки и вентиляцию.

Следовательно, особое внимание требуется уделить теплоизоляции ограждающих конструкций: стен, крыши, окон, входных дверей, полу первого этажа и фундаменту.

Теплоизоляционные мероприятия по законам теплофизики проводятся строго с наружной стороны здания. Утепление выполняется таким образом, чтобы несущие конструкции дома всегда находились в зоне положительной температуры. При этом точка росы оказывается за их пределами, что позволяет поддерживать требуемую влажность.

Теплоизоляция должна располагаться равномерно и непрерывно. Для создания замкнутой и герметичной оболочки дома максимально исключают мостики холода, а при необходимости добавляют дополнительную изоляцию.

Дверные и оконные проёмы также требуют особого внимания при строительстве «пассивного дома». Места примыкания оконных блоков и дверной коробки к стенам тщательно герметизируются и утепляются. Стеклопакеты выбирают минимум с двумя камерами, пространство между которыми заполнено инертным газом. Такие окна, как правило, имеют систему микропроветривания, доводчики и другие технические приспособления.

Для уменьшения тепловых потерь важно не только качество окон, а также их количество, площадь и ориентация. Расположение

светопрозрачных конструкций должно иметь следующее соотношение: 70-80% - с южной стороны, 20-30% - с восточной, 0-10% - с западной и полное их отсутствие с северной. Для того, чтобы «впустить в дом» максимальное количество солнечной энергии, оконные конструкции, выходящие на юг, устанавливаются большего размера, чем те, что ориентированы на север [4].

Но кроме теплоизолированной конструкции, которая является одной из главных технологий «пассивного дома», обязательными элементами технологического обеспечения являются приточно-вытяжная механическая вентиляция с рекуперацией тепла и система отопления. Принцип работы вентиляции принудительный: по всему дому прокладываются воздухоотводы. Потоки воздуха направляют так, чтобы сначала поступал в главные жилые помещения, затем проходил через вспомогательные и в самом конце попадал в помещения с повышенной влажностью, а оттуда выводился наружу с помощью вентиляторов как отработанный. Но основной ресурс экономии - это регулировка температуры свежего воздуха: зимой - подогрев, летом - охлаждение. Достигается это с помощью рекуператоров - использования теплообменников для нагрева входящего воздуха за счёт тепловой энергии исходящего воздуха или грунта. Современные теплообменники способны использовать от 75 до 95% тепла вытяжного воздуха. А при сильных морозах можно дополнительно задействовать обычный радиатор для лучшего прогрева. Данная система позволяет экономить несколько тысяч киловатт энергии в год. Также стоит отметить, что в «пассивном доме» обладает приятный микроклимат: воздух всегда свежий и без сквозняков, отсутствует повышенная влажность и плесень, и, что немаловажно, температура в помещениях распределяется равномерно [5].

Таким образом, можно выделить следующие преимущества инновационной системы в областях комфорта, здоровья, экологии, энергосбережения и экономии.

Говоря о последнем, стоит учитывать, что строительство «пассивных домов» обойдется дороже приблизительно на 10% от общей стоимости жилья, но экономия начнётся уже с первого же дня эксплуатации. Если принять во внимание постоянный рост цен на энергоресурсы, что сейчас является актуальной проблемой, то такие вложения являются целесообразными не только с точки зрения экономии, но и с точки зрения осознанной экологической позиции.

Поэтому развитие данной энергосберегающей технологии самыми активными темпами происходит во всём мире (более 50 000 зданий в 45 странах). Но большее количество жилых домов, построенных по

принципу энергоэффективности, находится в Германии. Здесь же в 1991 году вышеупомянутым ученым Фейтсом, при поддержке других специалистов, был разработан проект и построено первое «пассивное» здание - четырехквартирный дом, стены которого возводились из силикатного кирпича и утеплялись пенополистиролом.

Он существует уже 27 лет, и за весь промежуток времени показатели дома контролируются, а результаты удивляют. Опыт оказался успешным и с целью проведения дальнейшей исследовательской работы и разработки комплекса стандартов строительства в 1996 году, доктором Фейстом в Дармштате был основан Институт, который стал основной платформой для развития идей пассивного дома и практических разработок во всем мире. В России технологии проектирования и строительства инновационных зданий еще проходят этап своего развития и становления. Поэтому в стране пока нет зданий, которые по всем критериям соответствовали бы стандарту «пассивного дома», но уже реализовано несколько строительных объектов, приближенных к этой концепции.

Таким образом, основные направления для разработок энергосберегающих технологий – это снижение затрат на фоне поиска новых путей получения энергии. Возможно, через несколько лет будут внедрены в жизнь такие предложения, которые разрешат людям войти в эру полной независимости от внешних источников электроэнергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косухин М.М. Вопросы энергосбережения в условиях устойчивого функционирования, модернизации и развития жилищного фонда / Косухин М.М., Шарапов О.Н., Богачева М.А., Косухин А.М. // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. №10. С. 51-44.
2. Вольфганг. Основные положения по проектированию пассивных домов. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008. 144 с.
3. Овчаренко Е.Г., Артемьев В.М., Шойхет Б.М., Жолудов В.С. Тепловая изоляция и энергосбережение // Энергосбережение. 1999. №2. С. 37.
4. Елохов А.Е. Пассивный дом: комфорт, энергосбережение, экономия // Коммунальный комплекс России. 2013. №2 (104).
5. Бадьян Г.М. Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011. 422 с.

Мельников Р.В., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Есипов С. М.

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

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ТЕМПЕРАТУРНЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ

Бетонные и железобетонные конструкции часто эксплуатируются в сложных условиях, связанных с высокой или низкой температурой, в условиях агрессивных сред, динамических воздействий и так далее. Наиболее часто возникающими неблагоприятными условиями работы бетона в процессе эксплуатации железобетонных конструкций, являются экстремально высокие температуры технологического процесса или при пожаре и низкие температуры, в том числе циклическое замораживание-оттаивание бетона, в холодный период года или в условиях севера.

[1] Воздействие низких температур на бетонные и железобетонные конструкции

Отрицательное воздействие низких температур на бетон в первую очередь связано с процессом замерзания химически несвязанной воды, находящейся в микротрещинах, порах и капиллярах цементного каркаса бетона. При этом разрушение бетона при воздействии отрицательных температур может происходить под действие одного или нескольких факторов одновременно:

– гидростатическое давление жидкости на стенки микротрещин, пор и капилляров цементного камня в процессе льдообразования;

– гидравлическое давление незамерзшей жидкости при ее откачки от фронта промерзания растущими кристаллами льда в резервные (незаполненные водой) поры и капилляры;

– непосредственное давление растущих кристаллов льда на стенки пор и капилляров, а также макро- и микроскопическая сегрегация льда;

– осмотическое давление, возникающее в капиллярах и порах цементного камня в процессе масса-теплопереноса при замораживании и оттаивании бетона;

– температурные напряжения, возникающие в бетоне из-за различных коэффициентов температурных деформаций жесткого скелета и льда.

Под действие отрицательных температур, то есть переменного замораживания-оттаивания, можно наблюдать четыре основных типа разрушения бетона [4]:

1. Возникновение трещин в бетоне по всем направлениям по поверхности изделия;
2. Отслаивание защитного слоя бетона конструкций;
3. Коррозия арматуры;
4. Поверхностные сколы бетона конструкций.



Рис. 1. Типы разрушения бетона

Защита бетона от разрушения на улице и способность сопротивляться воздействию низких температур характеризуется маркой по морозостойкости F. Марка по морозостойкости определяется по результатам лабораторных испытаний образцов бетона, замораживанием или оттаиванием, с визуальным контролем их состояния, контролем массы образцов, скорости прохождения ультразвука через образцы, определением динамического модуля упругости бетонных образцов и сравнения их с изначальных значений [2].

При проектировании железобетонных конструкций, предназначенных для эксплуатации при длительном действии низких отрицательных температур, необходимо учитывать свойство хладноломкости стержневой арматуры, определяемое классом арматуры, маркой стали, способом ее выплавки (что следует оговаривать при проектировании).

При температуре от - 30 до - 40 градусов по Цельсию и статических нагрузках применяют стальные закладные детали из углеродистой стали марок ВСтЗпс5 и ВСтЗпс6, а при динамических и многократно повторяющихся нагрузках – из углеродистой стали марки ВСтЗсп6.

В условиях низких отрицательных температур необходимо применять бетоны плотной структуры, у которых пространство между зёрнами заполнителей полностью занято цементным камнем. Это могут быть тяжелые бетоны или бетоны на пористых заполнителях. Классы

бетона для замоноличивания стыков должны быть не ниже чем принятые для соединяемых элементов [3].



Вода в трещинах разрушает бетон, поэтому он должен быть морозостойким

Рис. 2. Морозостойкий бетон

Особенности расчета и проектирования конструкций. Для конструкций, предназначенных к эксплуатации при положительных температурах, но оказывающихся во время строительства в условиях низких отрицательных температур (ниже - 40°C), следует в случае применения в них арматуры, допускать только к использованию только в отапливаемых помещениях, предусматривать в проекте временные ограничения по нагружению внешней нагрузкой. Несущая способность конструкции в этих условиях на стадии возведения должна быть проверена расчетом на нагрузку с коэффициентом при расчетном сопротивлении арматуры, принимаемом с коэффициентом 0,7. Бетоны нужно применять плотной структуры.

При расчете на прочность элементов конструкций и сооружений расчетное сопротивление бетона осевому сжатию R_b следует умножать на коэффициент условий работы. Этим коэффициентом учитывается уменьшение прочности бетона в условиях попеременного замораживания и оттаивания в водонасыщенном состоянии элементов.

Для воспроизведения всех повреждений, вызванных морозами, необходимо создать такие условия искусственно. [5] Рассмотрим – заморозку в криокамере как такой способ.

Криокамера предназначена для создания отрицательных температур при прочностных испытаниях образцов на испытательном оборудовании. Камера охлаждения в основном используется для замораживания образцов при ударных испытаниях падающим грузом на вертикальных маятниковых копрах.

Для лабораторных испытаний берутся основные (подверженные многократному замораживанию – размораживанию) и контрольные (новые, абсолютной прочности) образцы бетонного монолита.

Контрольные образцы бетона перед испытанием на прочность, а основные образцы перед замораживанием насыщают водой/раствором соли температурой (18 ± 2) °С. Для насыщения образцы погружают в жидкость на 1/3 их высоты на 24 часа, а затем уровень жидкости повышают до 2/3 высоты образца и выдерживают в таком состоянии 24 часа, после чего образцы полностью опускают в жидкость на 48 часов таким образом, чтобы уровень жидкости был выше верхней грани образцов на 20 мм. Образцы помещают в морозильную камеру. После этого образцы размораживаются, и оцениваются последствия и их состояние.

Воздействие высоких температур на бетонные и железобетонные конструкции

В целом ряде случаев они работают в условиях систематического воздействия повышенных (50 ... 200) и высоких (> 200 °С) технологических температур. К ним предъявляются дополнительные требования.

В первом случае применяют, как правило, обычный бетон, во втором - высокопрочный. Различают постоянный нагрев, при котором в процессе эксплуатации конструкция подвергается нагреву с колеблющейся температурой до 30 % расчетной величины и циклический, когда конструкция периодически подвергается повторяющемуся нагреву с колебанием температуры более 30 % расчетной величины при частоте циклов от 3 часов до 15 дней.

При воздействии высоких температур свободная вода в бетоне испаряется с поверхности слоёв и образуются усадочные трещины. Потеря химически связанной воды из гидросиликата кальция наблюдается при $t > 100$ °С. Прочность бетона уменьшается в соответствии с количеством утерянной воды [43]. При $t > 400$ °С силикат кальция разлагается с образованием негашеной извести и окиси кремния.

В глиноземистом цементе при $t > 100$ °С происходит потеря химически связанной воды из гидроалюмината кальция, а при $t > 400$ °С начинается разложение цемента с образованием алюмината кальция и окиси алюминия, более устойчивых, чем окись кальция, образующаяся при разложении портландцемента [6].

Этим объясняются огнеупорные свойства глиноземистого цемента, применяемого для производства огнеупорного бетона.

По данным экспериментальных исследований при нагреве бетона с 20° до 100° С его прочность снижается на 5... 10 %; при увеличении температуры от 100° до 300 °С - повышается на 5 %; с 300° до 400 °С - понижается на 15 %; при 500 °С - на 34 %; при 600 °С - на 55 %.



Рис. 3. Жаростойкий бетон

Испытание плит перекрытий нагружением. Плиты, предварительно замороженные в криокамере или нагретые в печи, испытывают на заводах-изготовителях, строительных площадках, в составе здания или сооружения. Схемы опирания и нагружения в эксперименте должны соответствовать реальным условиям эксплуатации. Так, к примеру, при испытании свободно-опёртой плиты на двух опорах в составе здания необходимо очистить швы между испытываемой и соседними плитами, исключить их защемления. Плиты нагружают сосредоточенной или равномерно распределенной нагрузками. Нагрузку создают гидравлическим домкратом, штучным грузом и давлением сжатого воздуха. Изменяют осадки опор, прогибы по длине пролета. Кроме того, определяют нагрузку трещинообразования, разрушающую нагрузку и характер трещинообразования.

Результаты проекта сравнивают с расчетом, проектом, требованиями нормативных документов. Так, полученные в опыте величины прогиба и ширины раскрытия трещин при нормативной нагрузке не должны превышать предельно допустимых.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байков В.Н. Железобетонные конструкции / В.Н. Байков. М.: Издательство АВС, 1991. 56 с.
2. Бондаренко В.М. Железобетонные и каменные конструкции / В.М. Бондаренко, В.Г. Назаренко. М.: Научный мир, 2006. С. 24 – 26.
3. ГОСТ 10 180–90 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М.: Издательство стандартов, 1990. 36 с.

4. Онуфриев Н.М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений / Н.М. Онуфриев. М.: Издательство, 2008. 23 с.

5. Пириев Ю.С. Методы усиления каменных конструкций и зданий / Ю.С. Пириев, С.Ю. Пириева // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №5. С. 25-29.

6. Шилин А.А. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами / А.А. Шилин, В.А. Пшеничный. М.: Научный мир, 2007. С. 17 – 18.

Промзелева Е.С., магистрант

**Научный руководитель: канд. техн. наук., доц.
Коновалова В.С.**

*Ивановский государственный политехнический
университет, г. Иваново, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ БЕТОНА ПОСРЕДСТВОМ ВВЕДЕНИЯ ДОБАВОК

Деструкция бетонных и железобетонных изделий и конструкций под воздействием микроорганизмов привлекает все большее внимание ученых с точки зрения нарушения со структурной целостности и уменьшения срока службы мостовых конструкций и различных гидросооружений [1-5].

Одним из агрессивных видов является биокоррозия, опасность которой заключается в том, что микроорганизмы легко адаптируются к меняющимся физико-химическим условиям среды и интенсивно размножаются,

В результате биокоррозии происходит увеличение пористости бетона и ускорение диффузионных процессов в нем, что способствует развитию коррозионных процессов [6-8].

Из данных Росстата (рис. 1) очевидно, что темпы строительства и производства строительных материалов в стране не снижаются. Строительство ведется при различных погодных условиях, а значит, необходимо обеспечивать меры по предупреждению развития коррозионных процессов строительных материалов и изделий.

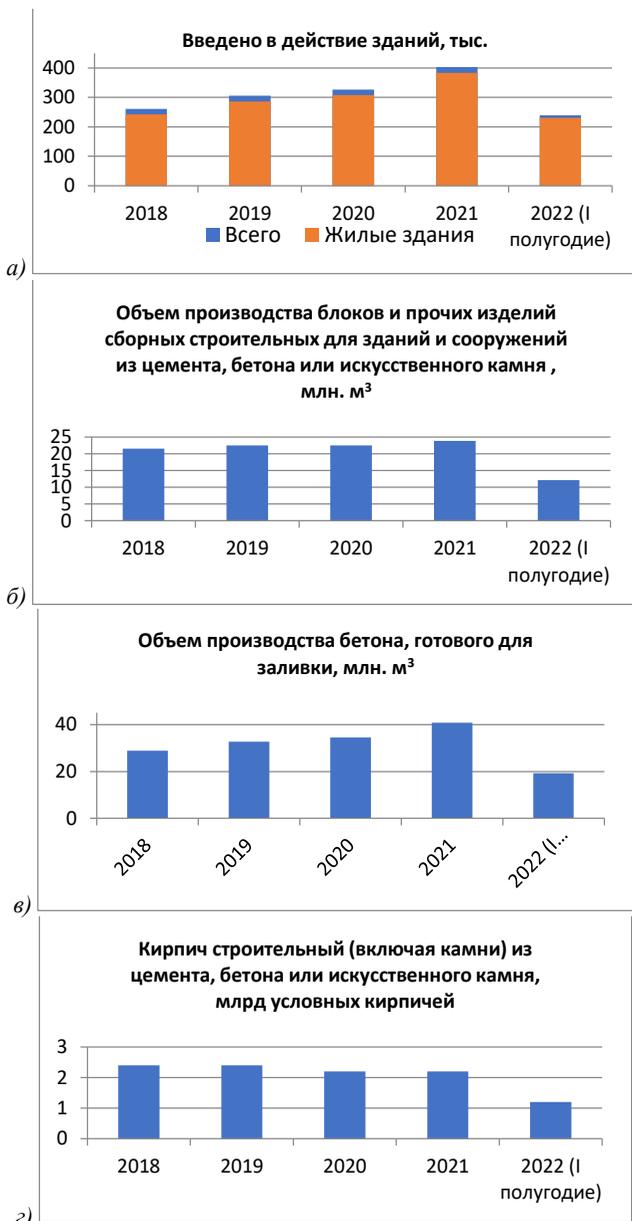


Рис. 1. Темпы строительства и производства строительных материалов в России по данным Росстата

Базируясь на приведенных статистических данных, с экономической точки зрения, можно сформулировать актуальность исследований, направленных на обеспечение долговечности бетонных и железобетонных конструкций. Продление срока эксплуатации конструкций на 5 лет дает возможность экономии порядка 20 млрд. рублей ежегодно.

Своевременная защита бетонных и железобетонных объектов от биообрастания позволит значительно сократить экономический ущерб от последствий коррозионных разрушений, повысить надежность конструкций, эксплуатирующихся в условиях повышенной влажности, снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Несмотря на обилие способов защиты от обрастания, до сих пор радикальных методов борьбы не существует.

Разработка составов наномодифицированных добавок на основе гидрофобизатора стеарата кальция, оксида цинка и сульфатов активных металлов, вводимых в бетоны на стадии изготовления, актуальна для предотвращения развития грибковых микроорганизмов и обеспечения стойкости бетонных изделий и конструкций к биологическому воздействию.

Введение гидрофобизирующей добавки стеарата кальция в цементную смесь при изготовлении бетона снижает водопоглощение, уменьшает пористость и повышает прочность табл. 1.

Таблица 1

Характеристики цементного камня с гидрофобизирующей добавкой стеарата кальция

Характеристика	Количество гидрофобизирующей добавки стеарата кальция, %			
	0	0,3	0,5	0,7
Плотность, кг/м ³	2065	2220,1	2432,1	2644,4
Водопоглощение, %	6,2	5,2	4,5	4,0
Пористость, %	11,7	9,6	8,3	6,8
Прочность на сжатие, МПа	49,78	54,58	58,18	63,39

Повышение плотности за счет снижения пористости способствует замедлению проникновения агрессивной среды вглубь цементного камня бетона и торможению развития коррозионных процессов [9].

Добавки ингибиторов коррозии не оказывают существенного влияния на массообменные процессы, протекающие в цементном камне на начальном этапе коррозии бетона в агрессивной среде рис. 2. Однако, при введении в агрессивную среду нитратов щелочных и щелочно-земельных металлов можно замедлить анодное растворение арматуры из стали марки Ст3 в 1,5 раза [10].

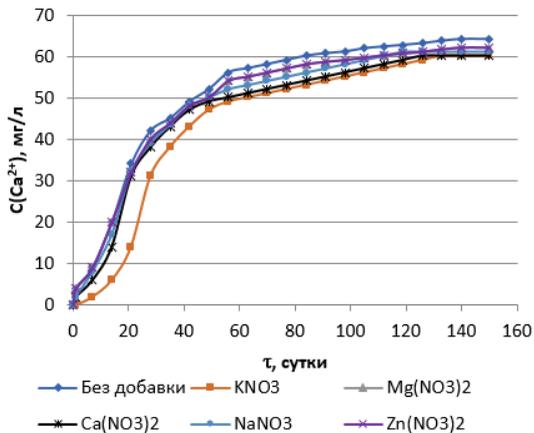


Рис. 2. Кинетические кривые концентрации катионов кальция для случая коррозии цементного камня, содержащего ингибирующие добавки в количестве 0,5 %, в воде

У образцов цементного камня бетона с добавками ингибиторов потеря прочности через 150 суток воздействия воды составила 4 %, а у образцов цементного камня без ингибирующих добавок – 14 %.

Добавки, имеющие в составе наноразмерные компоненты, смогут активнее провзаимодействовать с компонентами бетонной смеси и оказать положительное влияние на структурообразование бетона при гидратации и твердении, и, следовательно, на его физико-механические свойства и коррозионную стойкость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ярмаковский В.Н., Ерофеев В.Т. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций // *Academia. Архитектура и строительство*. 2015. № 1. С. 93-102.
2. Bertron A. Understanding interactions between cementitious materials and microorganisms: a key to sustainable and safe concrete structures in various contexts // *Materials and Structures*. 2014. Vol. 47. Pp. 1787-1806.
3. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Логинова С.А. Особенности биодеградации гидротехнических бетонов // *Умные композиты в строительстве*. 2020. Т. 1. Вып. 1. С. 45-55.
4. 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.

5. Денисов А.А., Ганяев А.М. Биокоррозия бетонных строительных конструкций в контакте с пресной водой // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 5(2). С. 158-161.

6. Chromková I., Čechmánek R. Influence of Biocorrosion on Concrete Properties // Key Engineering Materials. 2018. Vol. 760. Pp. 83-90.

7. Fedosov S.V., Roumyantseva V.E., Loginova S.A., Goglev I.N. Experimental Research of the Process Bio-corrosion of Cement Concrete for Inspection of Building Structures // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 147. Pp. 168-175.

8. Строкин К.Б., Новиков Д.Г., Коновалова В.С., Касьяненко Н.С. Влияние микроорганизмов на физико-механические свойства бетона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. №. 10. С. 90-98.

9. Караваев И.В., Коновалова В.С., Евсяков А.С. Управление коррозионной деградацией цементных бетонов с помощью гидрофобизирующих добавок // Молодые ученые - развитию национальной технологической инициативы (ПОИСК).2019. № 1-2. С. 170-173.

10. Rummyantseva V., Konovalova V. The Reinforced Concrete Reinforcement Corrosion Degradation Inhibition with Nitrates of Alkali and Alki-Earth Metals // Materials Science Forum. 2020. Vol. 1011. Pp. 72-78.

Свирский Я.К., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Назаренко Е.И.

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

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ В СФЕРЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА

Строительная отрасль и жилищное строительство, в частности, играют ведущую роль в решении мировых проблем по использованию невозобновляемых источников для увеличения потребления энергии, влекущих за собой истощение природных ресурсов и как следствие – ухудшение качества окружающей среды. Снижение негативного воздействия на окружающую среду на всех этапах жизненного цикла зданий можно достичь путем повышения эффективности использования зданиями ресурсов. Такой подход в итоге повышает качество жизни граждан и устойчивость среды обитания человека. Однако на сегодняшний день в нашей стране существующее отношение к строительству и эксплуатации зданий не всегда обеспечивает

должный уровень безопасности среды обитания человека и комфорт городской среды.

Несмотря на достаточное развитие теоретической базы ресурсосбережения, методики практического применения теории ресурсосбережения разработаны недостаточно. Сегодня в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве управление жизненным циклом строительного объекта фактически осуществляется без использования системного подхода. Поэтому возникает необходимость реализации конкретных организационно-технологических решений и глубокой проработки вопросов оценки эффективности действий по снижению потребляемых ресурсов в жизненном цикле зданий и сооружений.

Современные проблемы жилищного фонда РФ можно разделить на два направления: количественное и качественное.

С количественной точки зрения объемы жилищного строительства в нашей стране интенсивно увеличиваются, однако все равно отстают от темпов строительства в развитых странах. При этом стоимость жилья остается достаточно высокой при занятии Россией 11 места в общемировом рейтинге по уровню внутреннего валового продукта и сравнительно низком уровне валового национального дохода на душу населения в 2021 году- 84 место в рейтинге стран мира [1, 2].

Качественные проблемы жилищного фонда:

- предельные показатели по физическому и моральному износу жилищного фонда;

- техническое обслуживание жилых домов и общее качество предоставляемых жилищно-коммунальных услуг находится на низком уровне ввиду недостаточной законодательной базы в сфере ответственности по управлению жилым фондом;

- темпы изменения современных требований комфортности опережают темпы строительства нового и ремонта существующего жилья.

В целом по России доля ветхого и аварийного жилого фонда составляет 3,1 % от общей площади жилого фонда страны, и согласно данным Росстата по состоянию на 1 января 2017 года, возросла в 1,5 раза [3]. В Белгородской области доля ветхого и аварийного жилья составляет 1,7% от общего жилищного фонда или 56210 м² [4].

Средний возраст жилых зданий в Японии составляет около 30 лет, в Германии – 44 года. А, согласно данным Росстата 2017 года, в России средний возраст зданий составляет порядка 37 лет, а более 70% жилого фонда эксплуатируются уже свыше 25 лет. На сроках службы жилищного фонда отразилась динамика старения и обновления жилья в нашей стране. Сравнение общего технического состояния объектов,

уровня комфортности внутренней среды зданий и характеристики энергоэффективности существующих зданий в России с зарубежными говорит не в нашу пользу. Высокая энергоемкость и низкая энергоэффективность зданий – это последствия неудовлетворительного состояния жилищного фонда страны.

Энергосбережение согласно ФЗ №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» - это реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования.

Согласно исследованиям, наиболее неэффективными в части потребления ресурсов являются здания ранних массовых серий советского периода (их строительство выполнялось без учета требований к тепловой защите), а также здания, отнесенные к ветхому и аварийному фонду. По данным экспертов высокому классу энергетической эффективности соответствует лишь до 20% всех жилых зданий. Принятие Федерального закона №261 обязало всех застройщиков соблюдать нормы теплозащиты и энергосбережения.

Большинство экспертов считает, что потребление энергии в нашей стране в процессе эксплуатации многоквартирных жилых зданий очень превышено и в сравнении со странами со схожим климатом увеличено почти в 3,5 раза [5].

На высокую энергоемкость жилищного фонда наших городов влияет множество факторов:

- доля ветхих и аварийных зданий и расходы тепла на их отопление, которые существенно превышают существующие нормы;
- климатические условия, влияющие на продолжительность отопительного сезона;
- изношенность инженерных сетей и оборудования, приводящая к значительным потерям при транспортировке энергии;
- неответственное отношение жильцов к экономии энергетических ресурсов;
- непрофессионализм обслуживающего персонала в направлении эффективного использования энергетических ресурсов.

При использовании системного подхода к процессу использования энергии в жилищно-коммунальном хозяйстве экономия энергии может составить до 40% тепловой и 37% электрической энергии. Следует отметить, что потенциал энергосбережения в старых зданиях существенно выше, чем в новых [6, 7].

Системный подход к оценке энергоэффективности здания на всех этапах жизненного цикла включает в себя не только энергосбережение на этапе эксплуатации здания, но и оценку энергозатрат на производство строительных материалов, а также затраты на ликвидацию объекта.

Рост цен на ресурсы и высокая энергоемкость жилищного фонда выводят задачу повышения энергоэффективности на первое место. И достичь необходимых показателей энергетической эффективности зданий возможно лишь за счет внедрения современных технологий и материалов на всех этапах жизненного цикла зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рейтинг стран мира по уровню валового внутреннего продукта [Электронный ресурс]//Центр гуманитарных технологий. - Режим доступа: <https://gtmarket.ru/ratings/gross-national-income-ranking> (дата обновления:01.10.2022).

2. Рейтинг стран мира по уровню валового национального дохода на душу населения [Электронный ресурс]//Центр гуманитарных технологий. - Режим доступа: <https://gtmarket.ru/ratings/gross-national-income-ranking> (дата обновления:01.10.2022).

3. Рейтинг регионов по доле ветхого и аварийного жилья в общей площади всего жилищного фонда [Электронный ресурс]// РИА-Аналитика. Центр экономических исследований. - Режим доступа: http://vid1.rian.ru/ig/ratings/house_q.pdf (дата обращения:01.10.2022).

4. Развитие рынков ипотеки и жилищного строительства 2000-2017 гг. [Электронный ресурс] // Минстрой РФ. - Режим доступа: <http://rusipoteka.ru/files/analytics/ahml/2017/ipoteka-2000-2017.pdf> (дата обращения: 01.10.2022).

5. Стребежев, А. В. Система управления энергосбережением в жилищной сфере: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Стребежев Алексей Валерьевич. М., 2011. - 55 с.

6. Башмаков, И. А. Энергоэффективность зданий в России и в зарубежных странах / И. А. Башмаков // Энергосбережение. - 2015. - № 3. - С. 24-29.

7. Кочерженко, В. В. Технические аспекты энерго- и ресурсоэффективности в строительстве: учебное пособие / В. В. Кочерженко, А. В. Кочерженко – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 91 с.

Се Ди, аспирант,
Бычков А.В., магистрант

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.,
Сулейманова Л.А.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия
Хулунбуирский институт, г. Хайлар, Китайская Народная Республика*

ВЛАГОЗАЩИТА ПОРОБЕТОННЫХ НАРУЖНЫХ СТЕНОВЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Стеновые конструкции из поробетона нашли широкое применение в современном строительстве. В основном стеновые блоки из ячеистого бетона применяются при кладке наружных и внутренних стен, в гораздо меньшей степени – в составе сборно-монолитных ребристых перекрытий [1-4].

Производство ячеистого газобетона с 2018 по 2022 год в России выросло на 36 %, что обусловлено высоким спросом на данный строительный материал. Газобетон обладает рядом эксплуатационных свойств: огнестойкостью, высокой прочностью, долговечностью, высокой теплоизоляцией и низкой стоимостью. Сочетание всех этих свойств позволяет создавать однородные наружные стены, отвечающие требованиям и обеспечивающие комфортные условия проживания [5-7].

Одной из актуальных проблем ограждающих конструкций из ячеистого бетона является защита от влаги ограждающих конструкций. Повышенное увлажнение снижает их теплозащитные свойства, нарушает микроклимат помещений, а также существенно влияет на долговечность конструкций [8, 9].

Сорбционная влажность – это равновесная гигроскопическая влажность материала при определенных условиях в течение заданного времени. Равновесная сорбционная влажность, наряду с теплопроводностью является важнейшим теплотехническим показателем строительных материалов, так как она в значительной мере определяет ход процессов тепло- и влагопереноса через наружные ограждающие конструкции зданий, а, следовательно, и теплотехнические свойства этих конструкций. Установившийся уровень содержания влаги в поробетоне представляют изотермой сорбции, построенной на основании исследований различных строительных конструкций в слабо и нормально отапливаемых помещениях (рис. 1) [10].

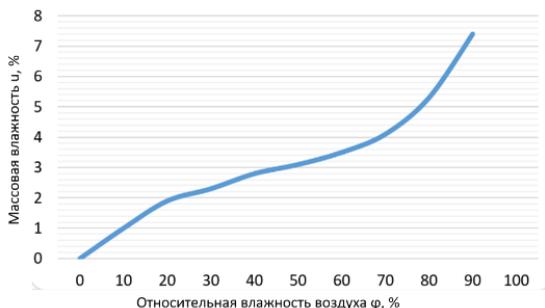


Рис. 1. Изотерма сорбции поробетона [10]

В среднем, массовое влагосодержание поробетона в среде с относительной влажностью воздуха в помещении от 50 до 70% находится в пределах $u = 3...4\%$.

Строительные материалы с мелкопористой структурой и высокой адсорбирующей способностью при одинаковой влажности воздуха поглощают большее количество влаги, чем материалы с меньшей адсорбирующей способностью.

Равновесная влажность ячеистого бетона не устанавливается сразу после возведения здания. Сначала конструкция будет обладать повышенным влагосодержанием, так как строительный материал при производстве характеризуется отпускной влажностью. Объемная отпускная влажность поробетона ψ составляет около 15%.

С учетом плотности воды и средней плотности соответствующего строительного материала массовое содержание влаги определяется следующим уравнением:

$$u = \frac{\rho_w}{\rho_B} \psi, \quad (1)$$

где ρ_w — средняя плотность строительного материала; ρ_B — плотность воды; ψ — объемная отпускная влажность.

Дополнительная влага поступает в здания через кладочный раствор, штукатурный слой, бетонные строительные конструкции и стяжки. Современная кладка из поробетонных блоков характеризуется малым влагосодержанием, так как доля швов, заполненных раствором, в такой кладке составляет 1...2 % по сравнению с 6...20 % в кладке при использовании обычного строительного раствора. Кладка из поробетонных блоков также уменьшает толщину штукатурного слоя. Повышенная начальная влажность ψ наружных стен из поробетона значительно снижается уже до начала первого отопительного периода с 16 % до приблизительно 5 %.

Влагозащита наружных стен из поробетона обеспечивается применением следующих конструкций:

- водозадерживающая или водоотталкивающая наружная штукатурка;
- двухслойная облицовочная кладка;
- вентилируемая облицовка наружных стен;
- облицовка кладочная или на растворе.

Наружная штукатурка для строительных систем из поробетона всегда является гидрофобной. Водоотталкивающее действие предотвращается то, что высокие теплоизоляционные свойства поробетона будут снижены за счет высокого содержания влаги в стене. Водоотталкивающие штукатурки способствуют тому, что водопоглощение стены при увлажнении дождем пропорционально водоотдаче при ее высыхании.

Облицовка наружной стены лицевой кладкой оправдана при сильной ливневой и ветровой нагрузке даже при современных штукатурных системах, когда наносят непроницаемый для ливня слой наружной штукатурки.

Если внутренний слой кладки состоит из поробетона, где используют его теплоизоляционные свойства и необходимую прочность, то для наружной облицовки применяют облицовочный камень или лицевой керамический, клинкерный или силикатный кирпич с расшивкой швов. Существуют различные конструкции двухслойной каменной кладки, причем внутренний слой выполняет функцию теплозащиты и воспринимает нагрузку, а наружная лицевая кладка служит, в частности для ливневой защиты. Для повышения теплотехнических свойств наружной стены между слоями кладки предусматривают теплоизоляционный слой, в связи с чем двухслойная кладка может быть выполнена в трех вариантах (рис. 2):

- двухслойная кладка с воздушной прослойкой;
- двухслойная кладка с теплоизоляционным слоем и воздушной прослойкой;
- двухслойная кладка с теплоизоляционным слоем в качестве межслойной изоляции.

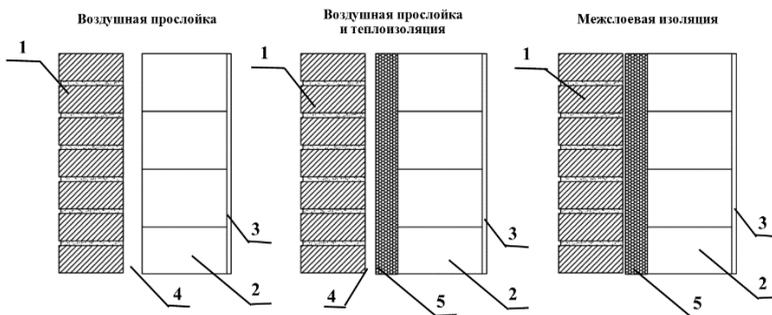


Рис. 2. Варианты возведения двухслойной кладки: 1 – кладка облицовочного кирпича; 2 – кладка из поробетонных блоков; 3 – внутренняя штукатурка; 4 – воздушная прослойка; 5 – утеплитель

В свете современных требований к энергосберегающей теплозащите двухслойную кладку только с воздушной прослойкой практически не применяют. Как правило, между внутренним несущим слоем кладки и наружной облицовкой устанавливают гидрофобную межслойную изоляцию.

Облицовка наружных стен в виде вентилируемых фасадов с точки зрения строительной физики является очень эффективной. Облицовку крепят общепринятыми способами к несущему поробетонному слою. Применяют, например, цементно-волокнистые плиты, стекло, керамику, а также мелкоразмерные изделия из древесины, древесных материалов или шифера.

Мелкоразмерные изделия закрепляют на вертикальном и горизонтальном профиле, установленном в соответствии с размерами облицовки. Профиль крепят на поробетонном основании стандартными крепежами.

Как правило, наружные поробетонные стены с вентилируемой наружной облицовкой не требуют дополнительного теплоизоляционного слоя.

Один из возможных вариантов ливневой защиты состоит в облицовке керамической плиткой, уложенной на раствор. Из-за различных температурных деформаций поробетона и керамики рекомендуется избегать керамической облицовки наружных поробетонных стен, так как имеется вероятность отслоения плитки от основы. В отдельных случаях следует руководствоваться рекомендациями производителя по применению керамики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

2. Сулейманова Л. А. Управление процессом формирования пористой структуры ячеистых бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 69-76.

3. Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Ерохина И.А. Общая закономерность получения материалов с высокими качественными показателями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2006. №15. С. 155-163.

4. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергосберегающие технологии высокопоризованных бетонов // Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее: Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях, Белгород, 22 декабря 2011 года. Белгород, 2011. С. 98-102.

5. Сулейманова Л.А., Амелин П.А., Марушко М.В., Сулейманов К.А. Оценка водостойкости основных строительных материалов для стеновых ограждений // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IV

Международной научно-практической конференции, Белгород, 2020. С. 397-403.

6. Сулейманова Л.А., Марушко М.В., Лукьяненко А.К. Строительная система из газобетона для реконструкции зданий // Университетская наука. 2018. № 1(5). С. 21-24.

7. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Сулейманов К.А. Обобщенный анализ характера поровой структуры газобетонов неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 3. С. 75-79.

8. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Петриченко М.Р., Горшков А.С. Оценка влажностного режима многослойной стеновой конструкции в годовом цикле // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 6. С. 19–33.

9. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Горшков А.С., Ольшевский В.Я., Пестряков И.И. Эксплуатационная влажность автоклавного газобетона в стеновых конструкциях // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 8(71). С. 22-40.

10. Строчкий В.Н., Зимин С.Г., Жоробаев С.С., Крохин А.М. Сорбционная влажность и паропроницаемость ячеистого бетона // Вестник НИЦ Строительство. 2020. № 4(27). С. 117-125.

**Спесивцева В.Д., студент,
Киреева В.П., студент,
Юкин К.С., студент,
Суфранович Д.А., студент**

**Научный руководитель: ст. преп.
Шешенев Н.В**

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

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Дефицит водных ресурсов – одна из насущных проблем нашего времени, которая с XX века рассматривается как глобальная проблема современности. Пресная вода имеет первостепенное значение в жизни и здоровье человека, она необходима для производства продуктов питания, промышленных комплексов и сельского хозяйства, и не имеет никаких аналогов.

Ежедневно человечество использует более 7 млрд. тонн воды, и, если учесть, что почти четверть населения мира не имеет свободного доступа к водным ресурсам, то становится очевидно, что усилия, направленные на получение к ним доступа, создают вероятность возникновения конфликта мирового уровня. Так, например, одна из величайших по протяженности речных систем – Нил является причиной столкновений между Эфиопией, Суданом и Египтом, а множество разногласий между Пакистаном и Индией возникали на базе использования реки Инд, которая находится на их территории [1].

Условно причины истощения вод можно разделить на естественные и антропогенные. К естественным причинам можно отнести такие явления, как извержения вулканов, землетрясения, таяние ледников и другие природные явления. К антропогенным относится деятельность человека, а именно: забор вод с поверхности земли и активное использование грунтовых вод, их отлив при разработке грунтов, строительство жилых зданий и объектов атомной и теплоэнергетики, деятельность промышленных предприятий (машиностроение, нефтепереработка, металлургия и т.д.). Всё это приводит к необходимости поиска решения вопроса по сохранению и экономии водных ресурсов, а в частности чистой питьевой воды [2].

В Европе уже в настоящее время вопрос рационального использования ресурсов стоит довольно остро, распространение получают системы вторичного использования предварительно очищенных сточных вод в качестве водоснабжения. Несмотря на то, что Россия пока что занимает лидирующую позицию по количеству водных ресурсов, описанные выше проблемы неизбежно приведут к их истощению повсеместно.

На основании приложения А СП 30.13330.2016 (таблиц А.1 и А.2) для индивидуального жилого дома, оборудованного водопроводом, канализацией и ванной с проточным водонагревателем, представлен расход воды на технические нужды табл. 1. [3].

Таблица 1

Данные о водопотреблении

Способ потребления	Количество, л/сутки
Стиральная машина	60
Посудомоечная машина	9
Смыть воду в унитазе	145
Полив участка (10 соток)	3000

В соответствии с таблицей А.2 приложения А [3] норма общего расхода воды на семью из четырёх человек при тех же условиях составляет 1000 л в сутки со средним за год водопотреблением (без учёта полива территории). Исходя из приведённых данных, на технические нужды расходуется около 214 л каждый день, а при содержании участка хозяйственное водопотребление увеличивается в 14 раз. Таким образом, снижение потребления воды особенно актуально в частном домостроении.

При эксплуатации домов небольшой этажности наиболее эффективными представляются методы накопления и последующего использования дождевой воды. В отличие от вторичного использования сбросных вод, такая система более экономична, не требует дополнительной очистки и большого количества фильтров. При этом, атмосферные осадки в такой системе собираются в верхней точке здания и могут спускаться вниз самотёком, выполняя технические потребности и экономя не только водные ресурсы, но и энергию на подъём воды [4].

На основании климатических данных метеорологических станций [4, 5], суммарное количество осадков в Рязанской области за 2021 год составило 651 мм; среднее годовое количество осадков за последние 5 лет – 566 мм. Для наглядности рассмотренные данные представлены на графике (рис. 1).

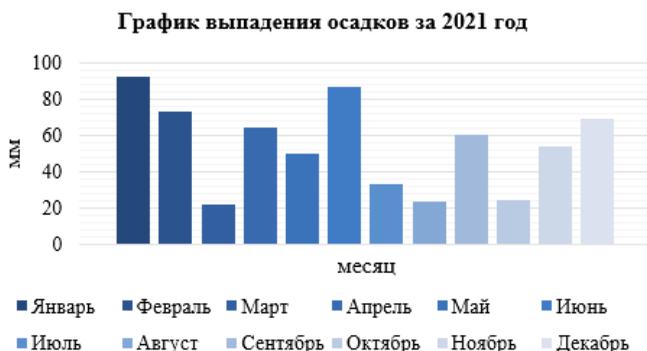


Рис. 1. Распределение осадков по месяцам в Рязанской области

Система использования атмосферных осадков представляет собой ёмкость, устанавливаемую в системы водоотвода с крыш с частичным или полным её наполнением под кровлей. Из ёмкости вода отводится отдельно внутрь дома для использования сантехническими приборами,

а при переполнении накопительной системы, через второй отвод вода автоматически направляется на полив.

Основной функцией накопительного резервуара системы использования дождевой воды является ее хранение, поэтому предусматривается ряд обязательных требований. В первую очередь, это требование к материалу, из которого изготовлена ёмкость. Он должен быть достаточно прочен, устойчив к деформациям и нагрузке, защищён от замерзания хранимой в нём воды, герметичен, рассчитан на возможные осадки и лёгок в обслуживании [5]. Исследование существующих предложений и методов сбора данных систем показало, что наиболее распространённым способом установки является установка резервуара снаружи здания. Этот вариант лучше всего подходит для нового строительства и предусматривает возможность широкого выбора материала, например, полиэтилен высокой прочности или бетон, однако конкретных рекомендаций по выбору материала бака нет, так как разные варианты имеют свои недостатки и преимущества и следует выбирать исходя из конкретных местных условий [6].

Несмотря на то, что поступающая вода не будет использована для хозяйственных нужд, так как не проходит санитарного контроля, на вводе в здание необходимо предусмотреть систему фильтров для очистки воды от грубых примесей (листва, песок, крупные частицы загрязнений), во избежание поломки сантехнического оборудования и засорения систем водоснабжения [7]. При этом на отводе на полив дополнительные фильтры допускается не предусматривать. Система фильтров должна быть доступной и легкой в обслуживании, иметь защиту от промерзания и низкие расходы.

Не менее важными являются трубопроводы. Они должны быть в первую очередь защищены от попадания внутрь мелких животных, растений и мусора. В них не допускается образование узких мест при прокладке, а выбор материала должен проводиться в соответствии с ГОСТ 324115-2013.

Для корректной работы системы в зимнее время, на крыше также необходима установка снегоудерживающих устройств. Данную систему целесообразно использовать совместно с солнечными фотоэлектрическими панелями, установленными на кровле здания [8]. На рисунке представлена система установки (рис. 2).

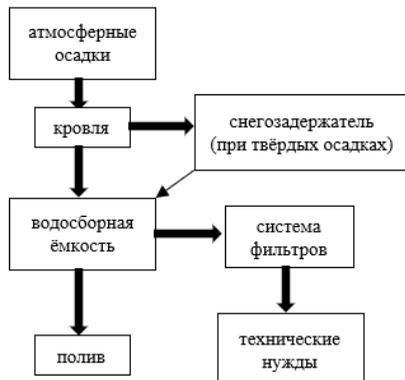


Рис. 2. Система установки накопления и использования атмосферных осадков

Разумное использование водных ресурсов с помощью внедрения систем использования дождевой воды для технических нужд является экономичным решением, полезным для окружающей среды. Такие системы отлично подходят в условиях малоэтажного строительства. Они позволяют экономить чистую питьевую воду, прошедшую дорогостоящую очистку, являющуюся абсолютно необходимой лишь для питья, приготовления пищи и гигиены. Рациональное использование водных ресурсов позволит сохранить высокий уровень жизни населения и удовлетворять повседневные нужды в течение ещё долгого времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. unwater.org – официальный сайт ООН, посвящённый водным ресурсам.
2. Всемирная программа ООН по оценке водных ресурсов / World Water Assessment Programme (WWAP)
3. СП 30.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий»
4. Гринько Е. А. Водоснабжение и водоотведение. Ижевск: Иж.ГТУ, 2009. с. 212
5. Безе Карл Хайнц Дождевая вода для сада и загородного домаВНУ, 2010 г.с.176
6. ГОСТ 324115-2013
7. Попкович Г. С. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения – М.: Книга по требованию, 2012. с. 390
9. Повышение эффективности работы солнечных фотоэлектрических панелей / Н. Г. Кипарисов, В. А. Трубников, И. Е. Кушев [и др.] // Вклад университетской аграрной науки в

инновационное развитие агропромышленного комплекса: Материалы 70-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 23 мая 2019 года. Том Часть III. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 412-416. – EDN HBVARV.

**Сулейманов К.А., аспирант,
Бычков А.В., магистрант**

Научные руководители:
д-р техн. наук, проф. Лесовик В.С.
д-р техн. наук, проф. Сулейманова Л.А.
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВЛАГОСТОЙКОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Одним из актуальных вопросов безопасности зданий и сооружений является защита от влаги ограждающих конструкций. Повышенное увлажнение снижает их теплозащитные свойства, нарушает микроклимат помещений, а также существенно влияет на долговечность конструкций [1].

Влага, в зависимости от происхождения, делится на несколько видов (рис. 1):

- в виде конденсата из воздуха. В холодное время года, когда температура наружного воздуха опускается ниже 0°C, а в помещении за счет функционирующей системы отопления температура воздуха положительная. Во внутренней части стены в месте встречи холодного и теплого воздуха, называемой точкой росы, возникает конденсат.

- атмосферная влага, проникающая при смачивании поверхности стены во время осадков;

- грунтовая влага, образующаяся при капиллярном подсосе влаги из грунта;

- эксплуатационная влага, возникающая от смачивания поверхности стен во время технологических процессов промышленных зданий [2].

Энергоэффективность зданий в настоящее время – одна из важных задач по сохранению окружающей среды и снижению энергопотребления. Усиливается тенденция заблаговременной оптимизации энергорасходов при проектировании энергосберегающих материалов и строительстве зданий на их основе. К таким материалам относится ячеистый бетон, высокая технико-экономическая эффективность которого подтверждена отечественным и зарубежным опытом производства и применения [3-5].

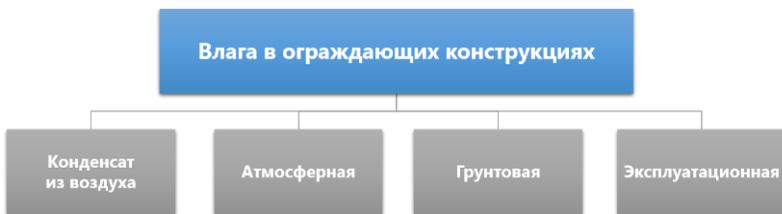


Рис. 1. Виды влаги в строительных ограждающих конструкциях

Ячеистый бетон в настоящее время является одним из самых распространенных материалов в наружных ограждающих конструкциях зданий. Создание энергоэффективных, экологически безопасных и экономичных наружных ограждений путем совершенствования методов расчета влажностного режима ограждающих конструкций позволит создать комфортную среду в помещениях зданий [6, 7].

Авторами проведена оценка водостойкости стеновых изделий поризованной структуры и нахождение наиболее оптимальных материалов для стеновых изделий с точки зрения влагостойкости и энергоэффективности.

Для анализа водостойких свойств материалов стеновых ограждений был проведен эксперимент согласно методике определения водопоглощения от капиллярного воздействия [8]. Для проведения эксперимента подготовлены призматические балки размерами $40 \times 40 \times 160$ мм строительных материалов: газобетон $D150$, $D200$ и $D600$ и пенобетон $D500$ и $D600$.

Для определения точных геометрических размеров и массы после охлаждения все образцы были измерены с помощью штангенциркуля и взвешены на весах, прошедших поверку по метрологическим требованиям. Подготовленные для испытаний образцы $40 \times 40 \times 160$ мм помещались на сетку, расположенной на дне емкости с постоянным уровнем воды 20 мм, и начинался отсчет времени по секундомеру.

По истечении 10 минут образцы извлекались из емкости, поверхность вытиралась сухой тряпкой, измерялась высота поглощения воды в образцах, их масса, после чего образцы помещались обратно в воду. Такую же последовательность выполняли спустя 30 и 90 минут с момента погружения в воду. Капиллярное водопоглощение образцов по истечении 90 минут представлено на рис. 2.

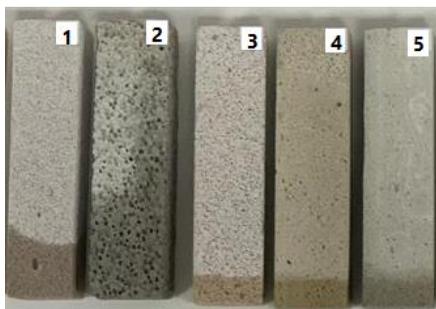


Рис. 2. Капиллярное водопоглощение образцов:
 1 – газобетон D600; 2 – газобетон D200; 3 – газобетон D150;
 4 – пенобетон D500; 5 – пенобетон D600

После определения массы влажных образцов был рассчитан коэффициент водопоглощения от капиллярного воздействия. Коэффициент водопоглощения показывает скорость впитывания влаги образцом за определенный промежуток времени. Значения коэффициентов поглощения для всех образцов представлены на рис. 3.

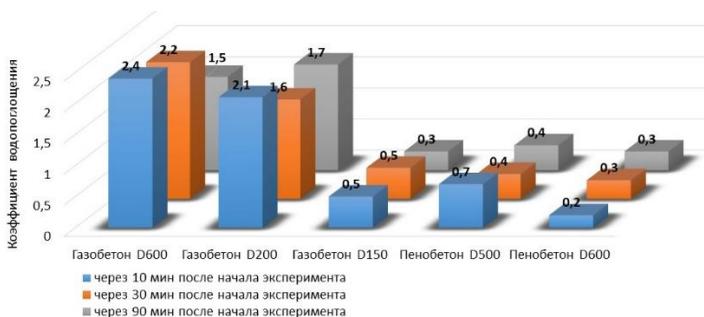


Рис. 3. Зависимость коэффициента водопоглощения образцов от материала, определяемая через 10, 30, 90 мин после начала эксперимента

Исходя из данных, представленных на рис. 3, скорость водопоглощения в первые 10 минут эксперимента максимальна и со временем уменьшается для практически для всех образцов.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что из всех рассматриваемых материалов, применяемых при устройстве стеновых ограждений, наилучшие показатели водостойкости показали газобетон D150, пенобетон D500 и D600, у которых зафиксирован наименьший показатель водопоглощения.

Повышение водопоглощения негативно сказывается на эксплуатационных свойствах материалов, таких как прочность и теплозащита. Для устройства ограждающих конструкций следует применять материалы с низким показателем водопоглощения для обеспечения требуемых условий эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Горшков А.С., Ольшевский В.Я., Пестряков И.И. Эксплуатационная влажность автоклавного газобетона в стеновых конструкциях // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 8(71). С. 22-40.

2. Сулейманова Л.А., Амелин П.А., Марушко М.В., Сулейманов К.А. Оценка водостойкости основных строительных материалов для стеновых ограждений // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции, Белгород, 2020. С. 397-403.

3. Сулейманова Л.А., Коломацкий А.С., Погорелова И.А., Марушко М.В. Повышение эффективности производства и применения ячеистых бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 11. С. 34-42.

4. Сулейманова Л. А. Строительная система из газобетона для реконструкции зданий // Университетская наука. 2018. № 1(5). С. 21-24.

5. Аксенова Л.Л., Лесовик В.С., Горин А.И. Энергоемкость и функциональные характеристики строительных материалов / Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения): Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 3-6.

6. Сулейманова Л. А. Управление процессом формирования пористой структуры ячеистых бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 69-76.

7. Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Ерохина И.А. Общая закономерность получения материалов с высокими качественными показателями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2006. №15. С. 155-163.

8. DIN EN 772-11. Элементы каменной кладки. Методы испытаний. Часть 11. Определение капиллярного водопоглощения элементов каменной кладки из бетона, бетонных блоков заводского изготовления и природного камня, а также первоначального водопоглощения строительного кирпича. Немецкая версия EN 772-11:2000 + A1:2004.

Терганова К.Е., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Дорожкина Е.А.

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

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ

Повышение энергосбережения является одной из приоритетных задач современного строительства. Свидетельством этого являются многочисленные работы [1-3]. Немаловажное значение при проектировании энергоэффективных зданий имеют наружные ограждающие конструкции [4, 5].

Фасадная система – комплексная система облицовки фасадов, областью ее применения является строительство новых зданий, капитальный ремонт и реконструкция. К основным функциям выполняемые фасадными системами относят:

- обеспечение требований теплоизоляции и энергосбережения;
- обеспечение несущей способности (фасадная система может быть самонесущей (выдерживающей только собственный вес) или нагруженной (несущей дополнительные конструкции или оборудования));
- пожаробезопасность (конструкции фасадных систем должны проектироваться с учетом особенностей применяемых материалов, их пожаробезопасности и класса горючести и обеспечивать невозможность распространения пламени по конструкции фасада);
- устойчивость к атмосферным осадкам (фасад должен воспринимать перепады температур и орошение водой, сохраняя при это теплоизолирующую способность и конструкционную целостность);
- эстетическая привлекательность (с помощью фасада можно сильно улучшить внешний вид здания или сооружения);
- обеспечение шумозащитных характеристик;
- химическая стойкость (потребность в такой функции возникает, когда здание находится вблизи предприятий химической промышленности и вместе с атмосферными осадками и воздухом могут переноситься реагенты, которые будут воздействовать на облицовочные материалы фасадной системы).

Основной функцией фасадной системы является снижение теплопотерь через ограждающие конструкции здания, а именно

приведения фактических теплозащитных характеристик наружных стен зданий и сооружений различного назначения к требуемым для региона строительства. При этом фасадные системы выполняют и другие функции, зависящие от воздействий окружающей среды (таких как солнечная радиация, атмосферные осадки, температурные перепады, механическое воздействие, вибрации, давление паровоздушной смеси, ветровые нагрузки), которым они подвергаются [6, 7].

Энергоэффективность фасадных систем современных зданий и сооружений зависит от множества факторов, в том числе и от их конструктивных особенностей и характеристик применяемых материалов. Достижение энергоэффективности современных строительных систем возможно за счет применения традиционных и инновационных теплоизоляционных материалов, отвечающих требованиям экологичности, создания новой теплоизоляционной оболочки при реконструкции существующих зданий и сооружений, разработки новых адаптивных фасадных систем с применением светопрозрачных или других конструктивных и теплоизоляционных материалов и т. д. Очень важным элементом достижения энергоэффективности является не только применяемый теплоизоляционный материал, но и оптимизация его толщины в целом, и в частности при получении готовых теплоизоляционных плит в сочетании органических и неорганических материалов [8-10].

С позиции обеспечения энергоэффективности, в работе сделан акцент на анализ следующих фасадных систем:

- системы фасадные композиционные теплоизоляционные (СФТК);
- навесные фасадные системы утепления с вентиляционным зазором;
- сэндвич-панели.

При рассмотрении каждой из систем более подробно составлена сравнительная схема фасадных систем, приведенная на рис. 1.

На основании представленных данных (преимуществ и недостатков разных фасадных систем), можно сделать вывод, что СФТК (системы фасадные композиционные теплоизоляционные) являются более надежными и экономически обоснованными системами, что открывает широкие возможности их дальнейшего изучения с целью эффективного применения в современном строительстве.

	Системы фасадные композиционные теплоизоляционные (СФТК)	Навесные фасадные системы утепления с вентиляционным зазором	Сэндвич-панели
Схема устройства			
Состав конструкции	<ul style="list-style-type: none"> • основание (стена) • клеевой состав для приклеивания теплоизоляционного материала (каменная вата или пенополистирол) • базовый штукатурный состав для устройства штукатурных слоев • армирующая сетка из стекловолокна • отделочные и (или) облицовочные материалы 	<ul style="list-style-type: none"> • основание (стена) • несущая подсистема • теплоизоляционный слой (плиты из минеральной ваты) • облицовочный материал (могут применяться различные плитки из природных каменных материалов, керамики, керамогранита, фиброцемента, стекла, а также металлические и полимерные фасадные панели (сайдинг)) 	<p>трехслойная конструкция, состоящая из двух оцинкованных пластины (обшивки) из профильного металла (толщиной 0,5 мм), между которыми расположен утеплитель (толщиной 40-200 мм)</p>
Примеры применения			

Рис. 1. Сравнительная схема фасадных систем

Повысить энергоэффективность уже построенного объекта довольно сложно. Современное здание в процессе проектирования должно рассматриваться как единая энергетическая система, основанная на принципах энергонезависимости. Для этого необходимо разрабатывать уникальные конструктивные и инженерно-технологические элементы зданий, приспособляющиеся к изменениям наружного климата. При этом ключевым звеном климатической адаптации и энергосбережения должна выступать ограждающая конструкция – фасадная система.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Есаулов Г. В. Энергоэффективность и устойчивая архитектура как векторы развития // АВОК. 2015. Т. 5. № 5. С. 4–13.
2. Грабовый К. П. Проблемы энергоэффективности в российской федерации и за рубежом // Недвижимость: экономика, управление. 2010. № 1-2. С. 96-101.
3. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Системный анализ проектирования энергоэффективных зданий // Архитектура и современные информационные технологии. 2015. № 5. С. 14.
4. Генералова Е. М. Роль фасадных систем в борьбе за энергоэффективность // АВОК. 2017. №8
5. Немова Д. В. Энергоэффективные технологии в ограждающих конструкциях // Интернет-журнал «Строительство уникальных зданий и сооружений». 2012. № 3. С. 77-82.
6. Абрамян С. Г., Котляревский А. А., Саутиев А. У. Энергоэффективные фасадные системы и применяемые строительные материалы // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2017. Т.9. №6.
7. Голубева О. А., Мерзлякова П. О., Дорожкина Е. А. Конвекция как фактор, влияющий на теплообмен в здании // 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. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. С. 15-18.
8. Генералова Е. М., Солякова Д. Н. Инновационные фасадные системы энергоэффективных высотных офисных зданий : Сборник «Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн сборник статей». Самара: СГТУ, 2017. С. 28–31.
9. Dorozhkina E., Pastukhov A., Averyanova A., Stepanov K. Eco-trends in the decoration of facades of houses of modern industrial series // E3S Web of Conferences : 22, Voronezh, 08–10 декабря 2020 года. Voronezh, 2021. DOI 10.1051/e3sconf/202124405029.
10. Dorozhkina E., Pastukhov A. Features of the Application of Information Modeling in the Construction Industry // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Russky Island, 04–06 марта 2019 года. Russky Island: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 032235. DOI 10.1088/1755-1315/272/3/032235.

Токмаков И.А., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Погорелова И.А.

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

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Рациональное использование ресурсов и энергосбережение являются основными источниками будущего роста нашей страны.

Строительство является крупным потребителем материальных и энергетических ресурсов, большая часть которых составляет содержание жилых и промышленных зданий. В связи с этим, нормативные требования к тепловой защите зданий изложены в Государственной программе Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2030 года», которые направлены на снижение расхода энергоресурсов на отопление, что способствует переоценке строительных материалов и изделий, применяемых в наружных ограждениях и существенного изменения конструктивных решений наружных стен [1, 2].

Важная роль в решении проблемы ресурсо- и энергосбережения, и экономии тепловой энергии принадлежит высокоэффективной тепловой изоляции. Наблюдается тенденция роста производства современных строительных теплоизоляционных материалов и изделий, в качестве применения их в ограждающих конструкциях зданий, способствующих повышению качества жизни населения комфортной среде обитания [3-6].

Критериями энергоэффективности ограждающих конструкций зданий являются показатели удельной величины расхода тепловой энергии в здании, значения нормируемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции и нормируемого удельной теплозащитной характеристики здания. Теплозащитные характеристики ограждающих конструкций зависят от вида и толщины материалов с нормируемым значением сопротивления теплопередаче [7]. По теплотехническим критериям различают следующие виды ограждающих конструкций по числу слоев: однослойные, двухслойные, трехслойные.

В строительстве жилых и общественных зданий не удовлетворяют требованиям тепловой изоляции наружные стены сплошной

однослойной конструкции. Ограждающие конструкции стен с применением таких материалов, как легкий бетон, кирпич, дерево и другие, должны быть, как правило, слоистыми, с применением качественного утеплителя, позволяющим обеспечить требуемую теплозащиту здания.

Однослойные конструкции стены могут быть выполнены из материалов, обеспечивающих несущие и защитные функции. Эффективным материалом в данной системе являются ячеистые бетоны, сочетающиеся с облицовкой зданий из кирпича и эффективным утеплителем. Для устройства однослойных наружных стен могут применяться керамзитобетонные пустотелые блоки с плотностью 600 кг/м³. В двухслойных системах наружных стен располагают теплоизоляционный материал снаружи, без зазора и с воздушным зазором между облицовочным слоем и утеплителем.

Помимо традиционных ограждающих конструкций используют системы с колодезной кладкой, и слоистые конструкции с гибкими связями, в которых утеплитель устанавливается между несущей стеной и наружным облицовочным слоем на точечных связях. Несущие слоистые ограждающие конструкции стены из кирпича могут возводиться в домах ограниченной этажности. В многоэтажных жилых домах необходимо использовать трехслойные системы стены из кирпича с поэтажно навесным фасадным слоем, либо целиком несущие наружные стены.

Анализируя крупнопанельные конструктивные системы, можно сделать вывод о том, что необходимо применять трехслойные панели с гибкими связями.

В настоящее время в качестве ограждающих конструкций зданий широко применяют стены с фасадными системами, такие как: со штукатурными слоями, облицовкой мелкоштучными материалами и с защитно-декоративными экранами, составные трехслойные панели наружных стен. Трехслойные панели представляют систему, в которой между фасадной и внутренней скорлупой, соединенной с помощью разъемных металлических связей, находится слой теплоизоляционного материала. Внутренняя скорлупа выполняется из железобетона, а фасадная декоративная скорлупа может быть трехслойной. Панели позволяют применять разнообразную отделку фасадов зданий и в широких пределах варьировать теплозащитные свойства наружных стен за счет изменения толщины утепляющего слоя и длины связей.

На сегодняшний день, при реконструкции и ремонте объектов городской застройки остро встает вопрос тепловой изоляции наружных стен зданий и сооружений, решение которого возможно за счет

утепления зданий с наружной, либо с внутренней стороны. Устройство тепловой защиты снаружи здания имеет ряд преимуществ (рис. 1).

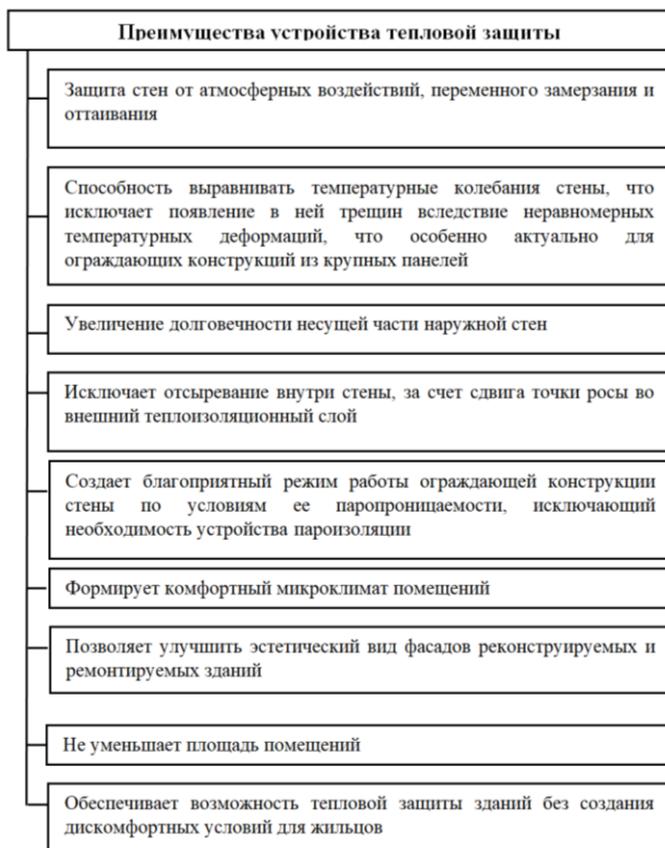


Рис. 1. Преимущества устройства тепловой защиты снаружи здания

Внутренняя теплоизоляция допустима только при невозможности использования наружной при обязательном расчете и проверке годового баланса влагонакопления в конструкционных системах.

Применение эффективных наружных ограждающих конструкций за счет экономии тепловых ресурсов окупает единовременные затраты во вновь строящихся зданиях в течение 8 лет, а в существующих домах в течение 14 лет [8]. Основной проблемой, которая может сказаться во время эксплуатации зданий, является вопрос долговечности

теплоизоляционного материала при его эксплуатации в ограждающих конструкциях.

Возможности экономии ресурсов в ограждающих конструкциях отличаются большим разнообразием и имеют индивидуальные функциональные особенности. Ресурсосбережение совместно с решением задач экономического характера способствует улучшению экологии ввиду того что добыча природных ресурсов, переработка в энергию и строительные материалы наносят вред окружающей среде. Таким образом, ресурсосбережение ограждающих конструкций зданий вносит огромный вклад в энергетическую и экологическую безопасность и улучшение качества жизни.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Эффективное воспроизводство жилищного фонда России // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2017. № 10. С.98-104.
2. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Рябчевский И.С. Внедрение инноваций в систему отопления гражданских зданий // Университетская наука. 2020. № 2 (10). С. 126-128.
3. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. №7 (583). С.113-116.
4. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №1. С. 9-16.
5. Лесовик В.С. Архитектурная геоника. Взгляд в будущее // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 31-1 (50). С.131-136.
6. Сулейманова Л.А., Ищенко К.М. Теплоизоляционные материалы. Формированные теплоизоляционные материалы с использованием вспученного перлитового песка и отходов его производства. – Saarbrücken. 2012.
7. Свод правил СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (актуализированная версия СНиП 23-02-2003). – М.: 2003.
8. Граник Ю.Г., Магай А.А., Беляев В.С. Конструкции наружных ограждений и инженерные системы в новых типах энергоэффективных жилых зданий // Энергосбережение. 2003. № 5. С. 73-75.

Турсын Н., магистрант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Калмагамбетова А.Ш.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ РЖАВЧИНЫ НА ВОДНОЙ ОСНОВЕ

Проблема коррозии металлов широко распространена во всех аспектах общественной жизни, принося большой вред и убытки развитию различных отраслей промышленности. Исследования технологии защиты от коррозии всегда ценились исследователями в различных странах. Существует множество методов защиты стали от коррозии, таких как органическое покрытие, неорганическое покрытие, нанопокрытие, электрохимическая защита, и так далее. Среди них органические покрытия являются наиболее широко используемыми.

При использовании традиционных органических покрытий для достижения лучшего антикоррозионного эффекта необходима тщательная обработка поверхности для удаления ржавчины. Однако эффект предварительной обработки часто ограничен такими факторами, как трудоемкость, низкая эффективность, расположение оборудования и геометрическая форма, и часто бывает трудно достичь требований стандарта, что приводит к негарантированному качеству покрытия [1]. Кроме того, традиционные органические покрытия часто должны содержать композитные антикоррозионные пигменты, такие как оксид свинца и хроматы, которые обладают хорошими антикоррозионными свойствами. Однако их высокая токсичность, наносит вред окружающей среде и здоровью человека. Поэтому жизненно важно разработать экономичные, безопасные и безвредные для окружающей среды средства для преобразования ржавчины, и соответствующие составы, которые можно наносить непосредственно на поверхность слоя ржавчины.

Традиционный агент для преобразования ржавчины в основном основан на дубильной кислоте и фосфорной кислоте [2]. Однако проблема заключается в том, что чрезмерно введенная кислота приведет к образованию большого количества активных групп и снижению стабильности покрытия, а также к дальнейшей коррозии стальной матрицы. Напротив, недостаточное количество кислоты приведет к неполному превращению ржавчины. С этой целью были проведены исследования, которые показали, что 3,4,5-тригидоксibenзойная

кислота (ТБК) обладает многими преимуществами, позволяющими стать отличным средством для преобразования ржавчины. Во-первых, он широко присутствует в винограде, чае, грецких орехах, стручках фасоли и других растениях, и, что более важно, имеет низкую цену; во-вторых, это своего рода слабая органическая кислота, и в некоторой степени нет проблемы чрезмерной коррозии стали; и в-третьих, он содержит три гидроксильные функциональные группы, которые могут гибко проводить определенные реакции для усиления его способности к превращению в ржавчину [3]. Однако его низкая растворимость ограничивает его широкое и эффективное применение. Чтобы компенсировать недостатки ТБК и усилить его применение, были проведены исследования по модификации ТБК в сложный эфир с использованием триэтаноламина (ТА). Его продукт обладает превосходной растворимостью и способностью преобразовывать ржавчину. Путем оптимизации и изменения массового соотношения ТА и ТБК получают оптимизированный агент для преобразования ржавчины.

Важным критерием для определения качества состава преобразователя ржавчины является степень преобразования ржавчины, степень почернения слоя ржавчины после нанесения исследуемого состава. На рисунке 1 видно, что после нанесения состава преобразователя ржавчины на поверхность ржавой стальной пластины в течение примерно 20 мин, морфология поверхности ржавой стальной пластины значительно изменилась [4]. Изменение цвета поверхности ржавой стальной пластины в значительной степени зависит от реакции между ржавчиной и реагентом для превращения ржавчины с образованием других безвредных веществ. Другими словами, степень преобразования состава преобразователя ржавчины может быть качественно отражена по степени изменения цвета исходного слоя ржавчины.

Когда массовое соотношение ТА и ТБК в составе преобразователя ржавчины составляет 1:1, цвет поверхности ржавчины почти не меняется, что означает, что средство для преобразования ржавчины почти не вступает в реакцию с ржавчиной. Очевидно, что такая ситуация связана с тем, что не производится эффективное средство для преобразования ржавчины. Кроме того, при массовом соотношении ТА и ТБК, достигающем 3:1 и 4:1, цвет исходного ржавого листа значительно изменился, но обработанная поверхность демонстрирует очевидную шероховатость и неровности. С одной стороны, это показывает, что в этом случае образуется определенное количество средства для преобразования ржавчины, что приводит к изменению цвета исходного слоя ржавчины. С другой стороны, поскольку

содержание ТА в этих двух случаях чрезмерно, в составе для преобразования ржавчины имеются некоторые свободные состояния ТА, в результате чего состав для преобразования ржавчины не затвердевает быстро и полностью. Во время процесса отверждения из системы средства для преобразования ржавчины выходят пузырьки. Между тем, наличие избыточного ТА в определенной степени приводит к плохому выравниванию агента для преобразования ржавчины [5]. Вышеупомянутые две причины приводят к тому, что ржавая поверхность становится грубой и неровной.

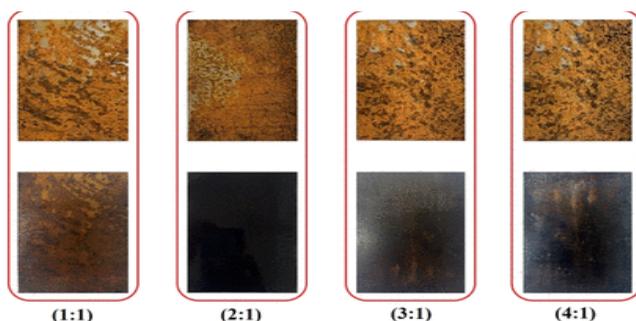


Рис. 1. Анализ степени превращения ржавчины при использовании состава преобразователя ржавчины

Напротив, когда массовое соотношение ТА и ТБК составляет 2:1, после того, как средство для преобразования ржавчины хорошо нанесено на исходную ржавую поверхность, можно видеть, что на ржавой поверхности образуется плотная и блестящая черная защитная пленка, что также указывает на то, что средство для преобразования ржавчины может сильно реагировать с ржавчиной. Другими словами, степень превращения ржавчины в данном случае наиболее очевидна, и полученная защитная пленка является гладкой и ровной [6].

Микроструктура ржавой поверхности после обработки исследуемым составом для преобразования ржавчины была проанализирована рентгеноструктурными исследованиями.

На рис. 2 видно, что исходная ржавчина состоит из мелких частиц и пор разного размера. Результаты рентгеноструктурных испытаний показали, что он в основном состоит из α -FeOOH и γ -FeOOH, что соответствует первоначальному виду ржавой стальной пластины.

Когда массовое соотношение ТА и ТБК составляет 2:1, поверхностная кристаллическая форма ржавой стальной пластины исчезает, а морфология поверхности превращается в плотный слой трещин с сопутствующими яркими частицами различных форм и

размеров (рис. 3). По сравнению с первоначальным слоем ржавчины пористая и шероховатая кристаллическая форма почти полностью исчезает, а поверхность становится более гладкой и завершенной.

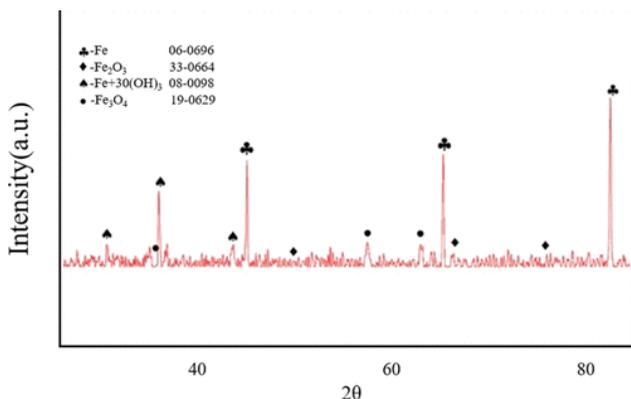


Рис. 2. Результат рентгенографии для исходной ржавчины

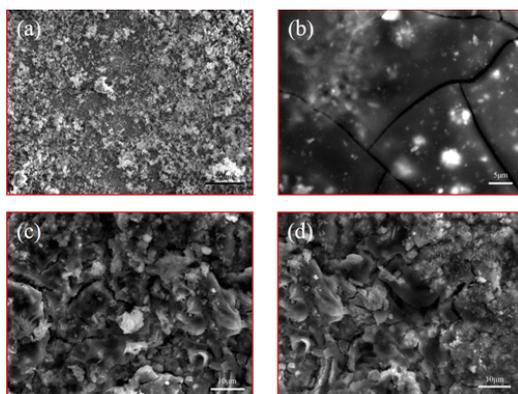


Рис. 3. Результаты СЭМ ржавой поверхности до и после обработки реагентами, преобразующими ржавчину

Таким образом, авторами был успешно синтезирован экологически чистый и высокоэффективный состав для преобразования ржавчины на водной основе, обладающий превосходной хелатирующей способностью, способностью к преобразованию ржавчины и коррозионной стойкостью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bhaskaran, R.; Palaniswamy, N.; Rengaswamy, N. S.; Jayachandran, M. A review of differing approaches used to estimate the cost of corrosion (and their relevance in the development of modern corrosion prevention and control strategies). *Anti-Corros. Methods Mater.* 2005, 52, 29– 41,

Govindaraju, K. M.; Prakash, V. C. A. Synthesis of zinc modified poly(aniline-co-pyrrole) coatings and its anti-corrosive performance on low nickel stainless steel. *Colloids Surf., A* 2015, 465, 11– 19,

2. Mahmood, H.; Vanzetti, L.; Bersani, M.; Pegoretti, A. Mechanical properties and strain monitoring of glass-epoxy composites with graphene-coated fibers. *Composites, Part A* 2018, 107, 112– 123

3. Usman, B. J.; Gasem, Z. M.; Umoren, S. A.; Solomon, M. M. Eco-friendly 2-Thiobarbituric acid as a corrosion inhibitor for API 5L X60 steel in simulated sweet oilfield environment: electrochemical and surface analysis studies. *Sci. Rep.* 2019, 9, 830

4. Roselli, S. N.; Romagnoli, R.; Deyá, C. The anti-corrosion performance of water-borne paints in long term tests. *Prog. Org. Coat.* 2017, 109, 172– 178

5. Bera, S.; Rout, T. K.; Udayabhanu, G.; Narayan, R. Water-based & eco-friendly epoxy-silane hybrid coating for enhanced corrosion protection & adhesion on galvanized steel. *Prog. Org. Coat.* 2016, 101, 24– 44

6. Cui, G.; Bi, Z.; Zhang, R.; Liu, J.; Yu, X.; Li, Z. A comprehensive review on graphene-based anti-corrosive coatings. *Chem. Eng. J.* 2019, 373, 104– 121

Хатков С. А., студент

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.

Голова Т. А.

Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

К ВОПРОСУ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Сфера строительства активно развивается и характеризуется большим количеством строительных объектов, во время возведения которых, образуется большое количество отходов. На сегодняшний день остро стоит вопрос утилизации строительного мусора. Данная тема является актуальной во всем мире, так как данный вопрос напрямую связан с охраной окружающей среды. Строительный мусор образуется

на всех этапах строительства, сноса, реставраций и реконструкций зданий и сооружений и имеет свою специфику. Благодаря инновационным технологиям, строительный мусор можно переработать в новое сырье. По данным Федеральной государственной службы статистики (Росстата) в период с 2019 по 2020 гг. при размещении промышленных (в том числе строительных) и твердых бытовых отходов нарушено 2917 га земель [1].

Все строительные отходы должны подвергаться вывозу со строительных площадок и в последствии утилизироваться. Сегодня, большая часть отходов подлежит захоронению на полигонах для твердых бытовых отходов, и лишь малая часть подвергается переработке с целью повторного использования.

В крупных городах действует следующий алгоритм вывоза и утилизации твердых бытовых отходов и строительного мусора: определяется территория под открытие мусорного полигона и на нем ведется захоронение отходов. После выработки ресурса полигона он закрывается и открывается новый. В связи с быстрыми темпами развития крупных городов и роста населения, процесс увеличения отходов, а в следствие и мусорных полигонов носит негативный характер для окружающей среды и здоровья близ живущего населения. Более того обслуживание мусорных полигонов требует больших затрат и приносит максимальный ущерб окружающей среде, так как безвозвратно теряются природные ресурсы. Согласно данным Росприроднадзора за 2020 год в России образовано 71,3 млн тонн строительных отходов, а из них переработано 15,5 млн тонн, что составляет 22% от общего объема отходов. Однако, оценки реального объема строительного мусора в стране показывают, что он в разы выше, чем фиксирует ведомственная статистика.

Таким образом, на сегодняшний день очевидна необходимость переработки строительных отходов для вторичного использования. Россия – большая страна с уникальной природой и историей. Очень важно сохранить красоту нашей Родины для будущих поколений, минимизируя количество мусорных свалок. Ученые всего мира занимаются поиском решений данной проблемы. Полностью решить ее можно будет, когда будет найден наиболее дешевый и практичный способ утилизации и переработки отходов.

Для возможности повторного использования строительных отходов необходимо учитывать их происхождение. От этого зависит их состав, а также выбор последующей утилизации. При этом отличаться

будут методы сбора, транспортировки и предварительного подготовки перед переработкой. Исходя из этого строительные отходы следует подразделять на две группы.

К отходам первой группы относятся отходы, образуемые при новом строительстве, ремонте, реконструкции и реставрации зданий и сооружений.

К отходам второй группы относят отходы, образуемые при сносе и деконструкции зданий и сооружений.

В процентном соотношении наибольшую часть составляют отходы первой группы. Они схожи по своему составу и качеству, требуют тщательной сортировки. По своим характеристикам они могут перерабатываться на сборно-разборных установках с дроблением материала на роторной дробилке ударно-отражательного действия. Анализ опыта в области переработки строительных отходов II группы показывает, что их целесообразно перерабатывать на стационарных комплексах, ввиду невозможности их переработки вблизи мест образования, обязательной подготовки к первичному дроблению и двухстадийным дроблением сортировкой по фракциям готовой продукции.

В мировой практике известны два основных принципиальных метода переработки строительных отходов: переработка отходов непосредственно на месте их образования; переработка на специальных комплексах.

Первый вариант не позволяет применять высокопроизводительное оборудование, которое могло бы обеспечивать получение чистого продукта. Кроме этого, оно требует особых мер экологической защиты.

Второй вариант предусматривает дополнительные логистические затраты на доставку отходов к местам переработки, которые компенсируются эффективностью работы мощных комплексов переработки, отбором всех посторонних примесей и включений и относительно простыми методами решения экологических проблем.

Практика показывает, что при грубом сносе зданий к вовлечению во вторичный оборот подлежит лишь 30% отходов. Известно, что при правильном и грамотном подходе к сносу зданий во вторичный оборот можно будет использовать не менее 80% строительных отходов. Все это будет являться возможным при существовании соответствующей нормативно-правовой базы. Постановление правительства РФ от 16 февраля 2008 года №87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» не предусматривает требований к

расчету объемов отходов при строительстве и сносе зданий и сооружений.

Из технологических регламентов известно, что во время сноса пятиэтажного панельного дома образуется около 8,5 тыс. тонн отходов: лом железобетона – 5,9 тыс. тонн (69,9%), бетона – 2,3 тыс. тонн (27,5%), стекло – 21,4 тонны (0,25%), линолеум – 7,4 тонны (0,09%), рубероид – 6,5 тонны (0,08%), дерево – 38,2 тонны (0,45%), асфальт – 24,3 тонны (0,29%), черные металлы – 53,4 тонны – (0,63%), 19,2 тонны – керамзита (0,23%) и т. п. Большинство этих отходов относятся к пятому (8,4 тыс. тонн, 99,1%) и четвертому (76,5 тонны, 0,9%) классам опасности.

Современная нормативно-правовая база по вопросам обращения со строительными отходами необходимы для того, чтобы не только получать вторичный щебень из бетона, но и для переработки технологически более сложных материалов. Например, полиэтилен, ПВХ, ламинат можно переработать во вторичную ПВХ-плитку, канализационные люки, декоративные ограждения и другие различные малые архитектурные формы.

Все сферы применения строительных отходов можно подразделить на две основные группы по областям применения вторичного строительного сырья: к первой группе относятся шумопоглощающие ограждения, забутовка строений, подушка для автомобильных дорог и железнодорожных путей, где не требуется материал высокого качества, а в целях экономии более дорогого и высококачественного первичного сырья можно применять только вторичное сырье. Ко второй группе можно отнести те области, в которых к качеству вторсырья предъявляют те же требования, что и к первой. Например, для применения в качестве несущего слоя для дорожного покрытия или заполнителя бетона в надземном и подземном строительстве.

Самый оптимальный метод утилизации отходов заключается в рециклинге и является материально выгодным. Переработка строительного мусора (рециклинг) позволяет повторно использовать материалы, бывшие в употреблении.

Отходы можно разделить на две группы по происхождению: органического и минерального. В табл. 1 и 2 и на рис. 1 представлены отходы и направления их вторичного использования [2].

Таблица 1

Отходы минерального происхождения

Подгруппы	Наименование позиций отходов	Приоритетные направления переработки
Отходы на основе естественного камня	бой облицовочных плит	- брекчевидные плиты, - мозаичные облицовочные плиты
	шламовые отходы камнеобработки	- шпаклевка, - штукатурка, - искусственный камень, - декоративные фасадные покрытия
	бой бортовых камней и прочие отходы на основе естественного камня	- щебень
Отходы на основе бетона строительных растворов	отходы железобетона	- порошковые наполнители для производства стеновых блоков и смесей для монолитного литья
	отходы тяжелого бетона	
	отходы ячеистого бетона	
	отходы легкого бетона	
Асбестоцементные отходы	листы кровельные, панели облицовочные, трубы, венткороба, электротехнические доски	- наполнители для производства огнестойких стеновых блоков
Отходы на основе стекла и приравненные к ним	стеклобой	- порошковое сырье для безавтоклавного производства пенобетонных блоков или применения в монолитном строительстве
	отходы пеностекла	
	отходы минваты, стекловаты	
	отходы перлитовых, вермикулитовых изделий	
Отходы на керамической основе	кирпичный бой, бой сантехкерамики, бой фаянсовой и керамической плитки	- пресспорошки, - смеси для шликерного литья, - добавки для огнестойких штукатурок - сырье для производства пигментов



Рис. 1. Схема отходов органического происхождения

Таким образом, очевидно, что использование современных и эффективных методов утилизации и дальнейшей переработки строительных отходов для вовлечения во вторичный оборот позволит снизить наносимый вред экологии окружающей среды, увеличить объемы производства товаров из вторичного сырья и уменьшить траты материальных, сырьевых и энергетических ресурсов, расходуемых с отходами производства.

В дальнейших работах, планируется рассмотреть вопросы утилизации и переработки строительных отходов на примере динамично развивающегося Краснодарского края, так как он занимает лидирующие позиции по объему строительства, а, следовательно, и количеству строительных отходов. Поэтому вопросы утилизации и сохранения экологически чистой окружающей среды в данном регионе стоит наиболее остро.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев А.В., Васильева Л.А. К вопросу о системном обеспечении экологической безопасности в условиях современного города. // Известия Самарского научного центра РАН. 2003. Т.5 №2. С. 363-368.
2. Кравцова М. В., Васильев А. В., Кравцов А. В., Носарев Н. С. Анализ методов утилизации отходов строительства с последующим

вовлечением их во вторичный оборот. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т.17, №4(4), 2015.

3. Смикалин Н. С. Утилизация и переработка строительного мусора // Наука и образование сегодня. 2019.

4. Барышева О. Б., Хабибуллин Ю. Х., Хасанова Г. Р. Утилизация твердых бытовых и строительных отходов. // Известия КГАСУ, 2014, №2 (28).

5. Кравченко А. А., Юдина И. И. Утилизация и переработка строительных отходов в области деконструкции // Молодежь и наука: материалы международной научно-практической конференции старшекурсников, студентов и аспирантов 29 мая 2020 г.

6. [1] Основные показатели охраны окружающей среды, статистический бюллетень // федеральная служба государственной статистики (РОССТАТ), г. Москва, 2021 Г.

**Черских Д.Ю., студент,
Чуйко К.К., студент**

**Научный руководитель: ассистент
Губарев С.А.**

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

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ

Фундамент - является основной несущей конструкцией здания. Именно он несет большую часть нагрузок, как от самого сооружения, так и от грунта. Распространенной группой фундаментов являются, фундаменты мелкого и глубокого заложения, которые изготавливаются из железобетона. К сожалению, со временем фундамент имеет свойство разрушаться и деформироваться. Это связано с воздействием на него различных временных, техногенных и природных факторов, которые в свою очередь оказывают негативное влияние на компоненты бетонной смеси. Все это приводит к возникновению трещин как на фундаменте, так и на стенах здания, появлению прогибов и неравномерных осадок конструкций, а иногда влечет за собой потерю устойчивости здания. Именно поэтому в настоящее время необходимо следить за состоянием и вовремя реагировать на изменения конструкций основания, в этот момент на первый план выходит - усиление фундаментов.

Сам процесс усиления оснований фундамента является очень трудоемким и сложным. Для каждого отдельного случая разрабатывается свой собственный проект, который не имеет типового

решения. Это связано с большим количеством факторов, влияющих на сам процесс усиления, таких как климат, наличие и уровень подземных вод, свойств грунта, особенностей конструктивного решения фундаментов и действующих нагрузок и др. При соблюдении всех особенностей усиления и качественно проведенной работе, мы можем достигнуть качественного усиления основания.

Существует несколько основных видов усилений, к ним относятся:
физико-механические;
конструктивные;
механические.

К физико-механическим способам можно отнести битумизацию, смолизацию, цементацию, силикатизацию, электрохимическое закрепление, термический метод и глинизацию. Рассмотрим некоторые из них:

Усиление фундаментов цементацией применяют, когда кладка ослаблена по всей толще, а увеличения нагрузки на основание нет. Такой метод производят путем инъекции в пустоты фундамента цементного раствора с помощью инъекционных труб. При таком способе повышаются прочностные и деформационные характеристики. Пример цементации представлен на рис. 1.

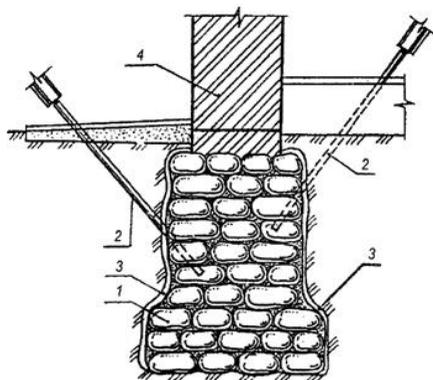


Рис. 1. Усиление фундамента цементацией: 1 – конструкция фундамента;
2 – инъекторы для цементного раствора; 3 – цементный раствор;
4 – кирпичная кладка

Похожий принцип имеет метод силикатизации. Его отличие в том, что вместо цементного раствора для упрочнения основания применяют силикатный раствор (жидкое стекло). Также особое внимание надо уделить подготовке конструкции. Она включает в себя раскрытие фундамента, установку инъекционных труб, форсунок, подключение к аппарату нагнетателя и проверка работоспособности самой системы [1].

Термический метод применяется в случаях, если грунты обладают сильными просадочными свойствами. С помощью него основание набирает прочность на сжатие, увеличиваются показатели водостойкости и морозостойкости. Термический метод имеет две технологии. Первая заключается в сжигании топлива в герметично закрытой сверху скважине, а вторая - в закачке воздуха температурой 600-800 °С в грунт.

Смолизация применяется для упрочнения мелких и пылеватых песков. Сущность этого метода заключается в инъекции в грунт особых органических соединений типа синтетических смол в смеси с различными отвердителями. Необходимо выбирать такие соединения, которые будут обеспечивать требуемые качества грунта. Существуют различные схемы расположения инъекторов. Они подразделяются на вертикальные, горизонтальные, наклонные и комбинированные. Все виды этих схем приведены на рис. 2, 3.

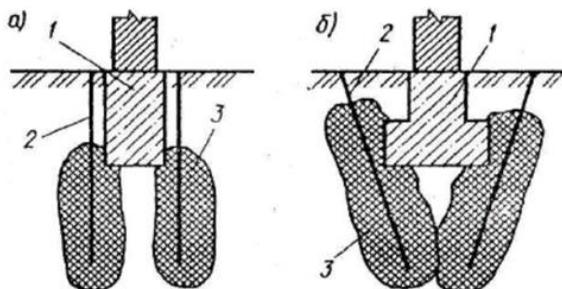


Рис. 2. Схемы расположения инъекторов: *а* – вертикальная; *б* – наклонная; 1 – усиливаемая конструкция (фундамент); 2 – инъекторы; 3 – синтетическая смола

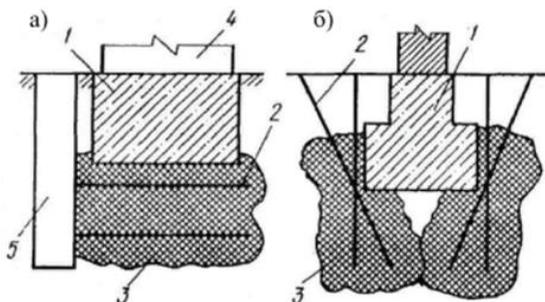


Рис. 3. Схемы расположения инъекторов: *а* – горизонтальная; *б* – комбинированная; 1 – усиливаемая конструкция (фундамент); 2 – инъекторы; 3 – синтетическая смола; 4 – стена; 5 – технологический колодец

Конструктивные методы укрепления фундамента проводятся до начала строительства. К ним относятся:

- армирование грунта;
- установка шпунтового ограждения;
- создание боковых нагрузок;
- устройство песчаных грунтовых подушек

Процесс армирования заключается в установке в грунт прочных элементов и материалов, повышающих его физико - механические свойства. При таком методе происходит взаимодействие уплотненных и закрепленных грунтов, а также установленных прочных элементов с окружающим массивом. Необходимо, чтобы введенные в грунт элементы хорошо работали на растяжение и сжатие, имели высокое сцепление с массивом. При учете всех этих качеств можно достигнуть устранения просадочных свойств грунта, повышения устойчивости фундамента и оснований.

Установка шпунтового ограждения применяется под сооружениями, имеющими большую осадку, для отдельных фундаментов, а также под мостовые опоры. Такой метод представляет собой забивку по всему периметру фундамента специальных свай. Эта конструкция уплотняет грунт, сам фундамент становится прочнее и более устойчивым, предотвращается обрушение стен котлована. Пример такого ограждения в реальной жизни представлен на рис. 4.



Рис. 4. Пример шпунтового ограждения

С помощью грунтовой подушки можно заменить слабый грунт другим, более прочным и подходящим под заданное сооружение и природные условия. Например, если произвести замену слабого грунта, который может допустить значительную осадку или же сдвиги, на

малосжимаемый, то можно значительно увеличить работу оснований. Устройство подушки из песка должно сопровождаться последующим его уплотнением, так как в рыхлом состоянии он способен к значительным осадкам. Именно поэтому в строительстве не применяют мерзлый песок, потому что он не поддается уплотнению. Толщина грунтовой подушки должна достигать 1,0-3,0 м [2, 3].

К механическим способам упрочнения фундаментов можно отнести:

- предварительное обжатие грунтов;
- поверхностное уплотнение грунтов;
- глубинное уплотнение грунтов

Поверхностное уплотнение грунтов сопровождается ударами трамбовкой по дну котлована. Количество ударов достигает до 8 раз по одному месту. Саму трамбовку подвешивают к стреле крана с последующим сбрасыванием на необходимый грунт. Ее изготавливают из железобетона или металла в форме усеченного конуса. Таким способом можно существенно улучшить качество грунта в основании.

Также поверхностное уплотнение производят с помощью катков и площадочных вибраторов.

В глубинном уплотнении существует множество способов, таких как:

- устройство грунтовых свай;
- глубинное виброуплотнение;
- предварительное замачивание;
- предварительное замачивание с подводными взрывами;
- глубинное глино-виброуплотнение взрывами

Все эти методы объединяет способ уплотнения, в каждом случае в саму толщу грунта вводится специальный необходимый инструмент. Этим инструментом может выступать песчаные или грунтовые сваи, вибробулавы, взрывчатое вещество и даже вода.

Предварительное обжатие грунтов производится посредством уплотнения грунта с помощью либо понижения уровня подземных вод, либо внешней нагрузкой, либо установкой вертикальных дренажей. Этот метод заключается в нагружении насыщенного водой слабого основания временной насыпью, с помощью которой вода выходит из пор грунта с последующим его уплотнением [4-6].

Таким образом, существует большое количество способов усиления фундаментов. При возникновении необходимости в усилении фундамента, необходимо тщательно изучать условия залегания фундамента, свойства грунта, климатические условия, воздействующие нагрузки и т.д. Все это позволит выбрать правильный метод усиления, а при соблюдении качества работ, выбранный метод будет способствовать повышению прочности и устойчивости основания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леденев В.И. Усиление конструкций при реконструкции. - Тамбов: ТИХМ. 1991. 104 с.
2. Штоль Т.М., Теличенко В.И., Феклин В.И. Технология возведения подземной части зданий и сооружений. – М.: Стройиздат. 1990. 288с.
3. Коробова О.А. Усиление оснований и реконструкция фундаментов. – Новосибирск: НГАСУ. 2008. С. 24-72.
4. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – Л.: Стройиздат. 1988. С. 415-418.
5. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полещук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. – Томск: Изд-во Томского ун-та. 1992. 456с.
6. Черныш А.С., Губарев С.А. Учет геологических особенностей грунта // Вектор Геонаук. 2018. Т.1. №1. С. 5-7.

Черских Д.Ю., студент

**Научный руководитель: ассистент
Губарев С.А.**

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

ВИДЫ ПРОТИВОКАРСТОВЫХ МЕР

Карст – это совокупность геологических процессов и явлений, которые вызывают химическое растворение и вынос водорастворимых горных пород подземными водами. В результате такого воздействия возникают различные деформации рельефа: пещеры в толще породы, поля, карры, карстовые колодцы, полости, каналы и впадины. Карст приводит к значительной утечке воды из водохранилищ, деформациям железнодорожных путей и автомобильных дорог, загрязнению подземных вод, наносит вред сооружениям, он вызывает их осадку и деформацию, а также может привести к их разрушению. Развитие карста происходит за счет наличия растворимых горных пород и проточных вод.

В зависимости от залегания карстующихся пород выделяют:

– открытый тип карста, когда карстующиеся породы покрыты лишь почвенным слоем или же практически выходят на поверхность;

- покрытый тип карста, когда карстующиеся породы покрыты слоями нерастворимых пород;
- карстующиеся породы, которые залегают в зоне аэрации постоянного водонасыщения

Также необходимо учесть наличие форм, внешне очень похожими на карст, но имеющими в основе другие причины, нежели те, которые ведут к образованию карстовых форм, так называемые псевдокарстовые процессы.

Глинистый карст наблюдается в местах, сложенных сильно карбонатными глинами, суглинками, а также лёссами. Значительную трещиноватость, пористость и карбонатность этих пород можно рассматривать как условия, сближающие эти районы с районами развития типичного карста. Однако здесь вынос растворенного материала по трещинам сочетается с механическим выносом глинистых и алевритовых частиц - *суффозией*.

Суффозия в карбонатных или засоленных глинистых грунтах способствует возникновению просадочных впадин - так называемых блюдец. Наличие карбонатсодержащих глинистых грунтов, при условии прогрессирующей трещиноватости, провоцирует образование подземных ходов и провалов, похожих на настоящий карст.

Термокарст имеет кардинально иную основу. В нем также образуются различные провальные и просадочные формы, которые спровоцированы таянием погребенного льда в областях распространения вечной мерзлоты [1].

К псевдокарстовым явлениям относится также способность горных пород быстро и значительно уплотняться при смачивании. Этой способностью обладают лёссовые породы и засоленные грунты. Первые уплотняются в связи с разрушением их микропористости, вторые - в результате растворения солей. Морфологическим следствием этого процесса является образование псевдокарстовых блюдец и воронок (рис. 1).

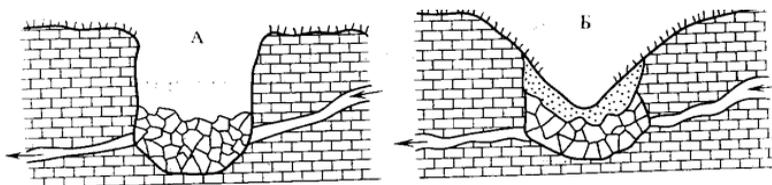


Рис. 1. Превращение колодезобразного провала в воронкообразную впадину:
А – колодецкий провал; *Б* – воронкообразная впадина

При строительстве объектов на закарстованных территориях необходимо уделять большое внимание инженерно - геологическим изысканиям. Их целью является общая оценка закарстованности территории и ее зонирование по степени устойчивости относительно карстовых процессов в целях определения оптимальных участков для строительства. При проведении инженерно - геологических условий необходимо определить факторы, которые оказывают значительное влияние на образование карста, оценить максимальные размеры карстовой полости, спрогнозировать изменение карстово-суффозионных процессов.

После проведения всех необходимых исследований, обработки их результатов и создания проекта приступают к противокарстовым мероприятиям. Для зданий с нормальным и повышенным уровнем ответственности защита от карстово - суффозионных процессов может производиться с помощью тампонажа и закрепления карстующихся пород. Этот метод заключается в нагнетании через буровые полости различных материалов, которые способны создать прочный состав и не будут размываться поступающей водой. Такие материалы способствуют прекращению или резкому замедлению карстово-суффозионных процессов и развития карстовых форм. Наиболее распространенные составы представлены в виде цементных растворов, состоящих из специальных марок цемента и различных наполнителей (кордовое волокно, резиновая крошка или опилки).

Виды тампонажных растворов:

- инертные растворы - глинисто (суглинисто) –песчаные;
- стабильные растворы. Для их приготовления применяют глины и суглинки каолиновые, бентонитовые и др.;
- нестабильные растворы. Их изготавливают из песка, золы, уноса, каменной муки, также допускается применение лессов;
- поризованные растворы. Они представлены в виде вспениваемых и вспучиваемых цементно-глинистыми растворами

Процесс противокарстовой защиты происходит таким образом. В образовавшуюся полость погружается буровая труба так, чтобы ее нижний конец прошел через нижний уровень карста, после этого происходит нагнетание необходимый для тампонажа растворов. В результате заполняются небольшие карстовые полости или образуется так называемый «цементный мешок». Он представлен в виде застывшего цементного раствора вокруг буровой трубы. После нагнетая специальных составов буровую трубу извлекают из карстовой полости на поверхность. По окончании застывания раствора бурят «цементный мешок» и производят последующие операции по возведению фундамента [2, 3].

Существует несколько вариантов тампонажа:

1. Тампонаж и закрепление толщи верхней карстующейся, раздробленной и трещиноватой зоны породы до кровли монолитной (незакарстованной) и закрепление покровных грунтов всей или части толщи надкарстующимися породами в пятне застройки объекта.

2. Тампонаж и закрепление толщи верхней карстующейся, раздробленной и трещиноватой зоны до кровли монолитных (незакарстованных) скальных пород.

3. Закрепление толщи грунтов покровных отложений непосредственно над карстующимися породами.

4. Закрепление толщи грунтов под фундаментами на глубину.

Помимо геотехнических противокарстовых мероприятий проводят конструктивные, водозащитные и эксплуатационные мероприятия [4].

Конструктивные мероприятия могут проводить как совместно с геотехническими, так и отдельно. Их суть заключается в проектировании специальных конструктивных решений фундаментов, таких как плоские или ребристые фундаментные плиты, перекрестные ленточные фундаменты с консольными удлинениями за пределы фундамента. Также применяют горизонтальные и вертикальные связи здания, тем самым повышая его жесткость (рис. 2).

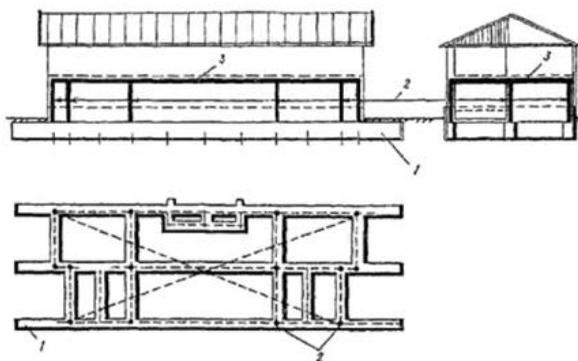


Рис. 2. Конструктивные мероприятия противокарстовой защиты:
1 – ленточный фундамент; 2 – армированные стойки; 3 – армированная горизонтальная рама на уровне перекрытия первого этажа

Конструктивные мероприятия носят пассивный характер. Они предназначены обеспечить сохранность здания и не влияют на карстово-суффозионные процессы.

Водозащитные мероприятия несут активный характер. Они производятся путем отвода грунтовых вод от карстующихся пород с

помощью устройства под зданиями маловодопроницаемых экранов, качественной засыпки котлованов и пазух, так же необходимо учитывать агрессивность состава подземных вод [5].

Эксплуатационные мероприятия необходимы для своевременного выявления изменения контролируемых параметров здания и грунтов оснований, которые могут привести объекты в ограниченно работоспособное или аварийное состояние, и принятия дополнительных мер противокарстовой защиты. К таким мероприятиям относятся:

- ограничение взрывных работ и источников различных вибраций;
- устройство глубинных грунтовых марок в покровные толще породы;
- геодезический контроль за деформациями земной поверхности и самого здания;
- устройство маяков на трещинах в конструкциях;
- периодическое наблюдение за состоянием конструкций;
- контроль за проявлением карстовых процессов и составом подземных вод.

Таким образом, противокарстовые мероприятия должны предотвращать или снижать активность суффозионно - карстовых процессов, исключать порывы подземных вод из карстовых полостей и в целом обеспечивать долговечную эксплуатацию зданий и прилегающих к ним территорий, важным условием выполнения всех этих мероприятий является постоянный контроль за карстообразующими процессами и явлениями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попов Ю.В., Пустовит О.Е. Курс «Общая геология». Учебное пособие «Карст». – Ростов-на-Дону. 2015. – 64 с.
2. Черныш А.С., Губарев С.А. Развитие упругих деформаций лессовых грунтов в зависимости от влажности // Вектор ГеоНаук. 2018. Т.1. №2. С.17-20.
3. Тимофеев Д.А., Дублянский В.Н., Кикнадзе Т.З. Терминология карста. – М: Наука. 1991. – 259 с.
4. Ананьев В.П., Потапов А.Д. Инженерная геология: Учеб. для строит. спец. вузов. 3-е изд., перераб. и испр. - М.: Высшая школа. 2005. 575 с.
5. Гвоздецкий Н.А. Карст. - М.: Мысль. 1981. 214 с.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Агапов А.А., магистрант

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

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

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО УСИЛЕНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ НА ОСНОВЕ УГЛЕВОЛОКНА

Усиление конструкций зданий и сооружений - одна из самых важных задач в строительстве. При этом оно может потребоваться как для эксплуатируемых сооружений (по причине естественного износа), так и для только что построенных. Самыми частыми причинами для усиления конструкций являются реконструкция и перепланировка зданий, ошибки проектирования, нарушения технологии строительства, снижение фактической прочности бетона, разрушение бетона, вызванное пожаром, повышение несущих нагрузок, усадочные и силовые трещины, ранняя распалубка. Одним из способов усиления железобетонных конструкций является армирование материалами на основе углеволокна [1].

Последовательность выполнения работ при усилении железобетонных конструкций композитными материалами на основе углеволокна следующая:

- ремонт и восстановление основания (разрушение бетона и коррозия арматуры);
- подготовка основания для усиления (нанесение праймера, выравнивание поверхности шпаклевкой);
- нанесение адгезива на основание;
- наклеивание усиливающего элемента (тканый холст/ламель);
- нанесение запечатывающего слоя (создание полимерной матрицы);
- нанесение защитного состава.

Ремонт и восстановление основания железобетонных конструкций перед усилением. Зачастую усиление железобетонных конструкций внешним армированием композитными материалами на основе углеволокна предполагает применение технологий ремонта и

восстановления основания железобетонной конструкции и производится поэтапно.

Ремонт трещин. Если на поверхности усиливаемой конструкции имеются трещины с шириной раскрытия более 0,3 мм, производится их инъектирование низковязкими эпоксидными или полиуретановыми составами через предварительно установленные пакеры, трещины с меньшей величиной раскрытия можно затереть раствором на полимерцементной основе.

Блокировка процессов коррозии. Если происходит отделение защитного слоя бетона – имеются процессы коррозии арматуры в теле бетона – необходимо обработать поверхность бетона мигрирующим ингибитором коррозии арматуры, препятствующим электрохимической коррозии между арматурой и ионами хлора, кислородом и влагой, присутствующими в бетоне. После выдерживания от 1 до 3-х дней продукты взаимодействия ингибитора и ржавчины тщательно смывают водой, а ремонтируемый участок подвергают сушке воздухом под давлением до достижения влажности основания 4–5 %.

Восстановление защитного слоя бетона. Каверны, сколы, раковины и другие дефекты должны быть не глубже 5 мм и по площади не более 25 см². Данные дефекты легко ремонтируются при использовании быстро твердеющих полимерцементных ремонтных смесей. Выполняется удаление участков слабого бетона с заглублением в «здоровый» бетон. Для повышения уровня совместной работы бетона усиливаемой конструкции с новым – усиливающим – слоем бетона, необходимо обеспечить шероховатость гладких контактных поверхностей за счет выполнения пескоструйных работ, обработки металлическими щетками или алмазными чашками, с последующим обеспыливанием с применением высоконапорной промывки поверхности водой под давлением не менее 1,0 атм.

Выравнивание значительных (> 25 см²) участков поверхности выполняется с использованием полимерцементных быстротвердеющих ремонтных составов с наполнителем в виде песка и мелкого щебня, гарантирующих хорошую адгезию бетону конструкции. После этого поверхность конструкции продувается сжатым воздухом для достижения влажности основания не более 4–5 %.

Очистка поверхности. Выполняется очистка от затвердевшего «цементного молока», лакокрасочных покрытий, слоев старых ремонтных и грунтовочных материалов, загрязнений и высолов. Для очистки поверхности конструкции от нефтепродуктов, жиров и другой органики применяют растворители, такие как уайт-спирит и др., а также раствор соды [2, 3].

Устройство фасок и галтелей. При монтаже обоев и установке хомутов из тканых холстов в поперечном направлении и при их загибе через углы конструкции, на углах необходимо выполнить фаски с длиной катета не менее, $a = 20$ мм, либо галтель с радиусом не менее $R = 20$ мм рис. 1.

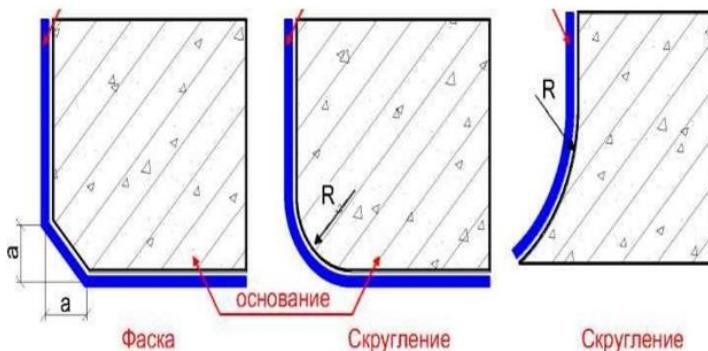


Рис. 1. Подготовка углов конструкции перед наклейкой тканых холстов

Монтаж усиливающих элементов на основе углеволокна. Перед производством работ по усилению конструкции ремонтный слой необходимо выдержать в течение 7-ми дней при температуре не ниже 20°C .

Работы по усилению, выполняются в следующей последовательности:

1. Производится уточнение и разметка мест расположения усиливающих элементов.

2. В интервале 12–24 ч после грунтования основания необходимо произвести его выравнивание, устранить мелкие дефекты 2-компонентной шпатлевкой, пользуясь стальным шпателем. Смешивание компонентов шпатлевки производить при температуре составляющих «А» и «Б» в пределах $+15 \dots +25^{\circ}\text{C}$. Полностью влить компонент «В» в компонент «А» и смешать миксером со шнековой насадкой, при небольшой скорости (~ 300 об/мин), смешивание вести на протяжении 3-х минут до создания смеси однородной консистенции. В момент нанесения шпатлевки температура основания и воздуха должна быть в пределах $+5 \dots +30^{\circ}\text{C}$.

3. На основание усиливаемой конструкции на участках проектного размещения усиливающих элементов нанести адгезив. Толщина нанесения клеевого состава составляет 0,5–0,8 мм.

4. Произвести наклеивание усиливающих элементов. Усиливающий элемент прижать к основанию при влажном адгезиве.

После наклеивания больше 2-х раз с усилением произвести обкатку тканых холстов в направлении расположения волокон, используя ролик или резиновый каток для пропитки холста клеевым составом и удаления воздуха из слоя клея таким образом, чтобы клей проступил через внешнюю плоскость тканого холста. Если тканые холсты монтируются в нескольких слоях, необходимо нанести 500 г/м² клеевого состава между всеми слоями.

Нельзя выполнять наклеивание тканых холстов на внутренних углах (узлы пересечения балок, стыки полок и стенок балок и др.). Перехлест усиливающих элементов допустим лишь при обеспечении их склеивания между собой.

Монтаж системы внешнего армирования из нескольких слоев композитных материалов в продольном и поперечном направлениях необходимо выполнять последовательно, послойно наклеивая усиливающие элементы. Количество слоев многослойных систем внешнего армирования необходимо ограничивать с учетом силы сцепления усиливающего элемента с бетонным основанием. Количество слоев рекомендуется принимать: для холстов – не более 5-ти, для ламелей – не более 3-х.

5. Нанести финишное покрытие адгезивом для создания эпоксидной матрицы.

6. Обработать (присыпать) поверхности усиливающих элементов кварцевым песком фракции от 0,5 до 1,0 мм для обеспечения адгезии последующих слоев, т. к. при полимеризации клеевого состава (адгезива) поверхность становится гладкой, и нанести на нее отделку или защитный состав будет трудновыполнимо.

7. Время выдерживания с целью отверждения клеевых составов – не менее 24-х часов при температуре выше 20 °С и не менее 36-ти часов при температуре от 5 °С до 20 °С.

После полного отверждения всех слоев системы усиления на ее поверхность наносится защитное покрытие [4, 5].

Если существует необходимость в соблюдении требований пожарной безопасности и защиты композитных материалов системы внешнего армирования от повреждений, необходимо выполнить нанесение защитного покрытия (краски на эпоксидной основе, полиуретановые покрытия, огнезащитные составы), сочетаемого с эпоксидными клеевыми составами (например, «СОТЕРМ-1Б»), обеспечивающими защиту и от воздействия ультрафиолетового излучения.

Безопасное выполнение работ. Применение эпоксидного клея требует обеспечения безопасности проведения работ, поскольку его пары опасны для дыхания человека. Работы должны проводиться в

обязательно проветриваемых помещениях и с использованием перчаток и спецодежды.

Необходимо применение респираторов при обработке и подготовительных работах под наклейку и при работе с усиливающими элементами для защиты органов дыхания, т. к. при раскройке тканых холстов и разрезке ламелей, и дальнейшей работе с ними на поверхности может скапливаться тонкодисперсная карбоновая пыль.

Так как готовый адгезионный состав вызывает раздражение кожи рук, предварительно следует обрабатывать руки и открытые участки кожи защитным кремом. Обязательно применение спецодежды, а также резиновых перчаток и защитных очков [6].

В данной статье детально рассмотрена последовательность выполнения работ при усилении железобетонных конструкций композитными материалами на основе углеволокна, технология ремонта и восстановления основания железобетонной конструкции, рассмотрена технология монтажа усиливающих элементов на основе углеволокна и последовательность работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Римшин В.И., Бикбов Р.Х., Кустикова Ю.О. Некоторые элементы усиления строительных конструкций композиционными материалами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. № 10. С. 381.
2. Бондаренко В.М. Примеры расчета железобетонных и каменных конструкций учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Промышленное и гражданское строительство» направления подготовки дипломированных специалистов «Строительство». М.: 2007. (2-е изд., доп.)
3. Бондаренко В.М., Римшин В.И. Усиление железобетонных конструкций при коррозионных повреждениях. М.: 2009. 234 с.
4. Чернявский В.Л., Хаютин Ю.Г., Клевцов В.А. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. М.: ООО «Интераква», 2007.
5. Есипов С.М. Усиление изгибаемых железобетонных элементов внешним композитным армированием с учетом условий эксплуатации: дис. канд. техн. наук. Белгород: 2020.
6. Римшин В.И. Критические технологии в строительстве // Вестник Отделения строительных наук Российской академии архитектуры и строительных наук. 1998. № 4. С. 16-18.

Аноприенко Д.С., студент,
Рафаелян А.В., студент,
Мухторов С.А., студент

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.

Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия
Ферганский политехнический институт, г. Фергана, Узбекистан

ВЛИЯНИЕ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ НА СВОЙСТВА СВЕРХЛЕГКОГО ПЕНОБЕТОНА

В связи с ужесточением требований к теплоизоляции жилья и повышением стоимости на энергоносители, свою популярность набирает такой вид бетона, как сверхлегкий пенобетон, обладающий низкой плотностью (80-250 кг/м³), который используется, например, для: тепло- и звукоизоляции стен, полов, плит, перекрытий; теплоизоляции крыш (сверхлегкий пенобетон низкой плотности дает превосходные тепловые свойства изоляции); заполнения траншейных полостей; теплоизоляции трубопроводов; заполнения пустот (сверхлегкий пенобетон текуч и им можно заполнять пустоты, гарантируя высокую теплоизоляцию) [1-3].

Данный вид бетона обладает принципиально другим размещением и упаковкой пор (рис. 1) [4].

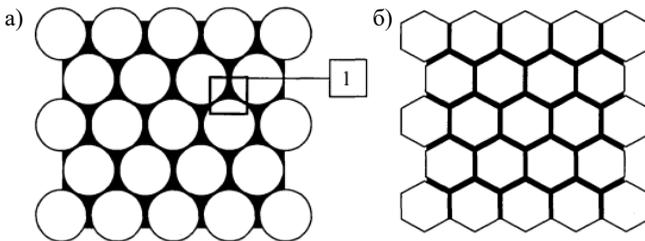


Рис. 1. Структура ячеистого материала: *a* – гексагональная упаковка сферических пор; *б* – упаковка полыми додекаэдрами

Если при использовании гексагональной упаковки сферических пор (рис. 1, *a*) их объем достигается 75 %, что соответствует плотности 400-500 кг/м³, то при использовании полых додекаэдров (двенадцатигранников, образованных равносторонними пятиугольниками) или сотовой структуры (рис. 1, *б*) можно достичь равномерного распределения толщин перегородок между порами, в результате чего получается высокая пористость материала – около 90-95 %.

В состав сверхлегкого пенобетона входят: пенообразователь, активатор, ускоритель твердения, цемент, сверхлегкий наполнитель, вода. Из-за своей нестабильности при большом уменьшении плотности возникают поры слишком больших размеров и сам материал значительно теряет в прочности и подвержен растрескиванию. Именно поэтому требуется контроль за составом сверхлегкого пенобетона и за процессом производства данного материала [5, 6].

Ключевым в составе пенобетона является пенообразователь, поскольку это вещество, которое определяет технические и эксплуатационные характеристики, а также участвует в образовании устойчивости пены. А само назначение пены при изготовлении сверхлегкого пенобетона – удерживать частицы минералов в дисперсной системе с определенной степенью объемного заполнения. Большинство пенообразователей – это органическо-синтетические соединения с дифильным строением молекул, содержащие гидрофильные (полярные) группы и углеводородные радикалы (аполярная часть) вместе с добавками-загустителями. Полярные группы - это OH, COOH, NH₂, SO₃H и др., а неполярные - это углеводородные цепи: прямые, разветвленные, замкнутые или их сочетание. Такая двойственность структуры и определяет поведение молекул поверхностно-активных веществ (ПАВ) в растворе и на границе раздела фаз.

Основными характеристиками пенообразователя являются вязкость, поверхностное натяжение, относительный объем пены через 30 минут хранения, кратность пены и воздухововлечение, а показателями качества пены являются пенистость, пеноустойчивость и дисперсность пены. Различные пенообразователи по-разному влияют на структуру образования, формирования и твердения пенобетонной массы, что в последствие сказывается на эксплуатационных характеристиках зданий и сооружений, построенных из сверхлегкого пенобетона. Различные пенообразователи по-разному влияют на перегородки между порами и на сами поры. Также требуется проанализировать оптимальные концентрации пенообразователя, поскольку при производстве используются различные добавки, они должны улучшать свойства пенобетона и не оказывать отрицательного влияния на процессы твердения цемента в составе смеси [7].

Влияние дозировки пенообразователя на теплопроводность и прочность на сжатие представлены в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость теплопроводности и прочности пенобетона от концентрации пенообразователя

Показатель	Концентрация пенообразователя, мас. %				
	0,5	1	1,5	2	2,5
Теплопроводность, Вт/(мК)	0,105	0,09	0,085	0,08	0,075
Прочность на сжатие, МПа	0,8	1,2	1,1	1,0	0,9

Недостаток пенообразователя приводит к получению нестабильных пен, а избыток – отрицательно влияет на протекание процессов твердения цемента вследствие адсорбционного модифицирования этого процесса. Актуальной является задача определения оптимальной концентрации пенообразователя и вводимых химических добавок, формирующих устойчивость пенобетонных смесей.

Таким образом, по графикам зависимости видно, что для получения прочности, которая будет соответствовать современным требованиям, без ухудшения теплоизоляционных свойств концентрация должна изменяться в диапазоне от 1 до 1,5 % масс.

Также рассмотрим влияние различных пенообразователей на свойства сверхлегкого пенобетона:

1. При выборе пенообразователя с сильными гидрофильными группами из-за его активной гидратации и абсорбции возникает структурированная оболочка вокруг пузырька воздуха, которая еще может быть усилена с помощью различных добавок (глицерин, этиленгликоль, метилцеллюлоза). В результате получается более прочный и менее электропроводный материал [8].

2. Введение в пенообразователь органических веществ, которые способны превращать вещества в коллоидные и полукolloидные растворы, способствует повышению в десятки раз одного из важнейших свойств пенообразователя – вязкость. Особенно перспективными считаются пенообразователи белкового происхождения типа «Ниапор», «Эдема» (Германия) и «Низт» (Казахстан). Коллоидные частицы, которые входят в адсорбционный слой пузырьков, выполняют барьерные функции в диффузионном переносе воздуха в пене. Благодаря этому увеличивается равномерность распределения и стабильность всего вещества в целом.

3. ПАВ, такие как ССБ, СДБ, КМЦ и неорганические электролиты (Na_2SiO_3 , NaOH и другие), при введении в раствор усиливает взаимодействие частиц с водой. Включение их в общий гидратный слой частицы расширяет диффузную область и соответственно увеличивает дзета-потенциал. Наличие водородных и гидроксильных ионов, определяющих рН среды, существенно влияет на величину электрокинетического потенциала. В жидкой фазе образуются нерастворимые осадки из продуктов кристаллизации, которые помогают закупоривать каналы Плато, что способствует увеличению пористости материала.

Именно поэтому, исследуя действия каждого пенообразователя, нужно увидеть его влияние на матрицу и установить, какой из них будет предпочтительнее в данной ситуации и не вызовет нестабильность смеси [9, 10].

Существует еще один важнейший компонент, который формирует свойства сверхлегкого пенобетона – вяжущее. Рассмотрим ряд закономерностей формирования микроструктуры сверхлегкого пенобетона с использованием таких вяжущих, как портландцемент, кальцийсульфоалюминатный цемент, метаксаолин, кремнистая зола-уноса, известковая зола-унос. В цементном тесте используется коммерчески доступный обычный портландцемент или сульфалоалюминат кальция. Есть несколько причин для использования сульфалоалюмината кальция в качестве альтернативного вяжущего для сверхлегкого пенобетона. Прежде всего сульфалоалюминат кальция можно считать более экологически чистым материалом, чем обычный портландцемент. Кроме того, такие свойства сульфалоалюмината кальция, как короткое время начального и окончательного схватывания, а также высокая ранняя прочность, являются достоинством сверхлегкого пенобетона [11].

Как правило, в дополнение к цементу в качестве вяжущего применяется метаксаолин, но в некоторых смесях вместо метаксаолина используется кремнистая летучая зола или известковая летучая зола. Хотя цемент является доминирующим вяжущим веществом в сверхлегком пенобетоне, дополнительные цементирующие материалы обычно применяются для улучшения консистенции состава смеси, структуры пор, а также для улучшения стабильности вспененного вещества [12]. Кроме того, летучая зола или микрокремнезем также улучшают прочность на сжатие и растяжение. Рассмотрим химический состав наиболее распространенных вяжущих представленные в табл. 2.

Таблица 2

**Химический состав используемых
в сверхлегком пенобетоне вяжущих**

Тип вяжущего	Химический состав, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O+K ₂ O
Цемент СЕМ I 52.5 R	20,1	4,50	3,30	64,90	1,40	2,8	0,93
Сульфалоалюминат кальция	9,2	28,1	1,52	39,2	3,5	11,4	0,43
Метаксаолин	52,1	41,0	4,32	0,07	0,19	0	0,89
Кремнистая летучая зола	51,06	27,34	7,88	2,69	2,62	1,03	4,14
Известковая летучая зола	41,5	17,3	5,2	26,6	1,6	2,8	0,55

Разный химический состав каждого вяжущего приводит к разным изменениям в свойствах сверхлегкого пенобетона. При использовании в одном случае обычного портландцемента с метаксаолином, а в другом случае известковую летучую золу, то получается стабильная смесь с равномерным распределением пор по всему материалу, в результате чего повышается прочность на сжатие и улучшаются теплотехнические показатели. Однако при использовании портландцемента и кремнистой

летучей золы пустоты становятся неправильной формы, в результате чего понижаются физико-механические характеристики [13].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что пенообразователь и вяжущее являются важнейшими составляющими, которые формируют в целом все физико-механические свойства сверхлегкого пенобетона: при использовании синтетических пенообразователей недостаток пенообразователя приводит к получению нестабильных пен, а избыток – отрицательно влияет на протекание процессов твердения цемента; использование сульфата алюмината кальция позволяет создать пенобетон низкой плотности с однородностью структуры и регулярностью воздушных пустот.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Ксаби Т.А. Особенности изготовления пенобетона на основе сухих строительных смесей // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов V Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Белгород, 2021. С. 209-212.

2. Сулейманова Л.А. Неавтоклавный пеногазобетон на основе сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 73-80.

3. Сергеев А.С., Сухоробров Д.Г., Пириева С.Ю. Применение пенобетона в малоэтажном строительстве // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 2513-2517.

4. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. – М.: Химия, 1983. 264 с.

5. Савенков А.И., Баранова А.А. Влияние концентрации пенообразователей на свойства пеноцементной матрицы // Сборник научных трудов Ангарской государственной академии: Техническая кибернетика. Химия химические технологии. Строительство. Транспорт. Физика и математика. Общественные науки. Медицина и экологические проблемы. Экономика. 2013. № 1. С. 182-186.

6. Карибаев К.К. Поверхностно-активные вещества в производстве вяжущих материалов / К.К. Карибаев. – Алмата-Ата: Наука. КазССР, 1980. – 336 с.

7. Филиппов Е.В., Удачкин И.Б., Реутова О.И. Теплоизоляционный безавтоклавный пенобетон // Строительные материалы. 1997. № 4. С. 4–5.

8. Горбач П.С., Щербин С.А. Влияние пенообразователя на свойства пены и пенобетона // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 5 (46). С. 126-132.

9. Ухова Т.А., Усова Л.С. О комплексных химических добавках, применяемых в технологии ячеистых бетонов. // Долговечность конструкций из автоклавных бетонов. / Госстрой ЭССР, Таллин, 1981.

10. Лотов В.А., Сударев Е.А. Влияние хлористого натрия и углекислого кальция на реологические характеристики синтетических пенообразователей в производстве пенобетона //Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 320. № 3. С. 50-52.

11. Баранов А.Т., Макаричев В.В. Состояние и перспективы развития и производства и применения изделий из ячеистых бетонов с пониженной объемной массой. – М.: Стройиздат, 1974, 112с.

12. Kearsley E.P., Wainwright P.J. Porosity and permeability of foamed concrete // Cement and Concrete Research. 2001 vol. 31, No. 5, Pp. 805–812.

13. Kearsley E.P., Wainwright P.J. The effect of porosity on the strength of foamed concrete // Cement and Concrete Research. 2002. vol. 32, No. 2, Pp. 233–239.

**Безъязычная А.О., студент,
Ерусова Ю.О., студент,
Шведова М.А., молодой ученый**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Артамонова О.В.**

*Воронежский государственный
технический университет, г. Воронеж, Россия*

РЕНТГЕНДИФРАКТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТВЕРДЕНИЯ ДО ТРЕХ ЛЕТ

В настоящее время установлено, что введение наноразмерных частиц различной природы и морфологии в состав цементных композитов позволяет улучшить их структуру и, соответственно, различные физико-механические свойства на ранних этапах твердения (28 суток) [1-5].

Однако, использование химически активных наноразмерных частиц может обуславливать как самоорганизацию структуры, и соответствующее увеличение прочностных характеристик модифицированного цементного камня, так и её деградацию, что может способствовать росту дефектов и деформаций, и, в итоге к разрушению материала. В связи с этим, необходимо проведение исследований, направленных на установление влияния наноразмерных частиц на

структурообразование цементного камня при продолжительности твердения более 28 суток.

Особенности фазового состава и прочностных свойств цементного камня, а также модифицированных цементных композитов при длительном твердении подробно рассматриваются в работах А.Н. Плугина [6] и Н.И. Макридина [7-9]. В работе [6] исследована долговечность цементного камня, а также цементных композиционных материалов с точки зрения коллоидной химии, физико-химической механики дисперсных систем, а также теории электрогетерогенных взаимодействий при твердении цементных вяжущих. Авторами выявлена и подтверждена взаимосвязь структурных особенностей цементного камня с его прочностными характеристиками. На основании установленных закономерностей предлагается количественная теория, позволяющая разработать новые представления долговременной ползучести бетона в массивных и длинномерных конструкциях, водопроницаемости бетона в безнапорных условиях.

В работах [7-9] проводили исследование фазового состава и прочностных свойств цементного камня при продолжительном твердении в зависимости от концентрации и способа введения суперпластификатора С-3. В данных работах установлено, что в образцах с добавкой суперпластификатора, образуется больше фаз, чем в эталонной системе, причем количество этих фаз возрастает с уменьшением В/Ц-отношения. Авторы предполагают, что формирование большого числа фаз вероятно связано с распадом твердых растворов, образующихся в результате гидратации.

Стоит отметить, что исследований, посвященных влиянию наноразмерных частиц на структурообразование и прочность цементных систем при их продолжительном твердении, практически отсутствуют. Таким образом, целью данной работы являлось исследование влияния комплексной наноразмерной добавки (КНД) на основе частиц SiO_2 на процессы структурообразования и физико-механические характеристики цементного камня при продолжительности твердения до 3 лет.

Для проведения экспериментальных исследований использовались цементные системы, для создания которых применяли портландцемент (Ц) типа ЦЕМ I и техническую воду (В). В качестве модификатора использовалась КНД состава « SiO_2 ($d = 5 - 10$ нм) – суперпластификатор Sika®ViscoCrete® 20 HE», полученная золь-гель синтезом по методике, изложенной в работе [10]. Были получены образцы эталонной системы Ц – В ($\text{В/Ц} = 0,33$) и наномодифицированной системы Ц – КНД ($\text{В/Ц} = 0,27$).

Фазовый состав и степень гидратации (C_c) полученных образцов определяли при помощи порошкового дифрактометра ARL X'TRA.

(CuK α , $\lambda = 1,541788 \text{ \AA}$); микроструктуру исследовали методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на сканирующем электронном микроскопе Phenom XL. Предел прочности при сжатии исследуемых систем определяли на образцах-кубах размером $5 \times 5 \times 5$ см определяли через 28 суток, 1 год и 3 года твердения в нормальных условиях на испытательной машине INSTRON Sates 1500HDS.

Результаты рентгенодифрактометрических исследований позволили установить, что для системы Ц – КНД как в начальный период, так и по прошествии 3 лет характерны высокие значения степени гидратации (табл. 1). Причем уже к 28 суткам твердения в данной системе достигается значение C_2 равное 93 %. В эталонной системе после 28 суток твердения фиксируется значение степени гидратации 75 %. После 3 лет твердения данный показатель возрастает до 82 %.

Исследование фазового состава цементных систем (табл. 2) показали, что после 28 суток твердения как в эталонной, так и в наномодифицированной системах фиксируются устойчивые фазы низкоосновного гидросиликата кальция состава $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, представляющего собой волокна, а также тоберморитоподобной аморфно-кристаллическая фазы состава $x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$.

Таблица 1

Кинетика гидратации и прочность цементных систем при продолжительности их твердения до 3 лет

Продолжительность твердения	28 сут	1 год	3 года
Степень гидратации / Предел прочности при сжатии ($R_{сж.}$, МПа)			
<i>Система Ц – В</i>	75 / 53	80 / 68	82 / 80
<i>Система Ц – КНД</i>	93 / 93	94 / 111	95 / 121

При этом, в системе Ц – В доминирующей фазой высокоосновного гидросиликата кальция $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, которая является доминирующей и представляет собой тонкие игольчатые кристаллы. В системе Ц – КНД присутствует небольшое количество фазы высокоосновного гидросиликата кальция $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ волокнистой морфологии.

После 1 года твердения как в эталонной, так и в наномодифицированной цементных системах фиксируются фазы низкоосновных ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$) и высокоосновного ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) гидросиликатов кальция. При этом, в системе Ц – В преобладающей является фаза высокоосновного гидросиликата кальция состава $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, а в системе Ц – КНД – тоберморитоподобная фаза $x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$.

В наномодифицированной системе наряду с указанными выше фазами также дополнительно фиксируются фаза четырехкальциевого алюмината ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}$), а также высокоосновного гидросиликата кальция $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, который является неустойчивым с термодинамической точки зрения. В эталонной системе также присутствует некоторое количество высокоосновного гидросиликата кальция состава $2\text{CaO}\cdot 3\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$.

высокоосновного гидросиликата кальция $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ игольчатой морфологии, а также тоберморитоподобная фаза $(\text{CaO})_x\cdot\text{SiO}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$, формирующаяся в виде кристаллитов пластинчатой морфологии. В системе Ц – КНД преобладают высокоосновные фазы состава $6\text{CaO}\cdot 6\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и $6\text{CaO}\cdot 4\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$. В эталонной системе наряду с типичными гидросиликатами кальция также присутствует малопрочная фаза портландита ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Таблица 2

Фазовый состав и морфология гидратных новообразований цементных систем при продолжительности их твердения до 3 лет

Химический состав / морфология фаз	
Система Ц – В (В/Ц = 0,33)	Система Ц – КНД (В/Ц = 0,27)
<i>28 суток</i>	
$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ / волокнистые или пластинчатые кристаллы; $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ / иглы, волокна; $x\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ / аморфно-кристаллические пластинки, иглы и волокна неправильной формы	$x\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ / аморфно-кристаллические пластинки, иглы и волокна неправильной формы; $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ / волокнистые или пластинчатые кристаллы; $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ / иглы
<i>1 год</i>	
$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ / волокнистые или пластинчатые кристаллы; $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ / иглы, волокна; $x\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ / аморфно-кристаллические пластинки, иглы и волокна неправильной формы; $2\text{CaO}\cdot 3\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ / иглы, волокна	$x\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ / аморфно-кристаллические пластинки, иглы и волокна неправильной формы; $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ / иглы, волокна; $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ / волокнистые или пластинчатые кристаллы; $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ / иглы; $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}$ / прямоугольные удлиненные кристаллы, гексагональные пластинки
<i>3 года</i>	
$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ / иглы; $(\text{CaO})_x\cdot\text{SiO}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ / пластинчатые кристаллы; $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ / иглы; $6\text{CaO}\cdot 6\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ / волокнистые агрегаты; $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ / волокна; $\text{Ca}(\text{OH})_2$ / пластинчато-призматические кристаллы	$6\text{CaO}\cdot 6\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ / волокнистые агрегаты; $6\text{CaO}\cdot 4\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ / волокна, пучки волокон; $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ / волокна; $x\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot z\text{H}_2\text{O}$ / пластинчатые кристаллы

После 3 лет твердения в эталонной системе преобладает фаза.

Данные рентгенодифрактометрических измерений коррелируют с результатами СЭМ (рис. 1).

В наномодифицированной цементной системе происходит формирование высокоосновных гидросиликатов кальция преимущественно волокнистой и игольчатой морфологии, а также низкоосновных гидросиликатов кальция, представляющих собой слабо закристаллизованный гель. В результате этого формируется плотная аморфно-кристаллическая структура с мелким размером зерен кристаллитов, которые образуют между собой большое количество контактов срастания и прорастания, что обеспечивает системе Ц – КНД высокие прочностные свойства на протяжении всего времени исследования (табл. 1).

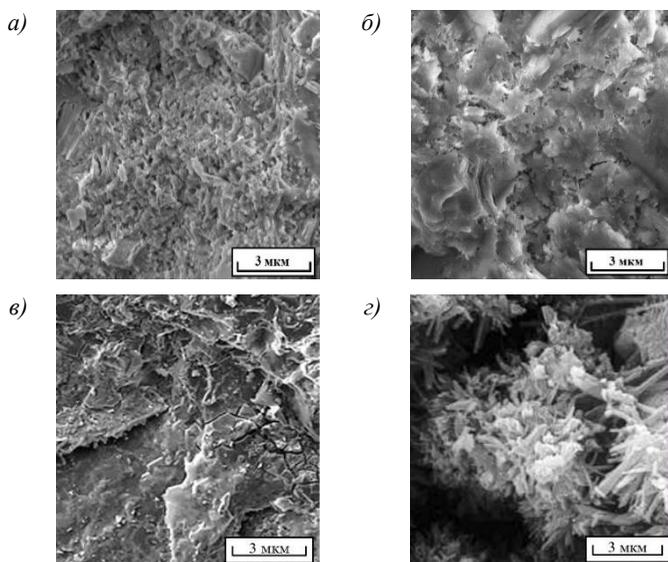


Рис. 1. Микрофотографии исследуемых систем (данные СЭМ):
а, в – система Ц – В; б, г – система Ц – КНД (а, б – продолжительность
твердения 28 сут; в, г – продолжительность твердения 3 г)

Так, в системе Ц – КНД уже к 28 сут значение предела прочности при сжатии, составляет 93 МПа, в то время как в эталонной системе Ц – В это значение составляет 53 МПа, что приблизительно в 1,7 раза меньше. Через 3 г твердения в наномодифицированной цементной системе показатель $R_{сж}$ увеличивается до 121 МПа, а в эталонной – до 80 МПа.

Таким образом, добавка КНД может быть эффективна при модифицировании структуры цементных композитов, так как способствуют образованию устойчивых гидратных новообразований, преимущественно волокнистой и пластинчатой морфологии, с большим числом контактов срастания и прорастания между собой и другими гидратными новообразованиями, что способствует увеличению прочностных характеристик цементного камня.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артамонова О.В., Шведова М.А. Нанодобавки как эффективные модификаторы структуры и свойств цементных систем твердения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2020. № 9 (741). С. 124 – 136.
2. Артамонова О.В., Славчева Г.С., Шведова М.А. Эффективность применения добавок нанотубулярной морфологии для модифицирования цементных систем // Неорганические материалы. 2020. Т. 56. № 1. С. 110 – 116.
3. Королев Е.В. Нанотехнология в строительном материаловедении // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 7 (106). С. 711 – 717.
4. Samchenko S.V., Zemsikova O.V., Kozlova I.V. Stabilization of carbon nanotubes with superplasticizers based on polycarboxylate resin ethers // Russian Journal of Applied Chemistry. 2014. V. 87. No. 12. P. 1872 – 1876.
5. Reches Y. Nanoparticles as concrete additives: Review and perspectives // Construction and Building Materials. 2018. V. 175. P. 483 – 495.
6. Плугин А.Н., Плугин А.А. Коллоидно-химические основы прочности и долговечности бетона и конструкций // Строительные материалы. 2007. № 7. С. 68 – 71.
7. Макридин Н.И., Максимова И.Н., Овсюкова Ю.В. Долговременная прочность модифицированной структуры цементного камня. Часть 1 // Строительные материалы. 2010. № 10. С. 74 – 77.
8. Макридин Н.И., Максимова И.Н., Овсюкова Ю.В. Изменение конструкционной прочности модифицированной структуры цементного камня во времени // Региональная архитектура и строительство. 2011. № 2. С. 36 – 41.
9. Макридин Н.И., Тараканов О.В., Максимова И.Н. Фазовый состав и механические свойства модифицированной структуры цементного камня многолетнего твердения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 31-2 (50). С. 136 – 143.
10. Артамонова О.В. Синтез наномодифицирующих добавок для технологии строительных композитов: монография – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2016. 100 с.

Богачева М.А., аспирант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

ФИБРОБЕТОН И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Бетон остается основным конструкционным материалом в различных эксплуатационных условиях, так как высок показатель архитектурно – строительной выразительности, малой энергоемкости и эксплуатационной надежности. Наряду с простотой и доступностью технологии этого материала, возникает шанс усовершенствования бетона с помощью применения отходов производства [1].

Использование отходов производства в эффективных строительных материалах, таких как бетон, решает вопрос, связанный со снижением стоимости строительства, и обеспечивает нормативные показатели уровня качества производимой продукции.

Из бетонов, которые относятся к новым видам и активно внедряются в производство, выделяют фибробетон, состав которого может включать в себя фиброволокно различного вида. Армированный бетон – это классическое сочетание мелкозернистых бетонов с различными армирующими волокнами: стальными, стеклянными или синтетическими. Данный вид бетона предназначен для формирования конструкций с особой прочностью.

В современном мире большое внимание уделяется изучению и усовершенствованию физико-механических и деформативных характеристик фибробетона.

Применение фибры в бетоне обеспечивает бетону более высокие показатели по таким характеристикам как прочность на растяжение, изгиб, срез, ударную и усталостную прочность, трещиностойкость, морозостойкость, водонепроницаемость, жаропрочность и пожаростойкость. Кроме того, отличительными особенностями фибробетонов являются высокие показатели анизотропности и дискретности. Данные признаки способствуют возможности выделить фибробетоны в независимую группу конструкционных материалов, отличающихся особенностями строения и свойствами.

К новому поколению бетонов относятся дисперсно–армированные бетоны, появление которых обусловлено развитием инновационных технологий, сменяющих уже существующие виды. Фибробетон есть

разновидность цементного мелкозернистого бетона, с равномерно распределенными фиброволокнами, осуществляющими функцию армирующих компонентов [2].

В большинстве стран активно развивается научно-исследовательская деятельность, в которой исследуются свойства дисперсно-армированных бетонов. Наиболее часто фибробетон применяется при возведении фундаментов под оборудование, сопровождающего динамическими действиями, в дорожном строительстве и при облицовке тоннелей [3].

В строительстве промышленного и гражданского назначения полимеры, армированные фиброй различного вида, находят применение в ограждающих элементах зданий и сооружений. Изготовленные из фибробетона стены, перегородки, перекрытия, покрытия, полы, конструкции специального назначения, такие как: трубы, каналы, лотки, шпунты, кольца и тубинги обладают хорошими эксплуатационными свойствами [4, 5].

К преимуществам фибробетонов следует отнести:

- высокие эксплуатационные качества;
- низкие затраты за счет использования фиброволокна вместо армирующего каркаса или сетки;
- стойкость к температурным воздействиям, влагостойкость и морозостойкость;
- высокие адгезионными качествами;
- малый вес по сравнению с обычным бетоном;
- длительный срок службы по сравнению с обычным бетоном.

К недостаткам фибробетонов относят:

- повышенный износ бетоносмесительного оборудования;
- высокую стоимость в сравнении с обычным бетоном. Данный недостаток компенсируется долговечностью материала. Так же использование отходов промышленного производства постепенно снижают стоимость фибробетона.

Дисперсно-армированные бетоны дают экономический эффект за счет высоких показателей долговечности, эксплуатационной пригодности, износостойкости, а также повышения межремонтного ресурса и безопасности зданий и сооружений при пожарах и сейсмических воздействиях [5].

Активное производство и успешное использование фибробетона практикуется более чем в ста странах мира. С каждым годом этот материал применяют в новых сферах строительства. На сегодняшний день в России номенклатура и показатель объема выпускаемой продукции, выполненной из фибробетона невелики, тем не менее, опыт

зарубежных стран убеждает российских специалистов в перспективности использования данного строительного материала [6].

Композиции, выполненные из дисперсно–армированных бетонов, являются строительными конструкциями, обладающими высокими показателями прочности на изгиб и ударную вязкость. Выбор дисперсно–армированных волокон обуславливается тем, какими характеристиками должна обладать конструкция, чтобы удовлетворять заданным требованиям [7].

В современном строительстве бетоны дисперсно армируют металлическими (чаще стальными) и неметаллическими (минеральными, синтетическими и другими) высоко- и низко модульными фиброволокнами с различной длиной и поперечным сечением. Стальные волокна получают при резке низкоуглеродистой проволоки, листовой стали, фольги, также формируют из расплава и фрезерованием полосок и слябов. Фибра неметаллического происхождения (синтетическая, базальтовая, стеклянная и другие) представляет собой моноволокна в виде отрезков, комплексные нити и фибриллированную пленку, при изготовлении которых, в ряде случаев, применяют промышленные отходы соответствующих производств.

Эффективность фибробетонов достигается правильным сочетанием свойств составляющих его компонентов. Важным компонентом этих бетонов являются фиброволокна – стальные или неметаллические.

Фибробетон классифицируют в зависимости от материала фиброволокна. В настоящее время бетоны армируют фиброволокнами следующего вида:

1. Стальная фибра – отрезки стальных волокон.

Производится следующими способами:

- резка тонкой проволоки или стального листа;
- вытяжка (экструдирование) стального расплава;
- фрезерование специальных слябов.

Стальная фибровая арматура достаточно эффективна с учетом стоимости. Модуль упругости такой фибры в 5–6 раз больше модуля упругости бетона. Такое фиброволокно может иметь круглое, прямоугольное и другое поперечное сечение размером от 0,2–1,6 мм и длиной от 5–160 мм.

Сталефибробетоны – это сочетание мелкозернистого и тяжелого бетона со стальной фиброй, равномерно распределенной по объему бетона, совместная работа которых обеспечивается за счет сцепления анкеров на концах фибр и их поверхности.

По сравнению с традиционным железобетоном сталефибробетон рекомендуют для изготовления конструкций, использование которых наиболее эффективно. Технические преимущества сталефибробетона по сравнению с обычным железобетоном [8]:

- повышение трещиностойкости, ударной прочности, вязкости разрушения, износостойкости и морозостойкости;
- понижение усадки и ползучести;
- использование более эффективных конструктивных решений, таких как тонкостенные конструкции, конструкции без стержневой, сетчатой распределительной или поперечной арматуры;
- снижается показатель трудозатрат на арматурные работы, повышается степень механизации производства;
- применение новых технологий формирования армированных конструкций, таких как торкретирование.

2. Стекланная фибра – стекланная монополь.

При дисперсном армировании бетона применяют особое щелочестойкое стекловолокно, поскольку обыкновенное алюмоборосиликатное, то есть бесщелочное, волокно довольно быстро подвергается коррозии в щелочной среде при твердении бетона, что требует специальных защитных мероприятий.

3. Базальтовая фибра – материал натурального происхождения, представляющий собой короткие отрезки.

Базальтовое волокно обладает высокой прочностью от 1900–3900 МПа и высокой степенью дисперсности армирования бетона, что влечет за собой повышение прочности и деформативности, а также обладает мощной исходной сырьевой базой.

Фибробетон на основе базальтового волокна переносит большие упругие деформации, так как базальтовое волокно практически не имеет пластических деформаций при растяжении, модуль упругости базальтофибробетона превосходит бетон в 3 и более раза. За счет небольшой плотности базальтового волокна, происходит облегчение конструкций, общий вес здания и расходы на строительство уменьшаются. Толщина волокон составляет 10–12 мкм, этому способствует показатель поверхности сцепления с цементной матрицей до 100 000 м/кг в зависимости от дозировки волокна.

4. Синтетические полипропиленовые волокна – тонкие волокна белого или желтого цвета, длиной 6–12 мм.

Эффективно применяется для улучшения реологических свойств бетонных смесей, способствует структурообразованию бетонной матрицы на стадии твердения и повышению долговечности. Фибра из

таких волокон отличается химической стойкостью и не высокой стоимостью.

Высокомодульный полипропилен отличается высоким модулем упругости до 800 МПа, высокой механической прочностью до 500 МПа и химической стойкостью, также широк температурный диапазон применения от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-320\text{ }^{\circ}\text{C}$, радиопрозрачностью и неэлектропроводностью.

Синтетическая добавка способствует получению дополнительных свойств:

- отсутствуют микротрещины и расслоения;
- повышается способность сопротивления к агрессивным средам и устойчивостью к нагрузкам и деформациям;
- повышается влагустойчивость и долговечность;
- прекращается образование пыли.

5. Акриловые волокна (полиакрилонитрильные волокна) – получают из акрилонитрила, полученного путем переработки каменного угля, газа или нефти. При полимеризации из акрилонитрила получают полиакрилонитрил. Из его раствора формируется фибровое волокно, которое подвергают вытягиванию, промывке, засмаливанию, гофрированию и сушке. Волокна приобретают вид длинных нитей и штапеля. Данный вид волокон устойчив к воздействию сильных кислот со средним показателем концентрации даже в процессе нагревания и устойчив к щелочам средней концентрации.

Поперечное сечение полиакрилонитрильного фиброволокна имеет форму фасоли или гороха и шероховатую поверхность благодаря технологии мокрого прядения [9].

Также используют в качестве наполнителя фиброволокна следующих видов: полиэтиленовые волокна; нейлоновые волокна; вискозные сверхпрочные; полиэфирные; хлопковые; карбоновые; углеродные волокна, которые являются наиболее эффективными с позиции прочности и долговечности при экстремальном химическом и пожарном воздействиях; асбестовые; смешанная фибра.

Распространенными видами дисперсных волокон являются: металлическая, полипропиленовая, базальтовая, стеклянная, углеродная и целлюлозная фибра. При изготовлении фибробетона большое влияние оказывает выбор волокна, тип вяжущего и оптимально подобранный химический состав нитей. Основные характеристики чаще всего используемых видов волокон приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики различных видов фиброволокон

Характеристика	Вид фибры			
	Стальная	Стеклоанная	Полипропиленовая	Базальтовая
Длина фиброволокна, мм	30-50	4,5-18	6-18	3,2-15,7
Диаметр, мм	0,25-1,2 мм	0,013- 0,015	0,010-0,025	0,013-0,017
Температура плавления, °С	1550	860	160	1450
Стойкость к коррозии и щелочам	Низкий показатель	Только для щелочестойкой фибры	Высокий показатель	Высокий показатель

Сравнительные механические характеристики различного вида волокон, применяемых в строительстве, представлены в табл. 2 [10].

Таблица 2

Физико – механические характеристики различных видов фиброволокон, используемых для изготовления дисперсно – армированных бетонов

Вид фиброволокна	Показатель плотности, г/см ³	Характеристики модуля упругости, МПа	Показатель прочности на растяжение, МПа	Процент удлинения при разрыве, %
1 Стальная фибра	7,80	190000-210000	600-3150	3,0-4,0
2 Стеклоанная фибра	2,60	7000-8000	1800-3850	1,5-3,5
3 Базальтовая фибра	2,6-2,7	7000-11000	1600-3200	1,4-3,6
4 Синтетическая полипропиленовая фибра	0,9	3500-8000	400-700	10-25
5 Акриловая фибра	1,1	2100-2150	210-420	25-45
6 Полиэтиленовая фибра	0,95	1400-4200	600-720	10-12
7 Нейлоновая фибра	1,1	4200-4500	770-840	16-20
8 Вискозная сверхпрочная	1,2	5600-5800	660-700	14-16
9 Полиэфирная фибра	1,4	8400-8600	730-780	11-13
10 Хлопковая фибра	1,5	4900-5100	420-700	3,0-10
11 Карбоновая фибра	1,63	280000-380000	1200-4000	2,0-2,2
12 Углеродная фибра	2,0	200000-250000	2000-3500	1,0-1,6
13 Асбестовая фибра	2,6	68000-70000	910-3100	0,6-0,7

Многообразие указанных видов фибровых волокон является достаточным для формирования широкого спектра дисперсно-армированных бетонов разного состава, плотности и прочностных

характеристик, что способствует достаточно масштабной и объективной оценке влияния на физико–механические свойства и долговечность получаемых фибробетонов [11].

В настоящее время дальнейшее совершенствование технологий дисперсно-армированных бетонов допустимо за счет развития номенклатуры композитного фиброволокна различного вида и свойств, обладающими рядом значимых преимуществ, позволяющих найти сферы нового применения при производстве конструкций и изделий.

Экономическая эффективность применения конструкций из фибробетона достигается благодаря улучшенным свойствам, которые приобретают конструкции с внедрением в нее фиброволокна, а также путем изменения технологий производства и возведения [12]. Это способствует увеличению срока службы конструкций и снижению затрат на функционирование конструкций на протяжении определенного срока.

Таким образом, подтверждение целесообразности использования дисперсно-армированных конструкций исходит из правильного понимания работы конструкций под нагрузками, оценки модернизированных свойств после внедрения фиброволокна различного вида и исходит из опыта производства и эксплуатационных параметров конструкций.

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. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А. Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. №7. С. 113-116.
3. Пухаренко, Ю.В. Исследование свойств сталефибробетона на основе аморфной металлической фибры / Ю.В. Пухаренко, У.Х. Макдеев, В.И. Морозов и др. // Вестник ВолгГАСУ. Строительство и архитектура. – 2013. – Вып. 31 (50). – С. 132 – 136.
4. Богданова, Е.Р. Экспериментальные исследования бетона, дисперсноармированного синтетической полипропиленовой фиброй / Е.Р. Богданова // Известия Петербургского университета путей сообщения 2015 – №2 (43). – С. 91 – 98.
5. Клюев, С.В. Фибробетон на техногенном песке КМА и композиционных вяжущих для промышленного и гражданского строительства / С.В. Клюев, Р.В. Лесовик, А.В. Клюев // Белгород; Изд – во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – 124 с.
6. Клюев, С.В. Фибробетон для тяжелонагруженных полов промышленных зданий: монография / С.В. Клюев, Р.В. Лесовик, А.В.

Клюев, А.В. Гинзбург, С.А. Казлитин // Белгород: Изд – во БГТУ, 2013. – 116 с.

7. Пухаренко, Ю.В. Исследование свойств сталефибробетона на основе аморфной металлической фибры / Ю.В. Пухаренко, У.Х. Макдеев, В.И. Морозов и др. // Вестник ВолгГАСУ. Строительство и архитектура. – 2013. – Вып. 31 (50). – С. 132 – 136.

8. Прокофьева, Ю.А. Самоуплотняющиеся фибробетоны для монолитных конструкций / Ю.А. Прокофьева, В.Н. Шишканова // Наука и образование: новое время. 2019. № 2 (31). С. 99 – 106.

9. Талантова, К.В., Михеев, Н.М. Исследование влияния свойств стальных фибр на эксплуатационные характеристики сталефибробетонных конструкций / К.В. Талантова, Н.М. Михеев // Ползуновский вестник. – 2011. – №1. – С. 194 – 199.

10. Соловьёв, В. Г. Эффективность применения различных видов фибры в бетонах / В. Г. Соловьёв, Е. А. Шувалова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 09 (63) Часть 3. – С. 78 – 81.

11. Перепечко, С. А. Фибробетон и его использование в северных регионах России / С.А. Перепечко // Молодой ученый. 2017. №2. С. 185-187.

12. Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Ерохина И.А. Общая закономерность получения материалов с высокими качественными показателями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2006. № 15. С. 155.

**Валиева Д.М., студент,
Хузиахметова К.Р., аспирант,
Мурсалимова Д.Р., студент**

**Научный руководитель: д-р техн. наук., проф.
Абдрахманова Л.А.**

*Казанский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Казань, Россия*

МОДИФИКАТОРЫ УДАРНОЙ ПРОЧНОСТИ ДЛЯ ПВХ-КОМПОЗИЦИЙ

Одним из промышленно освоенных пластиков строительного назначения является поливинилхлорид (ПВХ), который обладает рядом преимуществ по эксплуатационным свойствам [1, 2]. Однако в процессе производства готовых изделий ПВХ практически невозможно использовать в чистом виде, так как это хрупкий полимер, расплав которого имеет высокую вязкость [3]. Эту проблему можно решить путем введения в композицию эффективных модификаторов, которые

способны повлиять на перерабатываемость и ударную прочность одновременно [4, 5]. Такая полифункциональная добавка способна придать ПВХ высокую ударную вязкость при низких температурах, уменьшить время плавления и увеличить гомогенизацию расплава, что является важнейшими показателями при переработке полимера.

В данной работе исследовано влияние стирол-бутадиеновых модификаторов ударной прочности на свойства ПВХ-композиций. Отличительной особенностью модификаторов при их производстве является обработка поверхности опудривателями разной природы для снижения агрегации:

- «модификатор 1» – обработан карбонатным опудривателем;
- «модификатор 2» – обработан силикатным опудривателем;
- «модификатор 3» – обработан смесью карбонатного и силикатного опудривателя.

Рецептуры ПВХ-композиций представлены в табл. 1.

Таблица 1

Рецептура ПВХ-композиций

Компонент	Концентрация, м.ч.			
Поливинилхлорид	100			
Комплексный термостабилизатор	5			
Стабилизатор-смазка	3			
Модификатор 1	-	1	-	-
Модификатор 2	-	-	1	-
Модификатор 3	-	-	-	1

Заранее смешанные порошкообразные композиции загружали в лабораторный двухшнековый экструдер *LabTechScientific LTE 16-40* с плоскощелевой формой фильеры. Регулирование требуемого уровня обогрева экструдера осуществляли на десяти цилиндрических зонах при температуре переработки 188-200 °С. Экструзия осуществлялась при одинаковой скорости вращения шнеков (25 об/мин).

Получение экструдатов является трудоемким процессом. Повышенная производительность характеризуется возникновением трения и сдвиговых деформаций при движении композиции в процессе соприкосновения частиц материала друг о друга, шнека и цилиндра экструдера. На рис. 1 представлено изменение загрузки от максимальной мощности двигателя экструдера в зависимости от выбранного модификатора.

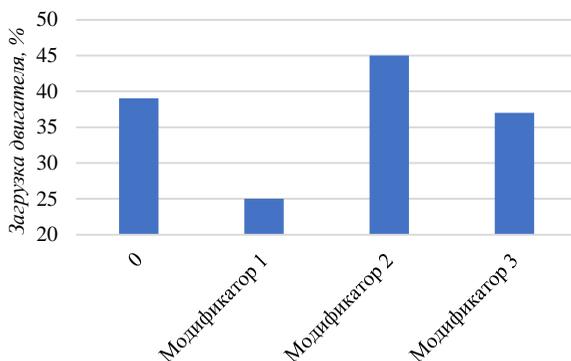


Рис. 1. Загрузка двигателя экструдера в зависимости от модификатора

Оптимальная нагрузка двигателя не должна превышать 50 % от максимальной. Как видно из рис.1, при одинаковых условиях переработки влияние модификаторов различно по сравнению с немодифицированной композицией. «Модификатор 1» способствует снижению загрузки двигателя на 36%, а «модификатор 3» – на 5%. При этом тяжелее перерабатываются рецептура в присутствии «модификатора 2» (увеличение на 13%).

Прочность при изгибе определяли на разрывной машине РМ-250 по ГОСТ 4648-2014 рис.2.

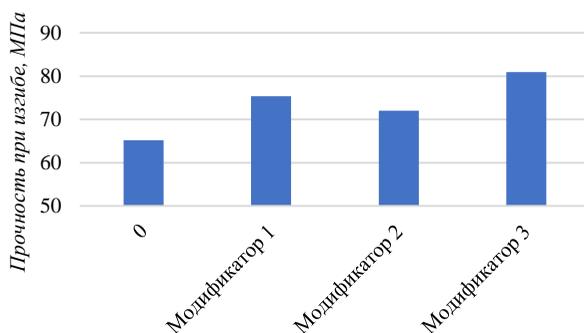


Рис. 2. Прочность при изгибе в зависимости от модификатора

Использование модификаторов позволяет повысить прочность при изгибе во всех случаях: при использовании «модификатора 1» на 14%, «модификатора 2» на 13% и «модификатора 3» на 20%.

Ударную вязкость определяли методом Шарпи на маятниковом копре Gotech Testing Machine GT-7045-MDL по ГОСТ 4647-2015 (рис. 3).

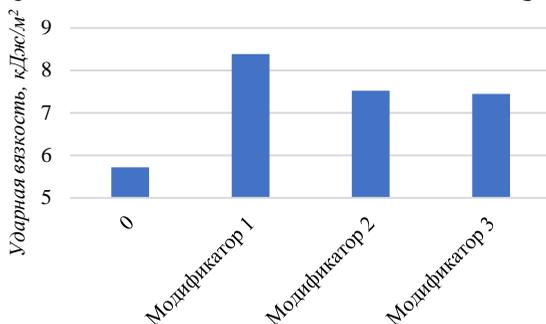


Рис. 3. Ударная вязкость в зависимости от модификатора

По результатам испытания видно, что при введении «модификатора 1» ударная вязкость увеличивается на 32%, «модификатора 2» на 24% и «модификатора 3» на 23%.

Таким образом, стирол-бутадиеновый модификатор, обработанный карбонатным опудривателем, более предпочтителен для экструзионной переработки и эффективен в качестве модификатора ударной прочности. При этом присутствие силикатного опудривателя способствует повышению загрузки двигателя от максимальной мощности экструдера. Однако прочность при изгибе можно значительно повысить при использовании модификатора, обработанного смесью карбонатного и силикатного опудривателя

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Низамов Р.К. Полифункциональные наполнители для поливинилхлоридных композиций строительного назначения // Строительные материалы. 2006. № 7. С. 68–70.
2. Хантимиров А.Г. и др. Древесно-полимерные композиты на основе поливинилхлорида, усиленные базальтовой фиброй // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 61, № 3. С. 75–81.
3. Исламов А.М. и др. Поверхностная модификация поливинилхлорида водной коллоидной дисперсией графеновых нанопластинок // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 56, № 2. С. 13–21.
4. Лавров Н.А. и др. Влияние модификаторов ударопрочности на свойства жестких пленок из поливинилхлорид // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2017. № 3. С. 40–42.

5. Абдрахманова Л.А. и др. Модификаторы для жестких поливинилхлоридных композиций строительного назначения // Строительные материалы. 2020. № 12. С. 34–39.

Городецкий И.Ю., магистрант

**Научный руководитель: ассистент
Сердюченко В.М.**

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный
университет им. И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Россия*

УСТРОЙСТВО ГИДРОИЗОЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ФУНДАМЕНТА

В данной статье рассмотрены виды и типы гидроизолирующих материалов, используемых при проектировании и строительстве фундамента зданий и сооружений, а также методы и приёмы их установки [1].

Фундамент – это конструкция, передающая нагрузки от здания или сооружения на грунтовое основание. Исходя из данного определения, приведённого в «ГОСТ Р 58033-2017 Здания и сооружения. Словарь», становится понятно, что целостность вышерассмотренного вида конструкций полностью влияет на состояние сооружения. Существует два типа защиты несущих конструкций от воды: антифильтрационная (данный механизм используется в гражданском строительстве при гидроизоляции подземных сооружений) и антикоррозийная (данный вид изоляции наиболее часто используется в промышленном строительстве для защиты опорных сооружений от грунтовых вод).

Отсутствие гидроизоляции фундамента может привести к следующим последствиям: разрушение структуры бетона; нарушение климата помещения, с посредствующим появлением очагов плесени; коррозия армирующих конструкций, участвующих при заливке фундамента. Однако, стоит упомянуть, что ошибочный выбор вида гидроизоляции может привести к схожим итогам [2]. Факторами, влияющими на выбор вида гидроизоляционных материалов, являются: тип фундамента (ленточный, свайный, плитный, столбчатый и др.); колебания температурного режима и климатических условий; уровень грунтовых вод; тип грунта (в зависимости от класса – природный скальный, природный дисперсный, природный мерзлый, технологический); тип сооружения.

Основные материалы и способы гидроизоляции фундамента [3]. Обмазочные гидроизоляционные материалы – это жидкие составы, формирующие защитную плёнку после высыхания. Выделяют три вида данных материалов: битумные, мастичные, полимерцементные. Первый материал является экономичным, однако требует определённого оборудования для разогрева и нанесения на поверхность. Данный материал не рекомендуется наносить на подземную часть фундамента, поскольку после определённого времени эксплуатации он разрушается, а замена данного покрытия, находящегося в грунте, становится невозможной. Толщина покрытия варьируется от 2 мм до 5 мм и более, в зависимости от глубины залегания фундамента от 1 метра до 5 метров и более. Мастичные материалы хорошо прилегают к обрабатываемой поверхности, являются экономичными, но также являются тяжёлыми в нанесении. Последний материал, используемый при обмазочной гидрозащите, представляет собой многокомпонентное вещество, состоящее из песка, цемента и полимера, в качестве которого может выступать силикон или латекс. Обладает схожими с вышеупомянутыми ресурсами преимуществами и недостатками.

В следующем виде гидрозащиты фундамента используются рулонные битумные и битумно-полимерный материалы. Данный вид называется оклеечной гидроизоляцией [4]. Рассматриваемые материалы обладают невысокой стоимостью и лёгкость технологического процесса установки, однако являются восприимчивыми к температурному и климатическому режиму при монтаже. Конкретизируя используемые материалы, можно выделить следующие: рубероид, стеклорубероид, гидростеклоизол, синтетический каучук.

Минеральная гидроизоляция [5] представляет собой состав на базе кварцевого песка и цемента. Данный вид гидрозащиты эффективно использовать для сборных и монолитных фундаментов с внутренней стороны с целью восстановления гидроизолирующей функции. Материал является стойким к механическим повреждениям, обладает высоким сроком эксплуатации, может выступать в роли выравнивающего слоя, эффективно сочетается с теплоизоляцией. Штукатурная гидрозащита наносится слоями, которые классифицируются на асфальтовый или цементно-песчаный. Первый тип характеризуется способом нанесения – в виде горячей смеси или холодной мастики. Каждый из способов монтажа обладает недостатками в виде образования микротрещин или негативной реакцией на химические реактивы соответственно. Второй тип в многослойной структуре является отличным влагозащитным материалом. Песчано-цементная штукатурная гидроизоляция

подразумевает использование портландцемента или влагонепроницаемого цемента в совокупности с уплотняющими добавками и активными веществами. Слои данного типа не рекомендуется наносить поверх других, на том основании, что штукатурный слой эффективно взаимодействует с непосредственно обрабатываемой поверхностью. Слои данного типа наносятся толщиной от 0.8 см до 2.5 см и более в зависимости от глубины посадки фундамента и давления воды.

Как уже указывалось ранее, существует несколько типов фундаментов, под каждый из которых требуется определённый способ защиты от влаги и воды. Для ленточного фундамента достижение лучшей гидроизоляции обеспечивается за счёт рулонных материалов, обеспечивающих отличное покрытие вертикальных и горизонтальных поверхностей. Столбчатый тип фундамента нуждается в обмазочном методе гидроизоляции, данный способ будет эффективен с точки зрения экономии средств, свойств материала и удобства нанесения. Свайный фундамент считается наиболее сложным для нанесения гидроизоляции, так как большинство вышеупомянутых материалов не способны покрыть подземную часть сваи без механических повреждений. Поэтому при установке данного типа фундамента металлические сваи обрабатывают специальными антикоррозийными веществами. Верхний слой свайного фундамента обрабатывается обмазочными материалами. Для плитного фундамента, как упоминалось ранее, целесообразнее использовать рулонную гидроизоляцию, обеспечивающую плотное прилегание к монолитной конструкции плиты.

В данной работе были рассмотрены широко используемые способы гидроизоляции и используемые в них материалы, приведены их основные преимущества и недостатки, рассмотрены эффективные варианты применения на популярных типах фундаментов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зарубина Л.П., Гидроизоляция конструкций, зданий и сооружений. [Электронный ресурс], 2011. – Режим доступа: https://stroykanasha.ru/upload/iblock/4b5/Gidroizolyatsiya-konstruktsiy_-zdaniy-i-sooruzheniy.-Zarubina-L.P.-2011.pdf (дата обращения: 02.11.2022).

2. Гидроизоляция фундамента. Виды и технологии – Текст: электронный // РБК: [Электронный ресурс]. – URL: <https://realty.rbc.ru/news/63572fa19a79478d0ca028d9> (дата обращения: 02.11.2022).

3. Гидроизоляция фундамента // ВМісopal: [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.icopal-russia.ru/publications/gidroizoliatsiia-fundamenta/> (дата обращения: 02.11.2022).

4. Оклеечная гидроизоляция фундамента: особенности использования. – Текст: электронный // Стройка и ремонт: [Электронный ресурс]. URL: <https://oobaster.ru/fundament/okleechnaya-gidroizolyacziya-fundamenta-osobennosti-ispolzovaniya> (дата обращения: 02.11.2022).

5. Штукатурная гидроизоляция. – Текст: электронный // Hidropro: [Электронный ресурс]. URL: <https://hidropro.ru/services/vidy-gidroizolyatsii/shtukaturnaya-gidroizolyatsiya/> (дата обращения: 02.11.2022).

Когай А.Д., аспирант

**Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, проф.
Дмитриева М.А.**

*Балтийский федеральный университет им. И. Канта,
г. Калининград, Россия*

РАЗВИТИЕ МОДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ГИДРАТАЦИИ ЦЕМЕНТА

На современном этапе развития строительного материаловедения значимая роль отводится модельным представлениям о синтезе материалов, которые позволяют описывать механизмы структурообразования и формирования свойств с использованием математических зависимостей. Математическое моделирование можно представить в виде совокупности теоретических конструкций, построенных математическим языком и предназначенных для количественного прогнозирования структуры и свойств материала. Применение моделирования в технологии производства цементных композитов позволяет сравнивать теоретические аспекты и натурные наблюдения, извлекать физические параметры из экспериментальных данных и прогнозировать на их основе поведение цементных систем. Сложности в изучении гидратационных процессов, вызванные широким спектром факторов влияния, поспособствовали развитию различных исследовательских подходов, которые нашли свое отражение в модельных представлениях о гидратации цементных систем.

Для моделирования гидратации был разработан целый ряд математических конструкций, которые, как правило, были сосредоточены на описании изменений либо в отдельных микроскопических слоях, либо в общей степени гидратации. Тем не менее, наблюдается неуклонный прогресс в направлении более полного описания гидратации, которое отражает как развитие микроструктуры, так и кинетику.

Первый значительный кластер математических моделей гидратации цементов базируется на исследовании изменений отдельных частиц в процессе реакции с водой [1-5]. Для анализа развития модельных представлений можно выделить работу [4], опубликованную в 1968 году и отражающую гидратацию C_3S , основанную на предположении о концентрическом слоистом росте гидратов однородной толщины на единственной реагирующей сферической частице цемента. По мере гидратации частицы цемента сжимаются и заменяются слоем внутреннего продукта гидратации, в то время как снаружи барьерного слоя растет внешний слой продукта гидратации.

Более развитая с математической точки зрения модель [5] была представлена в 1982 году. В ней большое внимание уделялось диффузии на границе фаз, поэтому использовалось уравнение диффузии в сферических координатах, характеризующее перенос воды через слои растущего продукта гидратации (1):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(Dr^2 \frac{\partial C}{\partial r} \right), \quad (1)$$

где r – радиальное положение внутри слоя продукта; C – концентрация.

Особенностью модели является представление метастабильного слоя $C-S-H$ в качестве мембраны, действующей как поверхность раздела между внутренним и внешним продуктом.

Однако, подобные модельные представления не учитывают общую кинетическую картину гидратации частиц различного размера. Достаточно эффективные модели для порошковых материалов с учетом крупности зерен [6, 7] были предложены на основании эффекта гранулометрического состава, исходя из влажности, удельной поверхности частиц и V/C отношения. В работе [6] были смоделированы уравнения, характеризующие растворение каждой клинкерной фазы на основании данных рентгеновской дифракции гидратации различных цементных паст, а в работе шведского исследователя [7] была представлена модель кинетики гидратации частицы цемента с учетом общего V/C отношения.

Следующий кластер модельных представлений основывается на изучении фазовых переходов при зародышеобразовании и росте частиц, базирующихся в свою очередь на скорости образования гидросиликатов кальция. Согласно [8], на ранних стадиях гидратации объем преобразованных фаз увеличивается, что приводит к столкновению частиц и этот процесс может быть математически описан уравнением Авраами [9] (2):

$$X(t) = 1 - \exp[-(kt)^m], \quad (2)$$

где $X(t)$ - объемная доля вещества, которая преобразовалась за время t ; k - константа скорости, которая включает скорости роста и зародышеобразования; m - характеристика, зависящая от количества измерений, типа регулирования скорости и типа зародышеобразования.

В основе уравнения лежит тезис о случайном зародышеобразовании во всем рассматриваемом объеме, однако в первые часы гидратации образование продуктов реакции происходит только на поверхностном слое частиц, что ограничивает применение уравнения Авраами для моделирования кинетики гидратации цемента.

Позже распространение получила более развитая модель [10], в которой поверхности цементных частиц рассматривались как границы зерен, где происходит зародышеобразование. Применительно к данным калориметрического анализа для C_3S данная модель обеспечивала заметно лучшее соответствие, чем уравнение Авраами. Однако модель являлась приближительной, так как предполагала, что границы статичны.

Простые математические модели, описывающие процесс гидратации, основываясь на отдельных частицах или зародышеобразовании на плоскости, работают в строго ограниченных рамках и не могут описать процессы структурообразования в полном объеме с учетом развития пористости, прочности, непостоянной температуры и неоднородного распределения фаз.

Американскими учеными была предложена имитационная модель микроструктуры цементного камня, которая легла в основу нового поколения модельных представлений о гидратации цемента [11]. Частицы были представлены в виде сфер, помещенных в кубический объем пасты, а гидратация моделировалась уменьшением радиусов безводных фаз и концентрическим ростом слоев C-S-H на поверхности частиц. Модель учитывала размер зерен и их распределение по размерам, расположение и количество ядер C-S-H, изменения объема и распределение фаз. Однако, вычислительные мощности того времени накладывали определенные ограничения на функционал модели, вследствие чего она не получила широкого распространения.

К 1997 году была разработана новая имитационная модель HYMOSTRUC [12] на основе трехмерной микроструктуры, согласно которой, когда частицы-сферы вступают в реакцию, вокруг зерен цемента формируются концентрические слои гидратов, заставляя частицы расти и контактировать друг с другом. Модель учитывает микроструктурные изменения растворения и осаждения отдельных фаз статическим образом, но, как и предыдущая - она не учитывала химию фаз раствора. Позже появилась ее более расширенная версия [13], позволяющая выполнять расчет усадки и производить анализ пор.

Более фундаментальные принципы кинетики легли в основу имитационной модели HydratiCA [14]. Аппарат моделирует растворение и рост минеральных фаз, диффузию подвижных частиц в растворе и зарождение новых фаз. Разработанная программа детальнее других производит прогноз фазовых превращений и структурных изменений и используется исследователями вплоть до настоящего времени [15, 16].

Все вышеперечисленные модели внесли свой ценный вклад в развитие фундаментальных представлений о гидратации цемента и легли в основу современного компьютерного моделирования, объединившего в себе многолетние наработки и высокие технологии. Современные модели позволяют прогнозировать широкий спектр свойств, рассматривать многокомпонентные и сложные бетоны с доступным для каждого исследователя интерфейсом и управлением.

Значимый кластер современных математических моделей ориентирован на работу с тепловыделением при гидратации цементных систем. В особенности, это затрагивает системы ускоренного твердения с целью прогнозирования конечных характеристик материала [17]. На сегодняшний день, наиболее значимых результатов удалось добиться Нияковскому А.М. при изучении выделения тепла при твердении бетона, его аккумуляции и рассеивание в трехмерном пространстве сложной функцией, которая может быть смоделирована при учете изменения температуры во множестве точек пространства (3):

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q_v, \quad (3)$$

где λ , ρ , c – соответственно теплопроводность, плотность, удельная массовая теплоемкость бетона; q_v – мощность источников тепловыделения в объеме бетонного тела; T – температуры как функция пространственных координат (x , y , z) в пределах расчетной области бетонной тела.

В основу данной математической модели легло нестационарное трехмерное уравнение теплопроводности с функцией источника

тепловыделения процесса гидратации, основанное на уравнении теплопроводности с учетом тепловыделения при гидратации, мощности тепловыделения, распределения тепловыделения и изменения температуры.

Современное математическое моделирование позволяет устанавливать зависимости между показателями цементного камня, характеризующими структурные изменения при гидратации для прогнозирования свойств. С этой целью была выведена зависимость, описывающая тепловыделение [18] (4):

$$Q_{\tau} = f_1(\tau) \cdot a \cdot C_3S + f_2(\tau) \cdot b \cdot C_2S + f_3(\tau) \cdot c \cdot C_3A + f_4(\tau) \cdot d \cdot C_4AF + f_5(\tau) \cdot e \cdot SO_3, \quad (4)$$

где C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF , SO_3 – содержание основных клинкерных минералов и гипсового камня, %; a , b , c , d , e – удельное тепловыделение минералов и гипсового камня, КДж/кг; $f_1(\tau) \dots f_5(\tau)$ – функции, описывающие кинетику тепловыделения [18].

Было доказано [19], что, исходя из величины тепловыделения можно судить о степени гидратации цемента $\alpha = Q \cdot \tau / [Q]$ и изменении пористости в течение времени. Подобная математическая модель позволяет прогнозировать показатели прочности цементного камня в любой момент процесса гидратации.

Таким образом, на сегодняшний день разработано множество модельных представлений, у которых есть свой набор преимуществ и ограничений. В ходе эволюции вычислительной техники стали появляться новые возможности и способы прогнозирования структурных изменений при гидратационных процессах цементных систем, основанные на опыте ранних разработок. Совокупность методик моделирования и симуляции представляют собой спектр эффективных инструментов исследования, однако массив граничных условий и допущений ограничивают универсальность их применения. Математическое и компьютерное моделирование процессов гидратации цемента непрерывно развивается и нуждается в качественно новых подходах, основанных на фундаментальных законах природы, которые могут расширить сферу применимости моделей и усовершенствовать различные аспекты прогнозирования химических превращений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bullard J. A determination of hydration mechanisms for tricalcium silicate using a kinetic cellular automaton model // Journal of the American Ceramic Society. 2008. Vol. 91. Pp. 2088-2097.
2. Brown P. Effect of particle size distribution on the kinetics of hydration of tricalcium silicate Journal of the American Ceramic Society. 1989. Vol. 72. Pp. 1829-1832.

3. Livingston R.A. Fractal nucleation and growth model for the hydration of tricalcium silicate // *Cement Concrete Res.* 2000. Vol. 39. Pp. 1853-1860.
4. Kondo R., Ueda S. Kinetics and Mechanisms of the Hydration of Cements // *Proceedings of the Fifth International Symposium on the Chemistry of Cement, Tokyo.* 1968. Pp. 203–248.
5. Pommersheim J.M., Clifton J.R., Frohnsdorff G. Mathematical modeling of tricalcium silicate hydration // *Cement Concrete Res.* 1982. Vol.12. Pp. 765–772.
6. Parrot L.J., Killoh D.C. Prediction of cement hydration // *Br. Ceram. Proc.* 1985. Vol. 35. Pp. 41–53.
7. Tomosawa F. Development of a Kinetic Model for Hydration of Cement, in: H. Justnes (Ed.) // *Proceedings of the Tenth International Congress on the Chemistry of Cement, Göteborg, Sweden.* 1997. Pp. 20-51.
8. Christian J.W. *The Theory of Transformations in Metals and Alloys* // Part 1, 3rd edition. Pergamon Press, Oxford. 2002.
9. Avrami. Kinetics of Phase Change // *J. Chem. Phys.* 1939 Vol. 7. Pp. 1103–1112.
10. Thomas J. A new approach to modeling the nucleation and growth kinetics of tricalcium silicate hydration // *Journal of the American Ceramic Society.* 2007. Vol. 90. Pp. 3282–3288.
11. Jennings H.M., Johnson S.K. Simulation of microstructure development during the hydration of a cement compound // *Journal of the American Ceramic Society.* 1986. Vol. 69. Pp. 790–795.
12. Bentz D.P. Three-dimensional computer simulation of cement hydration and microstructure development // *Journal of the American Ceramic Society.* 1997. Vol.80. Pp. 3–21.
13. Koenders E.A.B., Breugel van K. Numerical modelling of autogeneous shrinkage of hardening cement paste // *Cement Concrete Res.* 1997. Vol. 27. Pp. 1489–1499.
14. Bullard J.W. A three-dimensional microstructural model of reactions and transport in aqueous mineral systems // *Modell. Simul. Mater. Sci. Eng.* 2007. Vol.15. Pp. 711–738.
15. Bullard W. A determination of hydration mechanisms for tricalcium silicate using a kinetic cellular automaton model // *Journal of the American Ceramic Society.* 2008. Vol. 91. Pp. 2088–2097.
16. Juillard P., Gallucci E., Flatt R., Scrivener K. Dissolution theory applied to the induction period in alite hydration // *Cement Concrete Res.* 2010. Vol. 40. Pp. 831–844.
17. Нияковский А.М., Романюк В.Н., Чичко А.Н., Яцкевич Ю.В. Верификация нестационарной математической модели твердения

бетона в теплотехнологических установках // Наука и техника. Т.18. №2. 2019. С.137-145.

18. Несветаев Г.В., Виноградова Е.В. О влиянии суперпластификаторов и расширяющей добавки на тепловыделение портландцемента в ранний период твердения // Наука, техника и технология XXI века: Материалы второй Всероссийской научно-технической конференции. Ч. 2. Нальчик: КБГУ. 2005. С. 130 – 135.

19. Несветаев Г.В., Та Ван Ф. Тепловыделение при твердении и предел прочности цементного камня // ст. в журнале «Интернет журнал Науковедение». 2013. № 3. С. 129.

**Кочерженко А.В., ассистент,
Рябчевский И.С., аспирант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.**

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

АНАЛИЗ МИРОВОГО РЫНКА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ

В условиях прогнозируемой исчерпаемости энергетических ресурсов, обеспечение рационального энергопотребления определяет темпы и качество развития современного общества. В современном мире все большее значение приобретают вопросы эффективного использования ресурсов, экономии топлива и энергосбережения.

Экономия топлива и энергии, повышение эффективности теплозащиты зданий и промышленных объектов, внедрение энергосберегающих технологий и материалов являются приоритетом не только экономического развития России, но и развития мировой экономики [1].

Положительное проявление комплекса эксплуатационных свойств, надежности и экономичности пенополиуретанов определяют широкое практическое применение пенополиуретановой изоляции [2-4]. И одним из перспективных направлений дальнейшего развития в строительстве является широкое распространение инновационных технологий и способов повышения качественных характеристик жестких наполненных пенополиуретанов.

К полиуретанам относят обширный класс полимеров, зачастую сильно отличающихся химической природой, строением цепи и свойствами, но неизменно содержащих уретановые группы $-NHCOO-$ [5].

Пенополиуретан представляет собой двухкомпонентную систему.

Компонент «А» – гидроксилсодержащий компонент, реагирующий с Компонентом «Б» с образованием полимерной матрицы пенополиуретана ППУ-110, темной жидкости, состоящей из смеси пенообразователя и сшивающего агента.

Компонент «Б» представляет собой полиизоцианат высшего сорта «Б», смесь 50-60 % диизоцианатных и не менее 30 % полиизоцианатных групп. Компонент «Б» представляет собой жидкость темного цвета с ярко выраженным запахом.

Мировой спрос на полиолы до 2023 года останется выше среднего на уровне 3-4 % в год, что приведет к более быстрому росту размера рынка за эти годы [6]. Потенциальная разница роста рынка полиолов между 2020 и 2025 годами составляет 15,06 млрд долларов и 3,24 млн. тонн (рис. 1). При этом 38 % роста рынка будет приходиться на Азиатско-Тихоокеанский регион в течение прогнозируемого периода. Китай, Индия и Япония являются ключевыми рынками сбыта полиолов в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Рост рынка в Азиатско-Тихоокеанском регионе будет быстрее, чем рост рынка в других регионах. Увеличение количества жилых, нежилых и общественных инфраструктурных проектов, особенно в Индии, Китае, Малайзии и других развивающихся странах, будет способствовать росту рынка полиолов в Азиатско-Тихоокеанском регионе в течение прогнозируемого периода [6].

Изоцианаты (компонент «Б») также являются сырьем для производства полиуретанов. Основные типы изоцианатов, применяемых в промышленности – это толуилендиизоцианат и метилendifенилдиизоцианат.

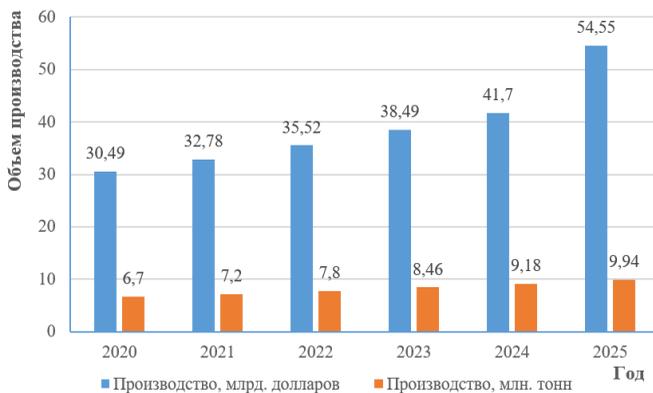


Рис. 1. Мировое производство полиолов

Толуилендиизоцианат (толуолдиизоцианат, ТДИ, CAS 26 471–62–5) – ароматический диизоцианат, существует в виде двух изомеров: 2,4-ТДИ (ТДИ 100) и 2,6-ТДИ. Наиболее широко используется смесь 2,4-ТДИ и 2,6-ТДИ в соотношении 80/20. Такая смесь обозначается «ТДИ 80, Т-80». Также выпускается смесь в соотношении 65/35 (ТДИ 65, Т-65).

Чистый 2,4-ТДИ выпускается в ограниченных количествах в основном для получения эластомеров. Чистый 2,6-ТДИ выпускается только как лабораторный реагент.

Также производится модифицированный ТДИ, который находит применение в области CASE (Coatings, Adhesives, Sealants, Elastomers) и в получении искусственной кожи.

Метилендифенилдиизоцианат (дифенилметандиизоцианат, МДИ, метилен-бис-(4-фенилизоцианат)) – ароматический диизоцианат, существует в виде трех изомеров: 2,2'-МДИ, 2,4'-МДИ и 4,4'-МДИ. Наиболее широко используется 4,4'-изомер. Этот изомер также называется чистый МДИ (мономерный МДИ, 98% составляет 4,4'-МДИ, остальное – 2,2'-МДИ, 2,4'-МДИ).

Полимерный МДИ (полиизоцианат, ПИЦ, ПМДИ, сырой МДИ, crude MDI, PMDI, «компонент В») – представляет собой от светло до темно-коричневого цвета жидкую смесь дифенилметан-4,4'-диизоцианата с его изомерами и гомологами. Соотношение чистого МДИ и полимерного МДИ около 40/60 %. Области применения МДИ представлены на рис. 2.



Рис. 2. Структура мирового потребления изоцианатов (МДИ и ТДИ) по отраслям

К 2023 г. мировые мощности по производству МДИ достигнут 9,789 млн тонн в год, из которых 4,64 млн тонн (47 %) будут располагаться в Китае [6].

Мировая мощность ГДИ достигла 3,355 млн тонн в год, из которых 0,91 млн тонн (27 %) приходилось на Китай [7].

Побочные эффекты МДИ, вызывающие раздражение кожи и дыхательных путей (астма, дерматит), могут быть фактором, сдерживающим рынок. Также рост цен на сырьевые товары сдерживал рост рынка из-за динамики рынка нефти.

Ожидается, что к 2024 году спрос в Азиатско-Тихоокеанском регионе достигнет самого высокого уровня из-за роста спроса со стороны развивающихся стран, таких как Китай и Индия. Крупнейшим потребителем МДИ является Китай. Благодаря дешевому в стране сырью, земле и строгой системе регулирования ее доля с каждым годом растет и будет расти в дальнейшем. Движущей силой регионального рынка МДИ будут отрасли конечного потребления, такие как строительство, электроника и автомобилестроение.

Европа является вторым по величине рынком для МДИ. В этом регионе на рынке будут доминировать сепараторы МДИ, которые будут поддерживаться за счет строгих экологических норм [7].

Рост числа различных отраслей конечного использования и рост использования пенополиуретанов в теплоизоляции зданий для энергосбережения являются основными факторами, которые будут влиять на рост рынка пенополиуретанов. Кроме того, адаптируемость и отличительные свойства, связанные с пенополиуретанами, высокий спрос в строительной отрасли и растущей индустрии товаров для дома, ускорят темпы роста рынка пенополиуретанов. Рынок пенополиуретана будет иметь среднегодовой прирост в 6,53 % в течение прогнозируемого периода 2021-2028 годов [7] и, вероятно, достигнет 105,66 млрд долларов к 2028 году (рис. 3).

Кроме того, рост производства полиолов откроют благоприятные возможности для роста пенополиуретана [7].

Однако строгие экологические нормы, связанные с производством пенополиуретанов, и нормы в отношении хлористого метилена будут препятствовать росту рынка пенополиуретанов. Ценовое давление на производителей пенополиуретанов из-за высокой стоимости сырья будет сдерживать темпы роста рынка пенополиуретанов.

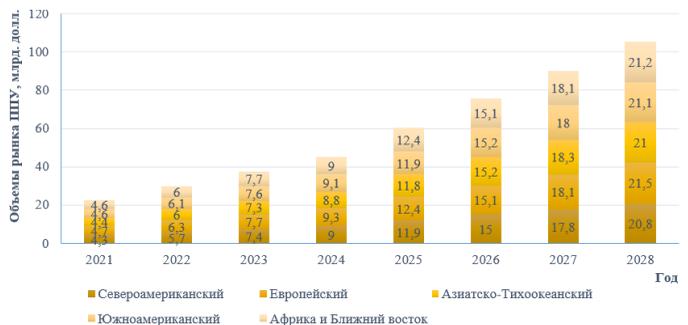


Рис. 3. Мировое производство пенополиуретана

Таким образом, растущий спрос на пенополиуретан и его основные компоненты в строительном производстве, ускорит рост рынка в ближайшем будущем. Однако волатильность цен на сырье может ограничить его спрос.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Кочерженко А.В. Исследование влияния природных наполнителей на кратность вспенивания утеплителей на основе пенополиуретана // в сборнике: Наука и инновации в строительстве. (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 185-190.
2. Гравит М.В., Кулешин А.С., Беляева С.В. Национальные стандарты для жестких напыляемых PUR и PIR пен. // Строительные материалы. 2017. № 10. С. 58-64.
3. Кочерженко А.В. Получение наполненного пенополиуретана с улучшенными эксплуатационными свойствами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 4. С. 47-52.
4. Кочерженко А.В., Марушко М.В., Рябчевский И.С. Пенополиуретановая теплоизоляция с улучшенными эксплуатационными свойствами // В сборнике: Научные технологии и инновации. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 84-88.
5. Мхитарян В.А. Потребление пенополиуретана и оборудование для его получения // Строительные материалы. 2005. №6. С. 23.
6. Polyols Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2022-2027 [электронный ресурс]. URL: <https://www.imarcgroup.com/polyols-market>

7. Polyurethane Foam Market to Grow at a CAGR of 7.40% & Surpass USD 70 Billion by 2028. BlueWeave Consulting [электронный ресурс]. URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2022/05/04/2435901/0/en/Polyurethane-Foam-Market-to-Grow-at-a-CAGR-of-7-40-Surpass-USD-70-Billion-by-2028-BlueWeave-Consulting.html>

**Крушельницкая Е.А., ассистент,
Суликова В.А. магистрант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Погорелова И.А.**

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

ВЛИЯНИЕ TiO_2 НА ПРОЦЕСС ГИДРАТАЦИИ ДЕКОРАТИВНОГО ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО БЕТОНА

Расширить возможности получения декоративного фотокаталитического бетона с повышенными показателями качества возможно за счет использования нанодисперсных кристаллических оксидных материалов, характеризующихся комплексом эффективных свойств и широкими областями использования [1-4]. Многочисленные исследования, направленные на изучение влияния рецептурно-технологических факторов производства данных материалов, выявили эффективность использования синтетического неорганического пигмента, получаемого гидролизом растворов серноокислого титана с последующим прокаливанием диоксид титана (TiO_2) [5-8]. Изучение свойств и фотокаталитической активности добавок на основе диоксида титана становится важной задачей, когда стоит цель получить декоративный бетон с самоочищающимися свойствами. Использование TiO_2 в декоративных бетонах возможно с подробного изучения его влияния на процесс гидратации [9-11].

Одним из важных вопросов широкого применения декоративных бетонов, как новых функциональных материалов, в частности, с повышенными самоочищающимися свойствами, является введение отходов стекла и мрамора, с целью увеличения активности TiO_2 за счет повышения светопропускной способности бетона [12-14].

Для прогнозирования физико-механических характеристик декоративного фотокаталитического бетона необходимо учитывать его микроструктуру. Изучение поровой структуры декоративного бетона производилось на подготовленных образцах следующего состава: портландцемент СЕМ I 52,5 R (белый) EN 197-1:2011 ГОСТ 965-89,

Aalborg White (быстротвердеющий); в качестве мелкозернистого наполнителя использовались отсеы дробления мрамора – мраморный песок фракций 0,2-0,5 мм и переработанное стекло фракций 50 мкм и 1,0-2,0 мм; в качестве фотокатализатора применялся TiO_2 марки PRETIOX, введенный в смесь в количестве 5 % от массы портландцемента. Характер поверхности образцов проводили на сканирующем электронном микроскопе Tescan Mira3 LMU с внутрикамерным BSE-детектором. Доля отражённых электронов определялась коэффициентом обратного рассеяния, который является функцией атомных номеров элементов, входящих в состав образца. Эффективность отражения возрастает с атомным номером, создавая основу для дифференциации между разными фазами. Участки образца декоративного бетона, содержащие в своем составе более крупные и тяжелые элементы, выглядят на электронном BSE-изображении светлее, а участки, содержащие в составе бетона более легкие и мелкие элементы соответственно – темнее [15]. Цементная матрица композита при добавлении отсева дробления мрамора представлена глобулообразными продуктами гидратации, между которыми наблюдаются игольчатые цементные образования (рис. 1).

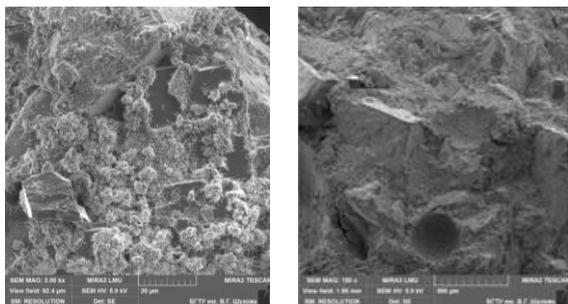


Рис. 1. Микроструктура образцов с мраморным песком

Поровая структура декоративного бетона с добавлением мраморного песка фракций 0,2-0,5 мм имеет достаточно пластичный характер, позволяющий свободно расти продуктам гидратации, так как TiO_2 в матрице цемента выступает центром кристаллизации.

По микроснимкам состава бетона с добавлением стекла фракций 1-2 мм (рис. 2) наблюдается недостаточно хорошая адгезия между стеклом и цементом, ввиду более гладкой непроницаемой поверхности частичек стекла. Однако, где поверхность стекла шероховатая происходит обрастание продуктами гидратации в бетоне.

Данная закономерность связана с нарушением структуры частиц стекла при помоле, в результате чего появляются дополнительные связи для сцепления с цементным композитом, что приводит к лучшему

обрастанию частиц в сравнении с их гладкой поверхностью. Особенностью частиц мраморного песка является то, что они хорошо взаимодействуют с цементом, при этом наблюдается хорошая адгезия, способная дополнительно упрочнять цементный камень.

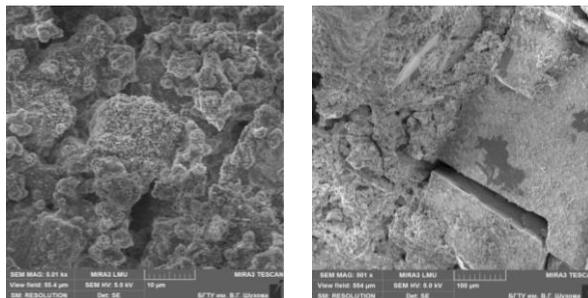


Рис. 2. Микроструктура образцов со стеклом

Тонкость и удельная площадь поверхности нанодисперсных добавок являются ключевыми свойствами при определении скорости растворения цементных смесей на ранней стадии гидратации.

Частицы нанодисперсных материалов действуют как потенциальные центры зарождения для накопления продуктов гидратации и позволяют значительно ускорять ее скорость, а также способствовать степени гидратации цементирующих материалов в раннем возрасте. Чем меньше фракция частицы TiO_2 , тем выше потребность в воде, что позволяет сократить время схватывания и повысить прочность при сжатии строительных растворов ранних стадиях твердения. Помимо ускорения скорости гидратации, на физико-механические свойства цементных материалов влияет изменение микроструктуры декоративного фотокаталитического бетона, за счет эффекта микронаполнения дисперсных добавок. Порошок TiO_2 , при смешивании с материалом на основе цемента в реакции гидратации, выступает не только фотокатализатором, но и оказывает каталитическое действие.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Корякина А.А. Декоративные бетоны в архитектурной геонике // в сборнике: Природоподобные технологии строительных композитов для защиты среды обитания человека. II Международный онлайн-конгресс,

посвященный 30-летию кафедры Строительного материаловедения, изделий и конструкций. Белгород, 2019. С. 57-61.

3. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1998. 768 с.

4. Степанов А.Ю., Сотникова Л.В., Владимиров А.А., Дягилев Д.В., Ларичев Т.А., Пугачев В.М., Титов Ф.В. Синтез и исследование фотокаталитических свойств материалов на основе TiO_2 // Вестник КемГУ. 2013. № 2 (54). Т.1. С. 249-255.

5. ГОСТ Р 56085-2014. Нанотехнологии. Часть 4. Материалы наноструктурированные. Термины и определения. Введ. 2015.03.01. – М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.

6. ГОСТ 9808-84. Двоокись титана пигментная. Технические условия. Введ.1986.01.01.: – М. Стандартинформ, 2004. 19 с.

7. Фаликман В.Р., Вайнер А.Я. Фотокаталитические цементные композиты, содержащие мезопористые наночастицы диоксида титана // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2014. №1. Т.6. С.14-26.

8. Хела Р., Боднарова Л. Исследование возможности тестирования эффективности фотокатализа TiO_2 в бетоне // Строительные материалы. 2015. №2. С. 77-81.

9. Рашад А.М. Краткий обзор влияния нанooksида титана на некоторые свойства цементирующих материалов – краткое руководство для инженеров-строителей. Обзоры по передовому материаловедению. 2015; С. 40, 72-88.

10. Лакхофф М., Прието Х., Нестле Н., Ден Ф., Ниссер Р. Фотокаталитическая активность цемента, модифицированного полупроводниками – влияние типа полупроводника и старения цемента. Прикладной катализ В: экологический. 2003. № 10: С. 205-216.

11. Чен Дж., Коу С.К., Пун С.С. Гидратация и свойства цементных смесей папо- TiO_2 . Цементно-бетонные композиты. 2012;34: 642-649.[doi:10.1016/j.cemconcomp.2012.05.002](https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2012.05.002). С. 32.

12. Назари А., Риахи С. Влияние наночастиц TiO_2 на водопроницаемость и термические и механические свойства высокопрочного самоуплотняющегося бетона. Материаловедение и инженерия А: Структура. 2010. № 528. С. 756-763.

13. ГОСТ Р 57255-2016 «Бетоны фотокаталитически активные самоочищающиеся. Технические условия». Официальное издание. – М.: Стандартинформ, 2019.

14. Крушельницкая Е.А. Оценка фотокаталитической активности бетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. №4. С. 13-20.

15. Zhao, H. Influence of pore structure on compressive strength of cement mortar. Sci. World J. 2014, Pp. 1–12.

Кузнецова А. А., студент,
Найман А. С., студент

Научный руководитель: мл. науч. сотр. Духанина У.Н.
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ВЛИЯНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ НА САМОВОССТАНОВЛЕНИЕ БЕТОНОВ

В настоящее время бетонные конструкции и сооружения окружают нас по всюду. Бетон – это прочный материал, состав которого с каждым годом всевозможно улучшают для придания новых свойств необходимых в определённой отрасли. Но со временем бетон стареет и начинает разрушаться. Эта недолговечность является главным недостатком бетонных конструкций.

Сейчас активно развивается получение самовосстанавливающихся бетонов. В него добавляют различные виды бактерий, которые вырабатывают карбонат кальция для затягивания трещин в бетоне [1]. Микроорганизмы участвуют в фазообразующих и деструктивных процессах, протекающих в бетонных изделиях [2, 3].

В данной работе будет рассмотрено влияние биоцидов, кристаллизирующих карбонат кальция в месте раскрытия трещины.

Для исследования был приготовлен раствор из портландцемента, известкового наполнителя, клетки *Bacillus subtilis* 5265, пептона и дрожжевого экстракта, пропорции которых представлен в таблице 1.

Таблица 1

Пропорции компонентов

	Контроль	Питательный	Бактерии
Вода, кг/м ³	182	182	182
Цемент, кг/м ³	294	294	294
Наполнитель, кг/м ³	57	57	57
Пептон, кг/м ³	0	1,82	1,82
Дрожжевой экстракт, кг/м ³	0	0,91	0,91
<i>Bacillus Subtilis</i> клетки/м ³	0	0	$1,82 \times 10^{10}$

Далее были изготовлены образцы для проведения испытаний [4]. Все образцы были предварительно расколоты через 28 сут. и затем погружены в воду. За новообразованиями в месте трещины наблюдали через 23 и 44 дня после погружения.

Образцы, содержащие бактерии и питательные вещества показали значительное самовосстановление и образование продуктов осаждения.

Через 23 дня трещина была закрыта более, чем на 60%. А через 44 дня полностью была закрыта.

Контрольные образцы и образцы, содержащие лишь питательные вещества так же подверглись заживлению трещины, но данный процесс можно отнести к аутогенному заживлению нежели к микробному, так как присутствие бактерий можно найти в воздухе, воде и во всех бетонных компонентах. Следовательно, трещины и спустя 44 дня от начала эксперимента остались раскрытыми.

В следующем исследовании, которое будет рассмотрено использовали *Bacillus mucilaginous L 3* и пивные дрожжи, которые в конечном итоге суспендировали в стерильной воде, концентрация бактериального штамма составила примерно $10^8 - 10^9$ клеток/мл [5]. Состав цементного теста представлен в табл. 2.

Таблица 2

Состав образцов

Группа	Цемент, (г)	Вода, (г)	Керамзит 1, (г)	Керамзит 2, (г)	Керамзит 3, (г)
С1 образцы с керамзитом 1 без каких-либо добавок	1200	504	146	0	0
С4 образцы с питательными веществами и бактериями одновременно	1200	504	0	73	73

Подготовленные образцы через 28 сут. подвергли растрескиванию и опустили в воду.

В результате наблюдений было выявлено, что трещина на образце С1 никак не изменилась, скорость восстановления площади поверхности составила 8,7%. На образце С4 трещина была покрыта большим количеством белого осадка. Скорость восстановления поверхности составила 87,5%.

Белые новообразования у образца С4 имели кубическую и сферическую форму, размерами 10-50 мкм. Все частицы состояли из элементов Са, С и О, то есть из карбоната кальция.

Результаты показали, что метод микробного самовосстановления отлично подходит для ремонта трещин в цементном камне.

Содержание бактерий и питательной среды обеспечивает осаждение $CaCO_3$ и благодаря этому происходит микробное самовосстановление цементного бетона в достаточно короткие сроки.

Так же в ходе исследований было выявлено, что матрица бетона благодаря бактериям более плотная, так как внутренние поры заполнены. Включение бактерий и питательной среды увеличивает прочность бетона на растяжение, так как опять же пористость изделий уменьшается.

Пористость влияет на проникновение жидкостей и агрессивных сред. Чем пористее материал, тем легче этим веществам проникнуть внутрь изделия. В связи с этим образцы с бактериями подверглись меньшему воздействию вредоносных жидкостей и газов, а значит, конструкции будут служить намного дольше.

Данная технология имеет большое будущее в строительстве, так как при наличии бактерий в бетоне, увеличиваются особо важные характеристики, а также происходит заживление трещин благодаря выделению бактериями $CaCO_3$. Но на данный момент эта технология не стабильна, так как для бактерий необходимы строго определённые условия для их выращивания. Поэтому учёные во всём мире занимаются разработкой данного вида строительного материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ерофеев В.Т., Аль Дулайми Салман Давуд Салман, Смирнов В.Ф. Бактерии для получения самовосстанавливающихся бетонов // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №4
2. Строкова В. В., Власов Д.Ю., Франк-Каменецкая О.В., Духанина У.Н., Балицкий Д.А. Применение микробной карбонатной биоминерализации в биотехнологиях создания и восстановления строительных материалов: анализ состояния и перспективы развития // Строительные материалы. 2019. №9 С. 83-103
3. Seifan M., Berenjjan A. Microbially induced calcium carbonate precipitation: a widespread phenomenon in the biological world. Applied Microbiology and Biotechnology. 2019. Vol. 103. No. 12, Pp. 4693–4708, DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09861-5>
4. Thanh Ha Nguyen; Elhem Ghorbel; Hanaa Fares; Annelise Cousture. Bacterial self-healing of concrete and durability assessment // Cement and Concrete Composites. 2019. Vol. 104.
5. Huaicheng Chen, Chunxiang Qian, Haoliang Huang. Self-healing cementitious materials based on bacteria and nutrients immobilized respectively // Construction and Building Materials. 2016. Vol. 126. Pp. 297-303.

Найман А.С., студент,
Кузнецова А.А., студент,
Позднякова А.М., магистрант,
Серебrenиков Е. В., аспирант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Боцман Л.Н.

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

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ТОРКРЕТ-БЕТОНОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Современная наука и техника прогрессирует очень быстро. Создаются новые специальные технологии, материалы. В реальное время существенная часть строительства связана с ремонтом, возобновлением, реконструкцией. Всё это требует новых технологических решений, обеспечивающих ввод конструкций в эксплуатацию в сжатые сроки.

При эксплуатации бетонные конструкции разрушаются из-за химических, электрохимических, физико-химических и физико-механических процессов. В особенности данная проблемка проявляется в северных районах страны из-за постоянной мерзлоты, где эксплуатация зданий и сооружений, построенных в конце прошлого столетия, инфраструктура для обновления строительных сооружений так и не была сделана. При проведении строительных работ специальное внимание уделяют связности структуры бетона, следственно в последнее время происходит постепенное замещение обыкновенных бетонов многокомпонентными высокопрочными бетонами для поддержания эксплуатационного состояния конструкций, ремонтных и строительных работ. Одним из особенно результативных способов поправления и усиления конструкций является торкретирование. Также с помощью метода торкретирования можно производить ремонт повреждений, вызванных износом, кислотами, газами, огнем, взрывами, морозами и чрезмерной нагрузкой; защитные работы в подземных сооружениях; ремонт туннельных покрытий и отделок; ремонт мостов и подпорных стен; ремонт гидротехнических сооружений и т.д. [1, 2].

Кроме этого, торкрет-бетоны можно использовать при возведении новых зданий и сооружений, например: строительство емкостей, башен, резервуаров; гидроизоляция гидротехнических сооружений, туннелей и

коллекторов; строительство элементов гидротехнических сооружений; усилении конструкций из кладки и бетона и другое [3, 4].

Торкретирование – способ нанесения на обрабатываемую поверхность одного либо нескольких слоев раствора либо бетона из цемента, песка, щебня либо гравия и воды, осуществляемого под давлением сжатого воздуха. В итоге нанесения раствора либо бетона на поверхность под давлением образуется уплотненный слой торкрет-бетона, свойства которого выше, чем у вибрируемого бетона. Торкрет-бетон обладает повышенной механической прочностью при сжатии и растяжении, высокой водонепроницаемостью и морозостойкостью, лучшим сцеплением с поверхностью обрабатываемой конструкции, быстрее набирает прочность при равных условиях ухода за бетоном [5].

При торкретировании возможно использование стальной арматуры, сеток, армокаркасов или различные виды дисперсного армирования с фиброй, как металлической, так и неметаллической, в зависимости от назначения конструкций и ее свойств.

Преобладание торкретирования перед другими способами состоит в полной механизации процессов, обыкновенно требующих крупных расходов труда, и в соединении в одной технологической операции транспортирования, укладки и уплотнения бетонной смеси.

К недостаткам данного способа можно отнести: увеличенный расход цемента и заполнителей, засорение места производства работ за счет отскока материалов от наносимой поверхности. Поэтому применение данного способа должно быть обусловлено технико-экономическим обоснованием [6].

В целях усиления конструкции торкрет-бетон должен верно фиксироваться на основании, закрепляя его по силуэту всякой сложности, а еще затвердевать и набирать прочность в течение очень короткого срока. Следственно востребованной задачей является правильный подбор сырьевых материалов с целью производства торкрет-бетонов высокой механической прочности.

В качестве вяжущего для торкрет-бетонов используют портландцемент, шлакопортландцемент, сульфатостойкий цемент, а также белый портландцемент. В качестве заполнителей в торкрет-бетоне могут быть использованы: песок; щебень или гравий и легкие заполнители. Также в состав торкрет-бетонной смеси могут быть введены армирующие компоненты – фибры и для производства декоративной поверхности – пигменты [7-9].

Песок, применяемый для торкрет-бетонной смеси должен иметь модуль крупности значение не менее двух (применение песка с модулем

крупности менее два допускается при особом обосновании) и относительная влажность его должна быть от 2 до 7 %.

Следует обратить внимание на то, что при относительной влажности менее 2 % процесс производства работ сопровождается огромным выделением пыли, появлением неблагоприятных условий для осуществления этих работ оператором-сопловщиком. При относительной влажности более 7 % появляются технологические сложности транспортирования сухой смеси в трубопроводе [10].

Так же для получения торкрет-бетона следует применять фракции заполнителя с гладкой округленной поверхностью. Использование фракций заполнителя с помощью дробленых материалов не рекомендуется, от того что форма их поверхности приводит к усложнению технологического процесса и транспортирования свежеприготовленной смеси в трубопроводе (в шлангах) торкрет установки, обуславливает ускоренный износ резиновых уплотнителей и самих трубопроводов, уменьшая срок их службы, увеличивает опасность последствий при рикошете в процессе распыления торкрет-бетонной смеси.

Торкретбетон бывает «мокрого» и «сухого» типа. При этом применяются две разные технологии нанесения. На выбор влияют обстоятельства работы, расход материала и расстояние с которого будет производиться торкретирование. При гидравлической подаче торкретбетон выходит из сопла под действием давления насоса, при пневматической подаче торкретбетон выходит из сопла под действием давления сжатого воздуха. Каждый из этих способов имеет свои достоинства. Так пневматическая подача имеет высокую эластичность процесса, простота работы, а также элементарные требования к подбору состава торкрет-бетона. К достоинствам гидравлической подачи можно отнести: высокую эффективность данного способа, низкий расход воздуха и низкий уровень запыленности [11].

Перед нанесением слоя торкрет-бетона поверхность должна быть очищена от грязи, пыли, краски, саж, пятен мазута и других масляных пятен. Должны быть удалены выявленные путем простукивания отслаивающиеся части основного массива обрабатываемой поверхности. Также следует удалять наплывы раствора и цементного молока, участки слабого бетона.

Далее обработанная поверхность перед нанесением торкретной смеси должна быть продута сжатым воздухом и промыта напорной струей воды. Наносить торкрет на неувлажненную поверхность нельзя,

так как при этом происходит отсасывание воды из свежешелюженного материала, что резко снижает адгезию и прочность торкрет-бетона [12].

Торкретирование ведут горизонтальными полосами высотой 1-1,5 м по всей ширине поверхности. Толщину слоя нанесенного торкрета следует проверять тонким шилом или проволокой, прощупывая свежий слой в нескольких местах.

Торкрет-бетон в период схватывания и твердения должен быть предохранен от замораживания, высыхания, механических повреждений и химических воздействий: в течение 3 суток. Торкретное покрытие по достижении 70 %-ной проектной прочности (через 8-10 ч после нанесения) необходимо увлажнять распыленной струей воды.

В качестве основания для нанесения торкрет-бетона может служить любая поверхность со структурой, обладающей достаточной несущей способностью и сопротивлением переносить ударные воздействия распыляемой струи, при этом сама поверхность при нанесении на нее торкрет-бетона должна находиться в неподвижном состоянии.

Для обеспечения высокого качества торкрет-бетонного покрытия поверхность, подвергаемая обработке, должна иметь шероховатую структуру, прочное сопряжение с массивом конструкции, обладать соответствующей нормативным требованиям чистотой.

Таким образом, использование технологии торкрет-бетона позволяет быстро покрывать значительные площади за счет бесперебойной подачи раствора с помощью специальных установок. Торкрет-технология обеспечивает не только армирующий слой, но и возможность придать обработанной поверхности эстетичный внешний вид вместе с повышенной прочностью и износостойкостью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юхнина А.А. Применение торкрет-бетона в современном строительстве // Социально-экономическое управление: теория и практика. 2018. № 4 (35). С. 278–279.

2. Денисова А.П., Костина О.Д. Возрождение торкрет-бетона в строительстве // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2011. № 1. С. 96–99.

3. Ширшов Т.А., Бибииков Б.С., Леонова А.Н. Торкретирование как метод реконструкции в современном строительстве // В сборнике: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ НАУКИ. Материалы 49-й Международной научно-практической конференции. 2019. С. 105–108.

4. Вильман Ю.А., Харитонов В.А., Ланчкин С.В., Горностаев А.В. Технология возведения тонкостенных фундаментов с применением торкрет-устройства // Естественные и технические науки. 2015. № 5 (83). С. 210–212.

5. Молдамуратов Ж.Н., Игликов А.А., Сенников М.Н., Мадалиева Э.Б., Туралина М.Т. Торкрет-бетон с добавками для облицовки оросительных каналов // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2022. Т. 14. № 3. С. 227–240.

6. Черкашин А.С. Покрытия на основе торкрет-растворов // В сборнике: IX Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство». 2017. С. 415–420.

7. Сизяков И.Д., Соловьев В.Г. Использование торкрет-бетона для устройства защитного слоя трубопроводов // В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2021. Сборник докладов Второй Национальной научной конференции. Москва, 2022. С. 318–322.

8. Фролов Н.В., Обернихин Д.В., Никулин А.И., Лапшин Р.Ю. Исследование свойств композитной арматуры на основе стеклянных и базальтовых волокон // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 18-21.

9. Щекина Н.А. Фибробетоны с использованием техногенного сырья // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Национальная конференция с международным участием, посвященная 300-летию Российской академии наук. Белгород, 2022. С. 182-186.

10. Андреева Н.В., Дворяжкина Д.А. Реконструкция зданий методом торкретирования // В сборнике: Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий. Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции. Балаково, 2021. С. 273–275.

11. Васильев А.С., Барабанщиков Ю.Г. Эффективность добавок – ускорителей схватывания и твердения для торкрет-бетона // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8 (34). С. 72–78.

12. Енджиевская И.Г., Васильевская Н.Г., Гофман О.В., Козьмин А.Д., Григорьева В.А. Мелкозернистые торкрет-бетоны с комплексными модификаторами // Системы. Методы. Технологии. 2018. № 2 (38). С. 164–169.

Новикова А.А., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Козикова И.Н.

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

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

На долю строительной индустрии приходится 39 % от общего количества выбросов углекислого газа в атмосферу. Древесина – экологический материал, который является технологической и экономической альтернативой стали и бетону в строительстве. Комбинированный подход с параллельным использованием элементов из бетона, стали и древесины позволяет поднять строительство на новый уровень.

Способ, с помощью которого появляется возможность использовать деревянные конструкции в строительстве в качестве основного строительного материала, основывается на двух принципах. Во-первых, это достижение конструкционных характеристик деревянных конструкций не хуже или даже лучше, чем у остальных конструкций, применяемых в строительстве. В данном случае, имеются в виду характеристики по прочности, долговечности и пожарной безопасности, а также другие характеристики, которые будут соответствовать нормативным значениям. Во-вторых, особенности нормативного регулирования, которые могли бы позволить использовать древесину в качестве главного строительного материала и закрепили бы эту возможность на законодательном уровне.

Использование древесины в высотных зданиях было воплощено в реальность с помощью современных технологий. Под такими технологиями понимается применение CLT-панелей. В основе данной технологии лежит послойное склеивание ламелей или шпона древесины друг с другом и их скрепление в 3-7 слоев с помощью большого давления пресса. Таким образом, возникает возможность получить не только полноценные стеновые панели, панели перекрытий, но и фермы, балки и брусья, которые полностью выполнены из дерева.

Строительство высотных зданий из древесины производится по технологии «Cross-laminated timber» – из крупногабаритных перекрёстно-клееных CLT-панелей.

Технологии получения многослойных клееных деревянных CLT-панелей разрабатывались в 1990-е в Австрии и Швейцарии. Мощный

толчок к развитию они получили в начале 2000-х, когда в моду вошли «зеленые» технологии. В самом деле, производство стали и бетона являются серьезными потребителями энергии и причиной существенных выбросов углекислого газа в атмосферу. В отличие от этого, древесина не выделяет, а связывает атмосферный углекислый газ, накапливая массу: получается, что производство строительных материалов будет не увеличивать, а уменьшать его содержание в воздухе. По подсчетам, которые проделал ученый Чед Оливер, полный переход со стали на древесину в строительной индустрии снизит глобальные выбросы CO₂ на 15%. Остается получить из нее материал для «тяжелого» многоэтажного строительства, и технологии CLT стали таким решением.

Одним из первых проектов с данной технологией стал проект девятиэтажного жилого дома «Stadthaus» в Лондоне. Возведение данного здания было выполнено в достаточно короткие сроки, всего за 27 дней, что полностью соответствовало проектной документации данного здания. Дом целиком построен из деревянных конструкций, в том числе лестницы и лифтовые шахты, с применением CLT-панелей [1].

Одним из самых высоких деревянных жилых зданий на данный момент является 18-ти этажное здание общежития «Brock Commons» для студентов Университета Британской Колумбии в городе Ванкувере. Стоит отметить, что высота данного здания составляет 53 метра и большая часть здания выполнена из древесины, но также имеются металлические и бетонные элементы. Таким образом, здание представляет собой гибрид. Перекрытия, стены и ограждающие конструкции выполнены полностью из деревянных конструкций. Для фиксации прочности кровли были применены металлические конструкции. Также конструкции основания, лифтовые шахты и лестничные пролеты выполнены из железобетона.

Применение деревянных конструкций в высотном строительстве всегда было источником многих тревог и беспокойств в связи с их низкой огнестойкостью. Новые конструктивные решения сделали такие опасения излишними и проложили путь к массовому использованию древесины в качестве безопасного и надежного строительного материала при возведении высотных домов.

Многочисленными исследованиями доказано, что массивные несущие деревянные каркасы, в которых колонны и балки выполнены из цельной древесины, уже обладают достаточным уровнем огнестойкости. Огнестойкость обеспечивается за счет образования на поверхности балок и колонн обугленных слоев, обладающих высокими огнезащитными свойствами. Под воздействием огня процесс

обугливания происходит постепенно и равномерно. В результате образуется надежный теплозащитный слой, препятствующий дальнейшему нарастанию температуры в теле несущего элемента. Кроме того, внутри дерева сохраняется слой, способствующий последующей регенерации. В связи с этим ведущие специалисты по пожаробезопасности в строительстве сходятся во мнении о том, что тщательное изучение процессов обугливания массивных деревянных конструкций создает возможности для дополнительного увеличения их огнестойкости.

Примером высотного строительства с применением деревянных конструкций является башня «River Beach» в Чикаго на 80 этажей, проект которой уже разработан и начал реализовываться. Благодаря уникальной структурной решетке и модульной конструкции с внешними стержнями массивную древесину становится возможным поднять на новые высоты. Специально для проекта будут изготовлены массивные деревянные узлы, предназначенные для поддержки конструкций [2].

В 2023 году в Стокгольме планируется возведение жилого дома в 34 этажа по проекту DinellJohnasson. Из монолитного железобетона проектировщики планируют залить только фундамент и центральную несущую конструкцию, которая содержит лифты и инженерные коммуникации. Все остальное будет строиться исключительно из дерева твердых пород. По расчетам авторов проекта, реализация такого проекта обойдется гораздо дешевле, чем привычные небоскребы из железа, бетона и стекла [3].

Россия при своем богатстве природными ресурсами, занимает далеко не первое место среди развитых государств по использованию древесины в жилищном строительстве. Доля деревянного домостроения составляет не более 18% [4]. Однако одной из основных проблем, почему данное направление невозможно в стране на данный момент - является отсутствие законодательной базы и нормативного регулирования таких проектов. Поэтому при отсутствии единого подхода, реализация высотных зданий с использованием древесины является экономически нецелесообразной. Возникают трудности с проведением экспертизы проектов такого типа, получением разрешений на строительство и т.д. Правительством в настоящее время не рассматривается возможность использования древесины в качестве основного строительного материала для многоэтажных зданий жилого типа [5].

Причинами, ограничивающими развитие высотного деревянного домостроения в России, являются:

- несовершенство законодательства;

- отсутствие технического регламента для деревянного домостроения выше 3-х этажей;
- отсутствие специальных сортаментов на деревянные конструкции, в связи с чем проектировщики должны производить индивидуальные расчеты для каждого элемента;
- отсутствие информации у пользователей объектов недвижимости о современных технологиях строительства высотных деревянных зданий;

– существующие в России заводы по выпуску СТЛ-панелей до 90% продукции поставляют в страны ЕС в связи с низким спросом в стране.

Наша страна является мировым лидером по лесным запасам, что говорит о наличии возможности начать применение технологии СЛТ-панелей в строительстве. Следует обратить внимание Правительства РФ на данный вопрос. И в случае положительного сдвига на законодательном уровне в ближайшем будущем, у нас будут реализованы первые современные проекты зданий, возведенных в применение деревянных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борисова М.А. СЛТ-панели - новое поколение инженерной мысли в деревянном домостроении. В сборнике: VI Всероссийский фестиваль науки. Сборник докладов в 2-х томах. Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. 2016. С. 124-128;

2. URL:<https://perkinswill.com/project/river-beech-tower/>(дата обращения 2.11.2022);

3. URL:<https://good-week.ru/technology/723-proekt-derevyannogo-neboskreba-v-stokgolme>(дата обращения 1.11.2022);

4. Кулагина Т. О., Климова А. А., Агеева Е. Ю. Многоэтажное деревянное строительство - тенденция, набирающая огромную популярность в мире [Электронный ресурс] // XI Международная студенческая научная конференция «Студенческий научный форум - 2019». - Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018010574> (дата обращения 28.02.2021);

5. Шегай Л.А., Байдаков Л.В., Тарасова О.А. Проблемные аспекты и будущее многоэтажного деревянного строительства / Наукосфера, №12-2, 2020 г., с. 162-166.

**Паршина Т.В., студент,
Кушнир А.С. студент**

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

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Строительные материалы – это основа для гражданского и промышленного строительства. Именно поэтому постоянно ведутся исследования по их развитию. Это делается для того, чтобы упростить сам процесс строительства, увеличить длительность эксплуатации объектов, сократить затраты на проект и улучшить эффективность материалов [1].

В настоящее время, чтобы улучшить материалы зачастую используют нанотехнологии. Вопреки распространенному мнению, в обширной области нанотехнологии, многие отрасли промышленности уже производят или используют продукты, которые либо имеют наноразмеры, либо используют наноэффекты, и приносят существенный доход. Новые жизнеспособные продукты внедряются практически ежедневно, а возможности наноматериалы кажутся бесконечными.

Нанотехнология – это манипулирование материей в нанометровом масштабе, близком к атомному, для создания новых структур, материалов и устройств. Наноразмер имеет размер от 1 до 100 нанометров. Нанометр – миллиардная метра. В таком масштабе материалы проявляют необычные свойства, которые могут улучшить их эффективность для строительных объектов. Нанотехнологии могут увеличить площадь поверхности материала. Это позволяет большему количеству атомов взаимодействовать с другими материалами. Также благодаря увеличенной площади материалы становятся гораздо долговечнее обычных. Наноматериалы делятся на природные и искусственные. Природные наноматериалы встречаются в окружающей среде, к ним относятся частицы, из которых состоит вулканический пепел, дым и даже некоторые молекулы в нашем организме, такие как гемоглобин в нашей крови. Искусственные наноматериалы создаются человеком. Примеры включают выхлопы двигателей, работающих на ископаемом топливе, и некоторые формы загрязнения. Но хотя некоторые из них являются просто наноматериалами – например, выхлопные газы автомобилей не были разработаны как таковые – ученые и инженеры работают над их созданием для использования в различных отраслях промышленности. Их называют преднамеренно произведенными наноматериалами [2].

Нанотехнологии и наноматериалы открывают много новых возможностей в строительстве и архитектуре, благодаря разработке лёгких, но при этом долговечных и прочных материалов. Чаще всего в строительной отрасли наноматериалы используются в четырёх секторах: строительные материалы на цементной основе, снижение шума и теплоизоляция или регулирование температуры, поверхностные покрытия для улучшения функциональности различных материалов, а также противопожарная защита. Теплоизоляционные материалы на основе нанотехнологий, как правило, имеют лучшее качество теплоизоляции, чем традиционные материалы. Новые изоляционные материалы с очень хорошими теплоизоляционными свойствами уже доступны на рынке, они позволяют проводить тепловую реабилитацию зданий, в которых обычная теплоизоляция невозможна, и могут способствовать повышению энергоэффективности. К примеру, из теплоизоляционных материалов на основе нанотехнологий на рынке можно найти: нанокерамические теплоизоляционные покрытия; вакуумные изоляционные панели на основе наночастиц; пенополистирольные продукты, включающие графитовую порошокую добавку; аэрогели для утепления прозрачных строительных конструкций. Кроме теплоизоляции нанотехнологии в строительстве также используются в покрытиях поверхностей, таких как: стекло, каменная кладка, дерево или металл [3-5]. Они улучшают их функциональные возможности и продлевают срок службы материалов. Так в лакокрасочной промышленности краски на основе нанотехнологий показали химическая стойкость, стойкость к эрозии и истиранию, устойчивость к ультрафиолетовому излучению, противообрастающие свойства и т.п. К примеру, золь-гель покрытия, основанные на нанотехнологиях, благодаря структурному контролю на молекулярном уровне, имеют широкий спектр применения. Эти материалы экологически безопасны и могут стать эффективной альтернативой вредным методам получения защитных материалов. Так по сравнению с органическими полимерными покрытиями неорганические золь-гель покрытия имеют ряд преимуществ, таких как высокая механическая, химическая и термическая стабильность, биологическая инертность, высокая прозрачность и фотостабильность, контролируемая пористость и высвобождение внедренных агентов. Золь-гель покрытия обеспечивают простой и экономичный подход к функционализации различных поверхностей для улучшения их биологической активности, коррозионной стойкости и износостойкости, механических свойств, надежности и производительности [6].

Разработанный компанией Bouygues Reactive Powder Concrete (RPC) на основе нанотехнологий имеет прочность до 800 МПа. Высокая прочность и плотность такого бетона позволяет создавать особенно легкие и хрупкие конструкции. Например, мост, открытый в 2007 году через реку Фульда в Касселе (Германия), стал первым большим мостом в Германии,

сделанных из сборных элементов, для которого использовался бетон с ультравысокими характеристиками.

Внешние воздействия и большие нагрузки разрушают бетонные конструкции, в них образуются трещины, а также скалывание и отслаивание поверхности. Это обременяет строительную отрасль высокими затратами. Новые ремонтные растворы, которые, согласно спецификации производителя, основаны на нанотехнологиях, характеризуются улучшенными техническими свойствами, такими как повышенная плотность, морозостойкость, а также прочность на растяжение, изгиб и сжатие. Они помогают свести к минимуму повреждение бетона, а также имеют малый вес и просты в обращении.

Ещё одним примером нанотехнологий в строительстве является, использование арматуры из модифицированной наноструктурой стали – сталь MMFX2, производства MMFX Steel Corp. USA. Сталь имеет коррозионная стойкость аналогична нержавеющей стали, но в гораздо более низкая стоимость. Сталь MMFX имеет совершенно другую структуру в наномасштабе. Из-за этой структуры, алюминий из стали MMFX имеет превосходные механические свойства, например, большую пластичность и сопротивление нагрузкам по сравнению с другими высокопрочными сталями. Эти свойства материала могут привести к увеличению срока службы в коррозионных средах и снижение затрат на строительство [7].

Однако, при всех видимых достоинствах, нанотехнологии не так просто внедрить в строительство. Необходимо провести исследования по технико-экономическому обоснованию внедрения данных технологий, установить влияние нанообъектов на здоровье человека и то, как материалы на основе нанотехнологий могут наносить вред окружающей среде. Помимо всего перечисленного, производство наноматериалов зачастую гораздо дороже. Необходимо исследовать и изучать вышеуказанные проблемы для более широкого распространения нанотехнологии в строительную отрасль [8].

В заключении необходимо отметить, что применение нанотехнологий помогает создавать новые материалы, которые отличаются улучшенными свойствами и активно используются в строительстве. Не смотря на существующие проблемы, внедрение нанотехнологий в строительную отрасль являются перспективным направлением и дальнейшее развитие этого направления, это лишь дело времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нанотехнологии в строительстве [Электронный ресурс] URL: <https://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=26700.php>

2. Нанотехнологии [Электронный ресурс] URL: <https://education.nationalgeographic.org/resource/nanotechnology>
3. Bozsaky D. Thermal Insulation with Nanotechnology Based Materials // Conference: Internationales Symposium «Eventmaterials»: Materialtechnologie und Eventinnovationen At: Wien. 2015. Pp. 1-2
4. Bamigboye G., Iyinoluwa D. Innovation in Construction Materials-A Review // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2019. Pp. 1-3
5. Минько Н.И., Строкова В.В., Жерновский И.В., Нарцев В.М. Методы получения и свойства нанообъектов: учебное пособие. М.: Флинта, 2019. 165 с.
6. Krzak J., Szczurek A., Babiarczuk B., Gąsiorek J., Borak B. Sol–gel surface functionalization regardless of form and type of substrate // Handbook of Nanomaterials for Manufacturing Applications. 2020. Pp. 111-147.
7. Application of nanotechnology in construction [Website] URL: https://www.researchgate.net/publication/226541329_Application_of_nanotechnology_in_construction
8. Стрельченко О.В., Саньков П.Н. Использование нанотехнологий в строительстве. их виды, перспективы и безопасность применения [Электронный ресурс] URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016024354>

Прокушев А.А., студент

**Научный руководитель: канд. экон. наук, доц.
Алексеева О.В.**

*Новороссийский политехнический институт филиал
Кубанского государственного технологического
университета, г. Новороссийск, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Строительство является довольно консервативной отраслью, что связано со сложностями ее регулирования и эксплуатации объектов строительства. Успешное возведение зданий и сооружений невозможно без тщательно отработанной технологии и организации производства работ, основанных на передовых методах и применении новой техники. Поэтому в последнее время все чаще совершаются научные открытия, путем внедрения технологических инноваций, в том числе с использованием современных материалов.

Строительные процессы включают в себя не только возведение основных конструктивных элементов, но и так же внутреннюю и

внешнюю отделку. В условиях высокой индустриализации и достаточно искушенных пользователей, наибольшим спросом пользуются современные материалы, являющиеся разработками новых технологий, как, например, использование привычных стройматериалов в необычных формах и назначениях; искусственные новинки, удивляющие экологическими качествами – порой лучшими, чем у изготовленных из природного сырья.

Особое внимание уделяется современным инновационным отделочным материалам: необычные модификации природного дерева, к которым относится Richlite (Ричлайт) [1]. Он представляет собой прочный отделочный материал, который создаётся из переработанной бумаги, являющийся по сути композитом. Он обладает рядом свойств: не боится воды, устойчив к ударам и царапинам.

Кроме того, он прост в обработке, удобен при монтаже и эксплуатации, позволяя создавать необычайно красивые и сложные узоры. По мнению производителя, описываемый материал может заменить собой твердую древесину, а в некоторых случаях и сталь. Поверхности с покрытием Richlite легко поддаются чистке, имеют антимикробные качества и способны подавлять рост вредных микроорганизмов [2].

Технология производства этого материала такова, что он обладает водо- и термостойкостью (до 176°C), не боится атмосферных воздействий. Это позволяет использовать его не только внутри, но и снаружи.

Одним из основных критериев, позволяющих широко использовать данный материал, является стоимость. Исходя из того, что большую часть материала занимает макулатура (вторичное сырье), этот материал является экономичным.

На современном этапе стоимость макулатуры в среднем по России составляет от 6-12 руб./кг., что в принципе, достаточно привлекательно [3].

Таким образом, использование этого материала не только экономично, но и экологично, что достаточно редко встречается в современном мире.

Помимо отделочных материалов, инновации используются и при сооружении конструктивных элементов – в частности, ограждающих конструкций. Примером является «Теплостен» (рис. 1), который представлен в виде блока, состоящим из трех слоев.

Первый слой является несущим и изготавливается на основе газосиликата или бетона с применением керамзита. Описываемые компоненты делают эту часть материала легкой, теплой, достаточно долговечным и удобным при монтаже и эксплуатации.

Следующий слой в описываемом материале – это пенопласт. По своим технико-эксплуатационным качествам является пористым, поэтому имеет такие необходимые качества, как легкость и возможность сохранения тепла. Кроме того, пенопласт не интересен насекомым, поэтому долговечен и безопасен для вашего дома.

Третий и финишный слой представляют собой облицовку. Как правило, она изготовлена с применением бетона и добавлением краски [4].

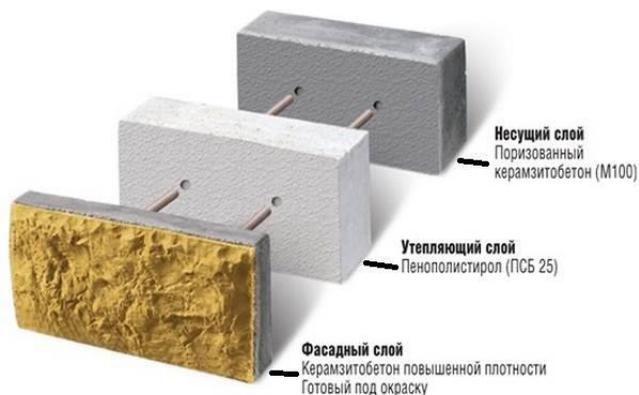


Рис. 1. «Теплостен»

Новшество заключается в том, что все три слоя используемого материала скреплены между собой стеклопластиковой арматурой, которая исключает попадание холодного воздуха в отделанное им помещение. Кроме того, для более прочного соединения пенопласта и бетона, среднем слое делают запил по типу «ласточкин хвост».

Схема монтажа представлена на рис. 2.

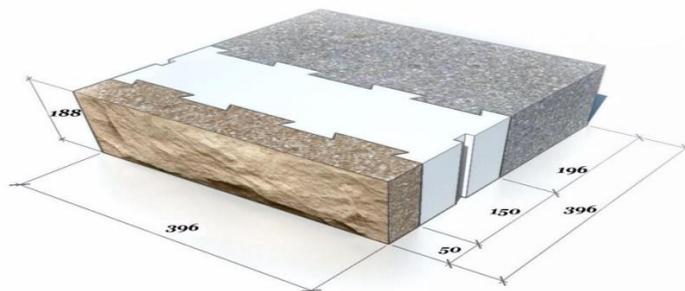


Рис. 2. Схема монтажа «Теплостена»

Производителем указываются также основные характеристики материала и примерный перечень эксплуатационных характеристик, в которых может быть он использован (табл. 1) [2].

Таблица 1

Основные характеристики материала «Теплостен» и перечень эксплуатационных характеристик

Наименование, единица измерения	Величина
Длина блока, мм	350+/-2
Ширина блока, мм	350+/-3
Высота блока, мм	175+/-2
Масса блока, кг	24+/-1
Толщина несущего полнотелого кирпича, мм	125+/-5
Толщина утепляющего слоя, мм	150+/-5
Толщина лицевого слоя, мм	65+/-5
Плотность облицовочного слоя, кг/м ³	2100
Приведенное сопротивление теплопередаче, м ² х С/Вт	3,09
Марка (класс) облицовочного слоя при сжатии	M250 (B20)
Морозостойкость облицовочного слоя	F300
Плотность несущего слоя, кг/м ³	1900
Марка (класс) несущего слоя при сжатии	M 150 (B12,5)
Морозостойкость несущего слоя	F100

Из приведенных данных видно, что рассматриваемый материал является достаточно экономичным, прост в монтаже и позволяет использовать всю ширину фантазии проектировщиков при оформлении фасада. Кроме того, основными характеристиками материала являются:

– морозостойкость, предел которой находится в промежутке от 30 до 50 циклов промерзания;

– плотность, которая для наружных слоев равна 1500 кг. / куб.м. несущего слоя, и 1300 кг. / куб.м. для облицовочного слоя;

– класс используемого бетона соответствует M200 для облицовочного слоя и M150 – для несущего. Более высокая марка бетона при использовании облицовочного слоя используется потому что он может подвергаться воздействию атмосферных осадков, а также промерзанию.

– вес одного блока составляет порядка 30 кг., что на этапе проектирования можно учитывать при расчете фундамента объекта.

Поскольку описываемый материал имеет трехслойную структуру, то необходимо применять широкий спектр и дополнительных блоков при оформлении углов и оконных пространств. С этой целью производителем предполагается создание различных вариаций данного материала (рис. 3) [4].



Рис. 3. Вариации материала «Теплостен»

Помимо перечисленных выше положительных критериев добавляется и стоимость. В среднем, экономия при использовании блоков «теплостен» составляет до 60 % от общей стоимости вложений в проект главным образом за счёт сокращения количества работы каменщиков (одним движением укладывается сразу три слоя) и отсутствие необходимости использования труда отделочников или сокращения объёма оных, а также стоимости материала, так как этот блок стоит дешевле, нежели купить три вида материала и привезти их на объект.

Стоимость единого блока теплостен зависит от размера, производителя и цвета. Цена за штуку варьируется от 75 до 250 рублей [5]. При приблизительном расчёте стоимости необходимого количества материала на 1 кв.м. жилого дома с облицовкой его теплоблоками составляет порядка 18 тыс. руб.

Как таковых недостатков у материала нет, однако некоторые рабочие выделяют в качестве неудобства использования описываемых блоков с особенностями работы. В частности, при весе одной единицы материала (блока) в 30 кг и его габаритах, подъём на высоту является достаточно сложным, а перемещение его при работе на высоте может интерпретироваться как сложная, поскольку возможна потеря равновесия рабочего. Расходы на транспортировку материала на стройплощадку сопоставимы с другим материалами.

Для монтажа блоков «теплостен» рекомендовано использовать только клеевой состав, это сокращает количество используемой воды и

исключит появление мостиков холода. Важный нюанс - армирование кладки через 3-4 ряда стальной сеткой (ячейка 5x2 см, толщина проволоки 0,5 мм) [6]. Остальные критерии и материалы такие же, как при установке обычных блоков.

Таким образом, использование современных материалов при строительстве зданий позволяет значительно сократить стоимость строительства и сроки возведения объекта, а также сделать объект уникальным и неповторимым за достаточно приемлемые деньги.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чаплыгина О. Талантливый мистер ричлайт // ZAGGO.RU 21.07.2021 URL: https://www.zaggo.ru/article/novosti/otdelka/prochnyj_otdelochnyj_material_iz_pererabotannoj_bumagi_ne_boitsya_vody_ustojchiv_k_udaram_i_sarapina.html (Дата обращения 01.11.2022 г.)

2. Достоинства и недостатки Теплостена URL: <https://superarch.ru/materialy/teplosten-plyusy-i-minusy/> (Дата обращения 01.11.2022 г.)

3. Цены на макулатуру URL: <https://vtorcom.ru/czenyi-na-makulaturu> (Дата обращения 03.11.2022 г.)

4. <https://stpoyka.ru/chto-takoe-teplosten-opisanie-harakteristiki-primenenie-i-tsena-materiala/> <https://stpoyka.ru/chto-takoe-teplosten-opisanie-harakteristiki-primenenie-i-tsena-materiala/> (Дата обращения 03.11.2022 г.)

5. Варианты отделки стен в квартире URL: <https://v-remonta.ru/steny/teplo-sten> (Дата обращения 04.11.2022 г.)

6. Строительство домов из теплостена: достоинства и недостатки URL: <https://stroika-dom.com/stroitelstvo/steny/stenovye-bloki/teplobloki/stroitelstvo-domov-iz-teplostena.html> (Дата обращения 04.11.2022 г.)

Рыкунова М.Д., аспирант

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Строкова В.В.**

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

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА И КАМНЯ С БИОЦИДАМИ

Несмотря на многочисленные исследования в области разработки биостойких композитов [1-6], проблема деградации строительных конструкций в результате биовоздействий все еще остается актуальной. Для лучшего функционирования строительных объектов и повышения комфортности жизнедеятельности обитателей ферм различной видовой принадлежности целесообразным, экономически и экологически выгодным является использование материалов с начальной стойкостью по отношению к агентам биокоррозии, обеспечивающим prolongацию его резистивности на более длительный срок (по сравнению с профилактической обработкой помещений). Это связано с тем, что микроорганизмы не успевают полноценно сформироваться в объемные структуры и на поверхности материала в межсезонный период, характеризующий короткими промежутками времени.

В качестве вяжущих в работе были использованы: портландцемент марки ЦЕМ I 42,5 Н производства ЗАО «Белгородский цемент» (г. Белгород, Белгородская область, РФ). В качестве тестируемых биоцидов были выбраны наиболее широко используемые в России коммерческие биоциды с различной химической основой: дезинфицирующее средство Диновис производства ЗАО «Альдомед» (г. Томск) [7]; дезинфицирующее средство Мегадез производства ЗАО «ОЭЗ ВладМиВа» (г. Москва) [8].

Для изучения прочностных характеристик цементного камня с биоцидами формовались образцы-кубики с размером ребра 2 см. Водоцементное отношение смеси составляло 0,3. Приготовление составов осуществлялось вручную, образцы изготавливались в металлических формах, после укладки образцы в течение 1 суток твердели в ванной с гидравлическим затвором в формах, затем распалубливались и после чего продолжали твердеть в ванной с гидравлическим затвором при температуре 20 ± 2 °С.

Сравнительную оценку влияния биоцидов на свойства портландцементного теста и камня проводили по следующим физико-химическим и физико-механическим показателям: водоотделение цемента, сроки схватывания, реология, предел прочности при сжатии.

Согласно полученным данным, представленным в таблице 1, обе добавки способствуют некоторому увеличению водоотделения цементного теста. При этом отмечается прямая зависимость, чем выше концентрация биоцида, тем выше коэффициент водоотделения.

Таблица 1

Коэффициент водоотделения портландцемента с биоцидами

Коэффициент водоотделения, %				
Контроль	Диновис		Мегадез	
	0,2 %	0,4 %	0,2 %	0,4 %
5,44	8,50	11,26	7,78	11,75

Введение добавок в количестве 0,4 % приводит к росту коэффициента водоотделения в два раза по сравнению с контрольным составом (рис. 1). Однако, вероятным объяснением данного факта служит пластификация теста входящими в состав биоцидов поверхностно-активными веществами. В этой связи для формирования теста заданной подвижности в данном случае потребуется меньшее количество воды затворения. Данное предположение подтверждается поризацией системы в присутствии биоцидных компонентов.

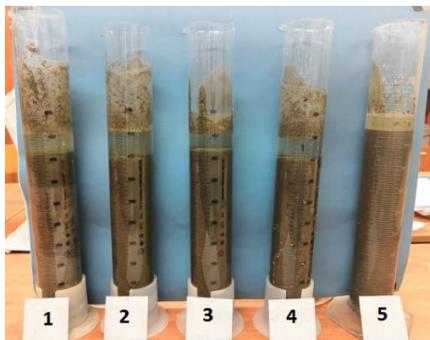


Рис. 1. Характер водоотделения цементного теста в зависимости от вида биоциды и его концентрации: 1 – мегадез 0,2 %; 2 – мегадез 0,4 %; 3 – диновис 0,2 %; 4 – диновис 0,4 %; 5 – контрольный состав

При этом в случае Мегадеза эффект пенообразования более существенный. Таким образом, проведенные нами исследования позволяют сделать вывод о том, что подобранные концентрации биоцидов не несут значительного влияние на водоотделение цемента.

Реологические особенности относятся к числу важнейшей характеристики любого состава. Согласно полученным данным, введение добавок независимо от дозировки не влияет на характер

течения суспензий. При увеличении скорости сдвига вязкость суспензий постепенно снижается до постоянного значения (рис. 2). Изменения заметны лишь в начальной вязкости теста: при введении Диновиса начальная вязкость системы падает на 20 и 40 % при введении 0,2 и 0,4 % добавки соответственно. При введении Мегадеза отмечается снижение начального значения вязкости до 40 % независимо от концентрации биоцида. Указанное подтверждает пластифицирующее влияние вводимых биоцидов и высвобождением избытка воды в результате разрушения конгломератов из частиц цемента за счет формирования оболочки на их поверхности.

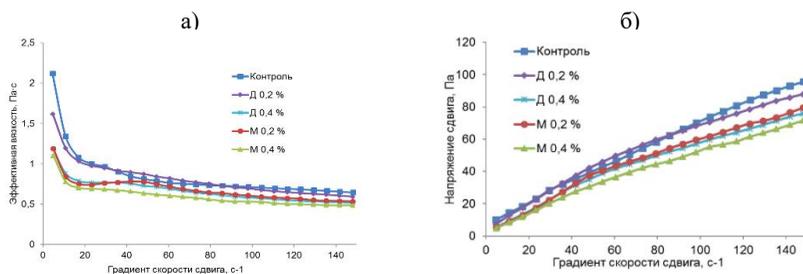


Рис. 2. Реологические параметры портландцементного теста в зависимости от вида и содержания добавки биоцида: *а* – эффективная вязкость; *б* – напряжение сдвига

Отмеченные эффекты объясняются все тем же присутствием поверхностно-активных веществ в составе биоцидных добавок, и являются положительным фактором влияния данных видов биоцидов на цементное тесто, поскольку позволит получать подвижные цементные растворы при сниженной дозировке воды, что обеспечит дополнительное естественное уплотнение и упрочнение готовых цементных композитов с пролонгированными биостойкими свойствами.

При изучении сроков схватывания, было замечено, что введение биоцидов способствует резкому замедлению начала схватывания модифицированного цементного теста при всех концентрациях, результаты указаны в табл. 2. При введении Диновиса начало схватывания увеличивается в 1,7 и 2 раза в концентрации 0,2 и 0,4 % соответственно. Использование Мегадеза приводит к еще более существенному замедлению сроков схватывания: в 2,2 и 2,4 раза при введении 0,2 и 0,4 % добавки соответственно.

Использование Мегадеза приводит к еще более существенному замедлению сроков схватывания: в 2,2 и 2,4 раза при введении 0,2 и 0,4 % добавки соответственно. При этом при введении 0,2 % биоцида

независимо от его вида способствует некоторому сокращению конца схватывания. К тому как увеличение концентрации биоцидов несколько увеличивает конец схватывания.

Указанное можно объяснить адсорбцией органических соединений на поверхности цементных частиц, что приводит к частичной «закупорке» твердой фазы и препятствует допуску воды к частицам. В процессе гидратации «незакрытых» частиц происходит увеличение pH среды, что приводит к разрушению поверхностной органической пленки на твердой фазе. Это выражается активизацией гидратации и некоторым сокращением конца схватывания.

Таблица 2

Сроки схватывания портландцемента с биоцидами

№ п/п	Вид биоцида	Дозировка биоцида от массы цемента, %	Сроки схватывания	
			начало	конец
1	Цементный раствор (ЦР)	–	90	270
2	Диновис	0,2	160	238
3		0,4	188	288
4	Мегадез	0,2	201	261
5		0,4	215	295

Несмотря на отсрочку начала гидратации, модифицированное биоцидами цементное тесто по срокам схватывания полностью соответствует нормативным документам.

Характер влияния обоих видов биоцидов на прочностные характеристики затвердевшего камня аналогичен: отмечается превышение прочности для модифицированных составов вплоть до 14 сут., после чего происходит некоторое снижение прочности по сравнению с контрольным (рис. 3). При этом степень влияния меняется.

Так, введение Диновиса в количестве 0,2 % в первые 3 сут. твердения не приводит к существенному росту прочности (рис. 3, а). Начиная с 7 сут. отмечается падение прочности по сравнению с контролем в пределах 10 %.

Увеличение концентрации биоцида до 0,4 % способствует упрочнению цементного камня: прочность увеличивается на 10–20 % до 14 сут. твердения. Однако, к 28 сут. твердения контроль превосходит по прочности модифицированный Диновисом камень на 20 и 35 % при дозировке 0,2 и 0,4 % соответственно.

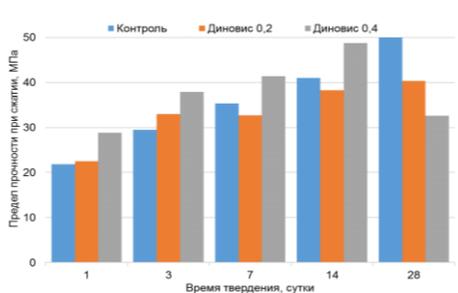
Использование Мегадеза для получения модифицированного камня несколько меняет зависимости по прочности: введение 0,2 % добавки приводит к приросту в пределах 20 % в зависимости от срока

твердения вплоть до 14 сут. (рис. 3, б). Максимальным приростом отличаются образцы после 7 сут. твердения: прочность увеличивается на 30 % по сравнению с контрольным составом того же возраста и в 2 раза по сравнению с контролем в возрасте 1 сут.

Увеличение концентрации Мегадеза в системе снижает прочность образцов как по сравнению с контролем, так и по сравнению с модифицированными биоцидом образцами при сниженной концентрации.

При этом, как и в случае с Диновисом, после 28 сут. твердения модифицированные образцы отличаются меньшей прочностью (на 28–32 %) по сравнению с контрольными образцами. Очевидно, что снижение прочностных показателей портландцементного камня связаны, с одной стороны, с поздней гидратации цемента в ранние сроки за счет формирования поверхностной пленки на гидратирующихся частицах, а с другой – с существенной поризацией системы, за счет входящих в состав биоцидов поверхностно-активных веществ.

а)



б)

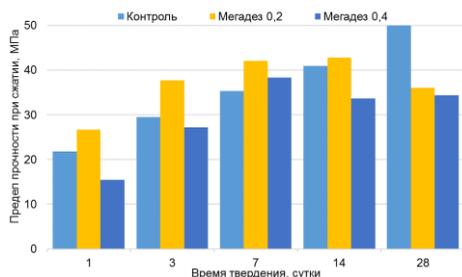


Рис. 3. Кинетика набора прочности портландцементного камня в зависимости от вида биоцида и его концентрации: а – при введении Диновиса; б – при введении Мегадеза

Таким образом, согласно полученным данным, негативное влияние биоцидов на свойства цементного теста и камня, скорее всего, обусловлено действием рядом физических факторов.

Однако, при разработке строительных композитов с пролонгированной биостойкостью с использованием биоцидных компонентов необходимо обеспечить нивелирование негативного воздействия добавок в части сокращения пеноэффекта и других факторов, что возможно за счет применения пеногасителей, использования активных пуццолановых добавок и другими способами, которые будут рассмотрены при проектировании биостойких материалов на следующем этапе работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гришина А.Н. Синтез биоцидного наноразмерного модификатора на основе гидросиликатов олова / А.Н. Гришина, В.Т. Королев, М.Ю. Шаров // в сборнике: European Scientific Conference (сборник статей победителей IV Международной научно-практической конференции): в 3 ч. – 2017. – С. 47–52.
2. Ерофеев В.Т., Калашников В.И., Смирнов В.Ф., Карпушин С.Н., Родин А.И., Красноглазов А.М., Челмакин А.Ю. Стойкость цементных композитов на биоцидном портландцементе с активной минеральной добавкой в условиях воздействия модельной среды бактерий // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 1. С. 11–17.
3. Ерофеев В.Т., Родин А.И., Богатов А.Д., Казначеев С.В., Смирнов В.Ф., Светлов Д.А. Физико-механические свойства и биостойкость цементов, модифицированных сернокислым натрием, фтористым натрием и полигексаметиленгуанидин стеаратом // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 7. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. Ч. 2. С. 292-309.
4. Василенко М.И. Повреждение материалов микроскопическими грибами: монография / М.И. Василенко, Е.Н. Гончарова. – Белгород: Изд-во БГТУ. – 2015. – 111 с.
5. Баскаков П.С. Стабилизация наночастиц серебра в водно-дисперсионных биоцидных лакокрасочных материалах: дис. ... канд. техн. наук: 02.00.11 / Баскаков Павел Сергеевич. – Белгород, 2017. – 173 с.
6. Сураева Е.Н. Разработка сухих строительных смесей с биоцидными свойствами: автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Сураева Екатерина Николаевна. – Пенза, 2015. – 25 с.
7. Дезинфицирующее средство «Диновис», ТУ 9392-002-30407785-2012 с изм. 1.
8. Дезинфицирующее средство «Мегадез», ТУ 9392-103-45814830-2006.

Рябчевский И.С., аспирант,
Богачева М.А., аспирант

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Сулейманова Л.А.

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

МИКРОАРМИРУЮЩИЕ ВОЛОКНА ДЛЯ ФИБРОПЕНОБЕТОНА

В настоящее время пенобетон получил широкое распространение как строительный материал теплоизоляционного и конструкционного назначения. Растущий интерес к пенобетону вызван его отличными показателями теплоизоляции и другими эксплуатационными характеристиками с возможностью использования различных отходов в технологии производства [1-3]. По своей сути пенобетон изготавливают из бетонной смеси, в которую вводят предварительно приготовленную пену, создающую внутри затвердевшего композита систему замкнутых пор [4-9].

Использование различных волокон в системе ячеистого бетона уменьшает усадочные трещины и улучшает механические свойства, особенно при растяжении и изгибе. В последнее время энергоэффективные и экологически чистые строительные технологии стимулируют развитие зеленых композитов. Основой для разработки широкого спектра этих легких композитов является чистый цемент в сочетании с мелким песком и дискретными, равномерно расположенными микро- или макроскопическими воздушными ячейками [10]. В результате пенобетон обеспечивает указанные выше преимущества, снижает затраты на строительство.

Введение в пенобетон хаотически ориентированных волокон позволяет улучшить передачу нагрузки в разных направлениях, а прочность на растяжение повышается за счет создания упругопластического композита. Усовершенствования такого рода могут способствовать созданию пенобетона с применением в несущих конструкциях. В технических документах представлена стратегия повышения механических свойств пенобетона за счет добавления волокон различной природы и различного состава, встроенных в цементную матрицу [11, 12].

Классификация армирующих волокон представлена на рис. 1.

Микро- и нановолокна обеспечивают укрепление микроструктуры даже в более тонких стенках ячеек фибропенобетона. Наличие волокон повышает прочность фибропенобетона на изгиб и эффективно снижает

усадочные нагрузки. Учитывая, что микроармирующие волокна в составе ячеистого композита также увеличивают механическую прочность, это важный фактор стабильности пенобетона.

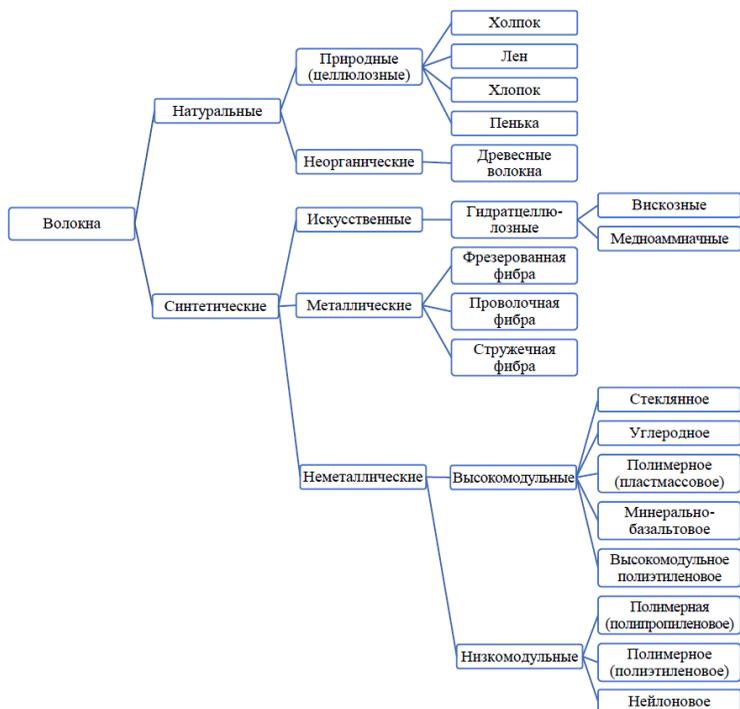


Рис. 1. Классификация армирующих волокон

Использование синтетических и натуральных волокон (стеклянных и углеродных) в фибропенобетоне показывает улучшенные параметры долговечности с уменьшенной усадкой при твердении, высоким модулем упругости и повышенной механической прочностью. При этом выявлено, что основным целевым критерием фибробетона является плотность; поэтому почти все исследования направлены на изучение влияния волокон на плотность [13], про этом имеет прочность на растяжение и сжатие через 28 сут даже не более 2,5 МПа и 50 МПа соответственно [14].

Несколько типов волокон в производстве пенобетона обладают отличной стойкостью к ударам, истиранию и разрушению. Более высокая длина стальных или синтетических волокон может полностью заменить арматуру или сталь в определенных ситуациях [15]. Кроме

того, характер структуры фибропенобетона изменяется при изменении бетонных и волокнистых материалов, геометрии, распределения, ориентации и плотности.

Преимуществами натуральных волокон являются хорошие механические свойства, низкая стоимость, плотность, теплопроводность и возможность повторного использования, что делает их отличной потенциальной заменой синтетическим волокнам в композитных материалах. Применение природных волокон развито в строительной, упаковочной, мебельной и автомобильной промышленности. Натуральные волокна в основном состоят из гемицеллюлозы, лигнина и пектина. Состав также может меняться в зависимости от условий произрастания, местоположения и возраста растения [16].

Древесное волокно является одним из наиболее широко известных натуральных волокон, используемых в текстильной промышленности. Они характеризуются низкой плотностью и стоимостью, хорошими механическими свойствами, отличными дисперсионными, термическими свойствами, высокой коррозионной стойкостью и термостойкостью. При этом в работах [17] доказано, что древесное волокно улучшает механические свойства пенобетона, но несколько увеличивает теплопроводность.

Хлопковое волокно, полученное измельчением отходов хлопчатобумажной одежды, содержит 88-96 % целлюлозы и является одним из самых легких видов волокна ($1,3-1,6 \text{ г/см}^3$), что увеличивает перспективы его использования в пенобетоне. Пенобетон имеет предел прочности при растяжении в диапазоне 300–600 МПа, модуль упругости 6–13 ГПа и предел удлинения 6–10 % делают этот вторичный материал перспективным для защиты окружающей среды и создания строительных композитов [18]. По сравнению с другими натуральными волокнами, лен дает отличное сочетание цены, легкости, высокой прочности и жесткости материала для строительных работ.

Стальная фибра является самым распространенным армирующим материалом, обладающая высокой долговечностью, и используется во многих областях строительства. Стальная фибра для пенобетона представляет собой отрезок стальной низкоуглеродистой проволоки диаметром 0,7–1,2 мм при длине от 25 до 60 мм [19]. В сечении он может быть круглым или треугольным, а по конфигурации напоминать дугу или скобу, или иметь волнообразную форму. Волокно может улучшить сцепление бетона с шероховатой поверхностью

Нейлоновое волокно является одним из самых распространенных, изготавливаемых и используемых в быту. Он обладает хорошей стойкостью к истиранию и износу, хорошей эластичностью, низким

коэффициентом трения, высокой ударной вязкостью, огнестойкостью, отличными свойствами при растяжении, высокой водопоглощающей способностью, хорошей стойкостью к растворителям и высокой электроизоляции [20].

Полиакрилонитрил (ПАН) или акриловое волокно имеет один из самых высоких модулей упругости (14–25 ГПа), сравнимый с модулем упругости цементной матрицы. Волокна ПАН обладают значительной прочностью на растяжение, а высокие прочностные характеристики ПАН-волокна обеспечиваются за счет межмолекулярных сил между полимерными цепями, а электростатические силы между диполями соседних групп $-C=N$ ограничивают вращение связи и делают цепь более жесткой. В исследованиях [21] обнаружено, что акриловые волокна обладают значительной адгезией к цементной матрице, что объясняется большей свободной поверхностной энергией волокон, чем у других синтетических волокон, таких как нейлоновые и полипропиленовые волокна. Данные нановолокна производятся диаметром около 0,5-1,5 мкм или менее.

Характеристики углеродных волокон в основном определяются структурой кристаллитов графита в их микроструктурах. Хорошо известные нановолокна семейства фуллеренов представляют собой углеродные нанотрубки и состоят из свернутых графеновых листов с трубками с высоким коэффициентом удлинения более 1000. Это различные нанотрубки с пределом прочности при растяжении от 11 до 63 ГПа и высоким модулем упругости от 1000 до 1800 ГПа [22].

Таким образом, добавление волокон различного происхождения оказывают высокий положительный эффект на повышение механических характеристик пенобетона за счет оптимизации микроструктуры массы, что позволяет использовать ее для использования в несущих конструкциях.

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. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 7 (583). С. 113-116.
3. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергосберегающие технологии высокопоризованных бетонов // В сборнике: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее. Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях. 2011. С. 98-102.

4. Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Ерохина И.А. Общая закономерность получения материалов с высокими качественными показателями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2006. № 15. С. 155.
5. Сулейманова Л.А. Энергия внутренних связей в материале - основа его прочности, деформативности и сопротивляемости различным факторам // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 154-159.
6. Сулейманова Л.А. Энергия связи - основа конструктивных и эксплуатационных характеристик бетонов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 9 (585). С. 91-99.
7. Сулейманова Л.А. Неавтоклавный пеногазобетон на основе сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 73-80.
8. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Физико-химические основы строительного материаловедения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. № 9. С. 68-72.
9. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Общая закономерность создания строительных материалов с требуемыми свойствами // В сборнике: Современные проблемы строительного материаловедения. Материалы седьмых академических чтений. 2001. С. 77-80.
10. Сулейманова Л.А. Управление процессом формирования пористой структуры ячеистых бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 69-76.
11. Falliano D, Domenico D, Ricciardi G, Gugliandolo E. Compressive and flexural strength of fiber-reinforced foamed concrete: Effect of fiber content, curing conditions and dry density // Constr. Build. Mater. 2019, 198, 479-493.
12. Amran M., Fediuk R., Vatin N., Lee Y.H., Murali G., Ozbakkaloglu T., Klyuev S., Alabduljabber H. Fibre-Reinforced Foamed Concretes: A Review // Materials (Basel). 2020 No 13(19) P. 4323.
13. Моргун В.Н., Богатина А.Ю., Моргун Л.В., Смирнова П.В. Конструкционные возможности фибропенобетона неавтоклавного твердения // Строительные материалы. 2012. №4. С. 14-16.
14. Fernandes P.A.L. Veludo J. Almeida N. Baptista J. Rodrigues H. Study of a self-compacting fiber-reinforced concrete to be applied in the precast industry // Innov. Infrastruct. Solut. 2018, No 3, P. 28.
15. Васильовская Н.Г., Енджиевская И.Г., Калугин И.Г. Управление структурой ячеистых фибробетонов // Известия вузов. Строительство. 2010. №11(12). С. 12-13.
16. Ивлева А.Р., Канарский А.В., Казаков Я.В., Севастьянова Ю.В. Влияние лигнина и гемицеллюлозы на адсорбционные свойства

растительных волокон // Вестник Казанского технологического университета. 2015. №17. С. 123-125.

17. Xu R. He T. Da Y. Liu Y. Li J. Chen C. Utilizing wood fiber produced with wood waste to reinforce autoclaved aerated concrete // Constr. Build. Mater. 2019. No 208, Pp. 242–249.

18. Peña-Pichardo P. Martínez-Barrera G. Martínez-López M. Ureña-Núñez F. Reis J. Recovery of cotton fibers from waste Blue-Jeans and its use in polyester concrete // Constr. Build. Mater. 2018, No 177. Pp. 409-416.

19. Fedyuk R.S., Lesovik V.S., Svintsov A.P., Mochalov A.V., Kulichkov S.V., Stoyushko N.Y., Gladkova N.A., Timokhin R.A., Self-compacting concrete using pretreated rice husk ash // Mag. Civ. Eng., 2018, Vol. 3, Pp. 66-76.

20. Mahesh G., G. Satyanarayana V.V. Experimental study on foam concrete with polypropylene fibers and Nylon fibers // AIP Conference Proceedings. 2021. No 2358. P. 020008.

21. Son M. Kim G. Kim H. Lee S. Nam J. Kobayashi K. Effects of the strain rate and fiber blending ratio on the tensile behavior of hooked steel fiber and polyvinyl alcohol fiber hybrid reinforced cementitious composites // Cem. Concr. Compos. 2020. No 106. P. 103482.

22. Белова Н.А. Композитные материалы на основе углеродных волокон // Молодой ученый. 2015. № 24.1(104.1). С. 5-7.

**Себелева Н.Ю., магистрант,
Литау А.А., студент**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, преп.
Губарева Е.Н.**

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

ПРИМЕНЕНИЕ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В последние годы карбонат кальция (CaCO_3) привлек огромное внимание современных исследователей в качестве коммерчески доступного недорогого альтернативного наполнителя для различных промышленных применений. Это также подходящий наполнитель с экологической точки зрения, так как он менее загрязняет окружающую среду в связи с его низкой токсичностью [1].

Карбонат кальция (CaCO_3) является одним из самых распространенных биоминералов, существующих во всем мире. Представленная осадочная порода состоит из кальцитов в виде окаменелых раковин и отложений кремния. Это необходимый материал, который образуется в геологических источниках, таких как известняк, мел и мрамор, и биологических организмах, например, кораллы, жемчуг, раковины моллюсков, яичная скорлупа [2]. Свойства и применение CaCO_3 в основном зависят от его морфологии, полиморфизма, размера частиц и химической чистоты кристалла [3]. Кальцит широко используется в качестве наполнителя во многих отраслях промышленности, таких как производство резины, пластика, бумаги, печатной краски, пищевой промышленности, фармацевтической промышленности, пищевых добавок, клеев, герметиков и для некоторых других отраслей промышленности [4, 5].

Особенно широкий спектр применения карбонат кальция находит в строительной индустрии, например, известняки и мраморы используются в качестве архитектурных камней, стеновых тканей, заполнителей для дорожного покрытия автомагистралей и аэропортов, каменной наброски для насыпей, железнодорожных балластов, остекления кирпича, монументальных камней и в качестве добавки к грунту для стабилизации [6]. Карбонатные породы природного происхождения, такие как известняк, мел, мрамор, микрокальцит и т.д. и некоторые карбонатные материалы синтетического происхождения широко используются при производстве разнообразных сухих строительных смесей, и с каждым годом объемы производства увеличиваются. В настоящее время российские ГОСТы допускают внедрять в портландцемент различные дополнительные компоненты в объеме до 5 % от всей массы материала, а в некоторые виды цемента возможно вносить около 20 % карбонатных компонентов [7].

Известь и известняк являются одними из наиболее широко используемых материалов в мире. Они использовались в качестве основных материалов во многих отраслях промышленности из-за их низкой цены, больших запасов и установленной безопасности для человека и окружающей среды. В бетонной промышленности широко использование активируемых щелочью материалов и порошка известняка, который ускоряет гидратацию цемента, способствовало значительному снижению спроса на цемент за последние десятилетия, но спрос, тем не менее, остается высоким. Цементная и строительная отрасли, использующие известь в качестве строительных заполнителей и сырья для производства цемента, являются крупнейшими промышленными потребителями известковых продуктов в основном из-за ее функциональной совместимости для соединения камней и

кирпичей в каменной кладке [8]. Например, применение наноизвестки действует как связующее средство для поврежденных поверхностей, поскольку после нанесения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ вступает в реакцию с атмосферным диоксидом углерода (CO_2) с образованием CaCO_3 .

Кроме того, карбонатные материалы находят эффективное применение в фотокаталитических системах в качестве носителя фотокаталитического агента. Минеральный компонент дает повышение закрепления частиц фотокатализатора между цементной матрицей, как следствие, фотокаталитическая активность в таком композиционном материале выше, чем в материале без внесения карбонатной породы [9]. Также при добавлении карбоната кальция (CaCO_3) повышаются такие свойства материалов, как ударная вязкость, модуль упругости при изгибе и температура размягчения, относительное удлинение при разрыве, модуль хранения и температура стеклования.

Ранее некоторые карбонатные заполнители, например, такие как песок и щебень рассматривались только лишь как составная часть в течение затвердения цемента. В дальнейшем ученые обратили свое внимание на значительную прочность адгезии цементной смеси с известняковыми компонентами. Воздействие карбонатных пород на окончательные характеристики получаемых карбонатно-цементных систем имеют как физическую, так и химическую природу. Известняковый наполнитель повышает плотность образовавшегося цементного камня. В соответствии с российскими ГОСТами процентное содержание карбоната кальция в известняке должно составлять не менее 75 %. Поскольку была опровергнута изначальная мысль относительно инертности известняков, то им вполне могут быть приписаны и некоторые негативные влияния на долговечность и прочность затвердевших цементных растворов и бетонов.

Появления деформаций в цементных растворах с карбонатным наполнителем могут быть связаны либо с возникновением минерала, редко встречающимся в природе – таумасита, либо с реакцией между карбонатом и щелочью. Таумасит, в связи с его структурной формулой, способен проявлять разрушительный процесс на цемент и бетон, возникший из-за ослабления межчастичных связей. Образование данного минерала провоцирует появление коррозии в бетоне [10].

Таким образом проблема комплексного использования осадочных карбонатных пород в качестве заполнителя для производства бетонов остается актуальной. Необходимо дальнейшее исследование физико-механических свойств карбонатных пород и уточнение областей их применения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Любомирский Н.В., Бахтин А.С., Бахтина Т.А., Николаенко В.В. Строительные материалы на основе известковой пыли и мелкодисперсного известняка // ФГАУВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Россия. №4 (90) 2020. 113 с.
2. M.A. Karimi, M. Ranjbar. Hydrothermal synthesis and characterization of hydrothermal synthesis characterization of CaCO_3 nanostructure, Synth. React. Inorganic Met. Nano-Metal Chem. 46 (2016) 635–637.
3. Шихалиев К.С. Изучение свойств поверхностей зерен известняка и установление оптимальных соотношений между щебнем и известняками // British Journal of Innovation in Science and Technology. 2018. Т. 3. № 1. С. 31-36.
4. Нелюбова В.В., Жерновский И.В., Череватова А.В., Строкова В.В. Особенности фазообразования в системе $\text{CaO SiO}_2 \text{H}_2\text{O}$ в присутствии наноструктурированного модификатора // Строительные материалы. – 2009 – № 11 – С. 100.
5. Дмитриева Т.В., Маркова И.Ю., Строкова В.В., Безродных А.А., Куцына Н.П. Эффективность стабилизаторов различного состава при укреплении грунтов минеральным вяжущим // Строительные материалы и изделия. – 2020 – № 1 – С. 30-38.
6. Теджа К. Ш. Джейсон Х. Эффективность портланд-известняковых цементов с дополнительными вяжущими материалами для предотвращения щелочно-кремнеземной реакции // 2022. С. 131.
7. Kennedy C. Waste combustion and lime induced calcite precipitation for problematic soils stabilization; an applied review // Materials Today: Proceedings. 2021.
8. В.А. Silva, А.Р. Ferreira Pinto, А. Gomes, А. Candeias. Effects of natural and accelerated carbonation on the properties of lime-based materials // Journal of CO_2 Utilization. 2021.
9. Себелева Н.Ю., Губарева Е.Н. Морфоструктурные особенности фотокалитического композиционного материала на карбонатном носителе // Наука и инновации в строительстве. Белгород, 2022. С. 142-146.
10. Залеский С.К. Некоторые физико-механические свойства известковых материалов // Северо-Западный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. 1971. С. 186-196.

Сёма А.В., студент

Научный руководитель: ст. преп.

Козикова И.Н.

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

КИРПИЧ КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Применение кирпича в строительстве вызвано следующими свойствами этого материала: высокой прочностью, огнеупорностью, огнестойкостью, сравнительной простотой изготовления в сравнении с другими строительными материалами, высоким качеством изготовления, низкой себестоимостью изготовления при быстрой окупаемости затрат на строительство.

Сложностью изготовления кирпича является необходимость поддержания высокотемпературных режимов обработки в течение длительного времени для того, чтобы обеспечить равномерное распределение температур и напряжений. Стабильность термических режимов обеспечивает длительный ресурс эксплуатации кирпичных зданий, снижает износ зданий с течением времени, обеспечивает длительное сохранение тепла внутри зданий, что особенно важно в холодные периоды эксплуатации зданий.

Технологическое оборудование для изготовления кирпича должно обеспечивать размерную точность, температурную стабильность, высокое качество готовых кирпичей при минимально возможных сроках и затратах на изготовление. Затраты на внедрение, эксплуатацию, ремонт оборудования могут способствовать снижению эффективности применения кирпича как основного материала в строительстве. Современные технологии изготовления позволяют применять программное оборудование для поддержания термических режимов производства кирпича, что позволяет обеспечить высокий уровень автоматизации строительства за счет снижения занятости людей в изготовлении кирпича.

Кирпич более экономичен и прост в изготовлении, но может иногда проигрывать в прочности и температурной стабильности по сравнению с разными видами бетонов, армированных материалов, металлов, что способствует актуальности совершенствования технологии и разработке более совершенного оборудования для изготовления кирпича [1]. Длительный срок изготовления кирпича в печах вызывает необходимость применять технологии с разным

уровнем автоматизации технологических процессов, с учетом объемов производства на предприятии.

Основные свойства кирпича. Основными свойствами кирпичей является теплостойкость, предел прочности, диапазон температур для эксплуатации в разных климатических условиях. С учетом класса энергоэффективности промышленных и гражданских зданий должен обеспечиваться значительный теплоотвод, чтобы обеспечивать высокую устойчивость зданий к пожарам и возгораниям.

В холодное время года здания должны сохранять тепло, количество которого периодически снижается благодаря обильным осадкам в виде снега и дождя. В указанном случае кирпич должен быть мелкопористым, чтобы предотвратить проникновение влаги в помещение. Высокий уровень влажности является негативным фактором, который способствует снижению эксплуатационных характеристик здания и периода его качественной эксплуатации.

После изготовления кирпича важным является дополнительное упрочнение, которое возможно за счет изменения времени нагревания и охлаждения кирпича. Для проверки свойств кирпича после изготовления и соответствия государственным стандартам используют тензометры для контроля уровня напряжений при растяжении, сжатии, ударных нагрузках [2]. При подтверждении соответствия кирпич допускают в процессы строительства зданий, в противном случае кирпич считают бракованным и отправляют на переработку. Бракованный кирпич можно вторично использовать в качестве сырья для изготовления новых видов кирпича, что снижает финансовые затраты на изготовление кирпича.

В настоящее время актуально использование композитных материалов в разных сферах деятельности человека. Добавление силикатных соединений в кирпич расширяет температурный режим эксплуатации кирпича в разных климатических условиях [3]. Применяемые виды кирпича показаны на рис. 1.

Газосиликатный кирпич способствует быстрому поглощению влажности. Керамический кирпич повышает качество применения кирпича в жарких климатических условиях. Облицовочный кирпич применяют для целей декорирования зданий, тротуаров, дорог, что предъявляет низкие требования к прочности и температурной стабильности этого вида кирпича. Керамзито-бетонный блок обеспечивает поддержание высоких нагрузок на здания.



Рис. 1. Виды кирпичей

Пенобетонные блоки обладают относительной простотой и малой себестоимостью изготовления, но имеют повышенные прочностные и термические качества в процессе эксплуатации.

Силикатный кирпич обладает более высокой прочностью и температурной стабильностью.

Шлакоблоки имеют более низкое качество изготовления, что способствует их применению в строительстве временных и быстровозводимых зданий.

Наличие пустот в кирпичах способствует снижению прочности, проникновению влаги и, следовательно, снижает эксплуатационные качества кирпичей, требует повторного контроля состояния зданий в процессе эксплуатации, вызывая дополнительные затраты на обслуживание зданий, необходимость формирования бригад для ремонта зданий, поддержания их в безопасном состоянии, поэтому более целесообразно использовать целостный кирпич в сфере строительства.

Перспективы практического применения кирпича. Малоэтажное массовое строительство требует повышения объемов использования каменных штучных материалов, приоритетную массу которых представляют силикатный и керамический кирпич. Необходимо планомерно повышать объемы выпуска кирпича, координировать совместные действия исследователей, производителей, строителей, проектировщиков для повышения качества материалов, технологий разработки, изготовления конструктивных прогрессивных решений, процессов профессионального мониторинга построенных сооружений в процессе эксплуатации.

Важна систематическая работа по изучению передовых тенденций и опыта развития силикатных материалов в иностранных государствах,

в которых объемы использования стабильно возрастают [4]. Совместные действия изготовителей силикатной продукции координирует Европейская ассоциация силикатной промышленности, основателями которой являются представители ФРГ, Бельгии, Нидерландов, Великобритании.

Дополнительно повышать производственную энергоэффективность, интенсифицировать процессы обжига известняка можно предварительным орошением материала перед загрузкой в печи 1%-ным водным раствором хлорида кальция. Процесс термической диссоциации известняка полностью происходит при температурах не более 900°C в течение 80-120 мин. Хлорид кальция образуется в виде отходов в больших количествах в разных химических процессах [5]. Методов использования указанного отхода пока не существует, отходы сливаются в природные водоемы и засоляют их. Внедрение указанных технологических решений будет способствовать разрешению экологических задач.

Близка к промышленной реализации технология, которая позволяет превратить известняк в негашеную известь в процессе помола за счет отвода теплоты, которая выделяется при измельчении. В результате снижаются энергетические затраты. Частичная замена кварцевого песка аморфным кремнеземом с более высокой активностью, чем у кристаллов кварца, позволяет ускорить химические реакции образования гидросиликатов кальция как цементирующих основы силикатных кирпичей.

Современный кирпич полностью соответствует нормам пожарной безопасности, поэтому вероятность возгорания кирпичных домов сводится к минимуму. Кирпич не подвергается воздействию микроорганизмов, плесени, грибков. Следовательно, кирпичная кладка не гниет, способна пропускать нужное количество воздуха. Важно учитывать, что кирпич из глины абсолютно экологичен: человек, который живет в кирпичном доме, находится в более благоприятном микроклимате. Кирпичные стены отлично поглощают шумы. Если сравнить шумоизоляцию деревянных, кирпичных, панельных зданий, то шумоизоляция выше у кирпича. К достоинствам строительства из кирпича следует отнести многообразие архитектурных вариаций, конфигураций, так как кирпич имеет достаточно малые размеры в сравнении с панелями.

Современная «кирпичная палитра» представлена разными сочетаниями цветов. Кроме привычной белой и красной расцветки строительный кирпич может быть выполнен в другой цветовой гамме, что зависит от индивидуального предпочтения заказчика, производственных возможностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобов О.И., Ананьев А.И., Ананьев А.А. Энергоэфф., долговечность и безопасность наружных стен зданий из керамических материалов // Строительные материалы. 2010. № 4. С. 10-14.
2. Ворончихин А.Н. Керамический кирпич – лучший облицовочный материал // Пром. и гражд. строительство. 2005. № 7. С. 28-29.
3. Лобов О.И., Ананьев А.И. Долговечность облицовочных слоев наружных стен многоэтажных зданий с повышенным уровнем теплоизоляции // Стр-е мат-лы. 2008. № 3(52)/с
4. Шелер Р., Фёрстер В., Пирогов П.П. Типоразмеры силикатного кирпича и блоков. // Стр-е мат-лы. 2010. № 9. С. 44-46.
5. Беляков В.В., Беляков А.В., Шахтарина Л.В., Богатырёва Н.С. Установка для обжига материалов. Пат. РФ ПМ № 87507 от 10.10.2009.

**Сердюченко В.М., магистрант,
Руденко А.А., ассистент,
Городничая А.Н., ст. преп.**

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

*Кубанский государственный аграрный
университет им. И. Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Нанотехнологии обладают огромным потенциалом для улучшения строительной отрасли. Они могут улучшить традиционные строительные материалы, такие как, бетон, сталь, стекло, покрытия и дерево [1]. Снижение затрат на производство, техническое обслуживание и достижение стабильности в строительстве возможно благодаря применению нанотехнологий.

Наноразмерные материалы обладают принципиально иными свойствами, чем атомы, молекулы. Диапазон размеров наноматериалов лежит в пределах 0,1-100 нм. В этом масштабе поведение материи меняется, и квантовая физика доминирует над физическими законами. В связи с этим наблюдаются уникальные структурные, оптические, магнитные и электронные свойства. Например, включение углеродных нанотрубок в пластмассы или металлы приводит к получению более легких строительных материалов.

Наноматериалы могут быть классифицированы в зависимости от их размера и состава. Тонкие пленки, слои и поверхности можно

классифицировать как одномерные; нанопроволоки и нанотрубки – как двумерные; наночастицы, графитовые листы и квантовые точки – как трехмерные наноматериалы. Классификация, основанная на составе, включает: однофазные твердые вещества, многофазные твердые вещества и многофазные системы. Однофазные твердые вещества представляют собой кристаллические и аморфные частицы и слои, многофазные твердые вещества включают матричные композиты и частицы с покрытием, многофазные системы включают аэрозоли, коллоиды и феррожидкости.

Существует два подхода к производству наноматериалов: подход «сверху-вниз» и подход «снизу-вверх». Подход «сверху-вниз» относится к уменьшению размеров макромасштабных материалов до наноразмеров, в то время как подход «снизу-вверх» относится к созданию наноматериалов из атомных или молекулярных компонентов. Процесс производства наноматериалов может включать в себя либо подходы, либо комбинацию двух подходов. Однако часто предпочтительнее подход «сверху-вниз», поскольку это гораздо более простой процесс.

Нанотехнологии направлены на производство этих наноматериалов и их проектирование для создания усовершенствованных систем для экономичного, стабильного и эффективного применения. Развитие нанотехнологий оказало влияние на большинство сфер. Эти отрасли промышленности могут быть перечислены как: энергетика, электроника, пищевая промышленность, сельское хозяйство, медицина, косметика и строительство.

Строительная отрасль играет важную роль в национальных экономиках по всему миру. Несмотря на то, что прогресс был медленнее, чем в других секторах, нанотехнологии демонстрируют большой потенциал для улучшения строительного бизнеса. Среди множества наноматериалов диоксид титана (TiO_2) и углеродные нанотрубки (УНТ) являются наиболее перспективными материалами в строительном бизнесе. Другие наноматериалы, которые могут быть использованы в строительстве, это наночастицы кремнезема, оксида алюминия, магния, кальция и глины. Такие наноматериалы, как полупроводниковые пленки, квантовые точки и биомолекулы, неприменимы в строительной промышленности, поскольку они недоступны в больших количествах.

Высокая площадь поверхности, функциональная плотность, высокая чувствительность, особые поверхностные эффекты, высокая устойчивость к деформациям и каталитические эффекты наноматериалов обеспечивают большой потенциал для улучшения строительных материалов [2]. Наполнители в виде наночастиц

улучшают механические свойства и позволяют создавать непроницаемые материалы [3-4]. Улучшенные свойства напрямую влияют на выбор строительных материалов, методов монтажа и обработки на месте. Например, более легкие материалы могут облегчить монтаж; использование материалов, которые безопаснее, проще и быстрее в обращении и монтаже, снижает потребность в рабочей силе [5].

Бетон является одним из наиболее важных материалов для строительной промышленности. Он состоит из наноразмерных структур, таких как гидраты цемента, заполнители и добавки. Свойства этих наноразмерных структур сильно влияют на макромасштабные свойства бетона. Его качество может быть улучшено за счет разрыхления наноразмерных характеристик. Наноструктуры менее устойчивы к сдвигу, более гибкие и очень пластичные по сравнению с традиционными структурами, используемыми в строительстве. По этой причине включение в конструкцию армирующих элементов из нановолокон или наночастиц увеличивает прочность и долговечность бетона [6]. Например, углеродные нанотрубки повышают трещиностойкость бетона. Наночастицы, такие как нанокремнезем, наноглины, наноксид титана (TiO_2), наночастицы железа (Fe_2O_3), nanoалюминий (Al_2O_3), оксид меди (CuO), пероксид цинка (ZnO_2) и диоксид циркония (ZrO_2), считаются лучшими кандидатами для улучшения свойств бетона. Добавки на основе нанокремнезема могут улучшить прочность, устойчивость к сегрегации и способность бетона к самоуплотнению.

Применение нановолокон или наночастиц приводит к получению высокоэффективного, самоуплотняющегося, самовыравнивающегося, сверхвысокопродуктивного и самовосстанавливающегося бетона.

Наряду с бетоном конструкционная сталь играет важную роль в строительной отрасли. Нанотехнологии широко используются для повышения прочности и долговечности конструкционной стали. Наномодификации, такие как уточнение размера зерен материала, могут уменьшить образование трещин в стальной конструкции. Использование углеродных нанотрубок увеличивает прочность конструкционной стали на разрыв до 150 раз при одновременном снижении веса стали в шесть раз по сравнению с обычными стальными конструкциями в строительстве. Использование более легких стальных конструкций значительно снижает затраты труда и энергии.

Одной из наиболее важных проблем конструкционной стали является усталость. Усталость приводит к разрушению конструкции при циклической нагрузке и сокращает срок службы [7]. Использование наночастиц меди может решить эту проблему, с помощью создания

гладких и ровных поверхностей, которые снижают нагрузку на стальную конструкцию. Нанотехнологии также могут быть использованы для повышения коррозионной стойкости стали путем разработки материалов из нержавеющей стали нового поколения.

Покрытия имеют решающее значение для защиты материалов и могут быть дополнительно улучшены с помощью нанотехнологий. Добавление наночастиц в покрытия и краски обеспечивает лучшую устойчивость к коррозии и износу; предотвращает образование конденсата и плесени; улучшает химические, оптические, эстетические и электрические свойства. Например, наноалюминий и титан обладают четырех-шестикратной водостойкостью и двукратной прочностью. Эти покрытия также могут обеспечить огнестойкость и повысить безопасность конструкций. Углеродные нанотрубки могут использоваться в качестве нетоксичных добавок в покрытиях и обеспечивать противопожарную защиту, лучшие электрические и оптические свойства. Нанотитан может быть использован в покрытиях с твердой поверхностью для обеспечения устойчивости к износу и царапинам; для предотвращения попадания загрязняющих веществ на наружные поверхности зданий. Использование наночастиц кремнезема также улучшает водостойкость, устойчивость к царапинам и истиранию, не влияя на блеск, прозрачность и гибкость. Аэрогелевые покрытия обеспечивают звукоизоляцию, гидрофобные свойства, устойчивость к плесени, коррозии и разрушению, вызванному ультрафиолетовым излучением.

Нанотехнологии давно имеют тесную связь со стекольной промышленностью. Усовершенствования в области нанотехнологий привнесли стеклам расширенные функциональные возможности, такие как контроль солнечной энергии, пожаробезопасность, снижение шума и отражения, самоочищающиеся свойства и устойчивость к царапинам. Например, наночастицы кремнезема обеспечивают пожаробезопасность, будучи зажатыми между двумя слоями стекла. Аэрогели можно использовать в световых люках и наружном остеклении. Нанооксид титана можно использовать в качестве средства против запотевания или в самоочищающихся стеклах. Наноструктурированные покрытия на окнах могут избирательно отражать или пропускать свет с различными длинами волн, что позволяет применять их в различных областях энергосбережения.

С годами лесопроductы постепенно утратили свое значение в строительной отрасли из-за их низких прочностных свойств по сравнению с бетоном и сталью. Однако нанотехнологии могут быть использованы для улучшения этих материалов на биологической

основе. Композиты на основе углерода могут обеспечить прочность и долговечность.

Потенциальное применение нанотехнологий в строительной сфере имеет первостепенное значение для инновационного совершенствования сектора. Использование нанотехнологий дает преимущество в адаптации традиционных строительных материалов к быстро меняющимся требованиям нашего мира. Нанотехнологии повышают долговечность, прочность, срок службы и стойкость строительных материалов, обеспечивая при этом желаемые свойства. Более того, нанотехнологии могут снизить затраты на производство, техническое обслуживание и модернизацию. Эти усовершенствования могут изменить строительную отрасль к лучшему, обеспечить решение самых сложных проблем и способствовать достижению целей стабильного развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перова, В. К. Разработка звукоизолирующей нанодобавки в железобетон / В. К. Перова, Л. К. Рябухин, Е. Н. Долженко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 24–26 ноября 2015 года / Ответственный за выпуск: А.Г. Кошаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 845–846. – EDN VTYESJ.

2. Коренец, А. М. Использование углеволокна в современном строительстве / А. М. Коренец, В. В. Братошевская // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам 76-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2020 год. В 3-х частях, Краснодар, 10–30 марта 2021 года / Отв. за выпуск А.Г. Кошаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 99–100. – EDN DGIRZI.

3. Братошевская, В. В. Исследование адсорбционных явлений на силикатах / В. В. Братошевская, В. Н. Мирсоянов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2019. – № 3(119). – С. 64–66. – EDN ZSCKBF.

4. Bratoshevskaya, V. V. On the relationship between the structural form of concrete and its resistance / V. V. Bratoshevskaya, V. N. Mirsoyanov // Materials Science Forum. – 2019. – Vol. 974. – P. 373–378. – DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.974.373. – EDN VRDIPO.

5. Бондарь, А. В. Оптимальное использование глины при изготовлении гиперпрессованного кирпича / А. В. Бондарь, Е. А. Ханина, Д. Г. Серый // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам X Всероссийской

конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Коцаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 996. – EDN YNMPFP.

6. Сердюченко, В. М. Фибробетон. Его виды и свойства / В. М. Сердюченко // Наукосфера. – 2021. – № 7-1. – С. 199-201. – EDN LUVPFQ.

7. Peresykin, E. N. To determination of stresses in the stretched armature of extracredly compressed elements in the limit condition / E. N. Peresykin, S. E. Peresykin // Materials Science Forum. – 2019. – Vol. 974. – P. 556-563. – DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.974.556.

**Солгалов В.В., аспирант,
Домарев С.Н., магистр**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Матюхин П.В.**

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

РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

Использование мирного атома практически во всех сферах жизнедеятельности человека, также, как и использование различных ядерно–энергетических установок, выдвигает на один из первых планов разработки новых видов строительных материалов, обладающих высокими эксплуатационных и радиационно-защитных свойств.

Различные композиционные радиационно-защитные строительные материалы успешно применяются при строительстве и реконструкции объектов атомной энергетики. Композиционные материалы состоят из матрицы и различных наполнителей. Выбор компонентов зависит от необходимых свойств конечного материала.

В качестве наполнителей могут использоваться как органические, так и неорганические материалы. Среди неорганических материалов широкое распространение имеют: барит, лимонит, лом чугуновых фракции и арматуры, полосовой и профильный металл, металлическая стружка. Одним из перспективного направления является изучение железосодержащих наполнителей в строительных композиционных материалах, обладающих радиационно-защитными свойствами. Такие

наполнители эффективно снижают воздействие ионизирующего излучения на экранируемый объект. Кроме того, железосодержащие наполнители в основном являются существенной частью экосистемы, что в последующем позволит разработать экологически чистые композиционные материалы на их основе [1-10].

В качестве матриц для железосодержащих радиационно-защитных материалов применяются бетонные, керамические, полимерные, металлические основы. Композиционные материалы с металлической матрицей могут использоваться не только как облицовочный материал, но и как несущие конструкции, способные выдерживать интенсивное ионизирующее излучение и переменные температуры. В настоящее время известны следующие металлические матрицы: алюминиевые, свинцовые, магниевые, никелевые, урановые, вольфрамовые, висмутовые, а также матрицы на основе различных сплавов [4-6].

Металлические матрицы характеризуются высокими конструкционными и радиационно-защитными свойствами, прочностью, высокой теплопроводностью и способностью отражать тепловые потоки.

Однако применение материалов с металлической матрицей не всегда возможно. В качестве альтернативы можно рассмотреть материалы с керамической матрицей, наполненной металлсодержащими наночастицами. Данный материал получен методом спекания оксалата железа (II) и поликарбосилана. Химический состав материала автор контролировал с помощью изменения условий спекания. При спекании в инертной атмосфере происходит восстановление образца и образование металлического железа (α -Fe). Для образования оксидов железа необходимо проводить спекание в среде аргона и воздуха. Получение наноразмерных железосодержащих частиц и их распределение в керамической матрице способствует получению материала с высокими радиационно-защитными свойствами [7].

В последнее время в отечественной и зарубежной литературе встречаются работы по созданию композиционных материалов на основе стеклянной матрицы. Например, в работе [8] исследовано ионообменное взаимодействие железосиликатного калиевого стекла с расплавом нитрата лития. Создан пористый композиционный материал на основе матрицы железосодержащего стекла и сегнетоэлектрика в поровом пространстве.

Известны и такие композиционные материалы, как: защитные строительные бетоны на основе магнезий и цементов; материалы на основе порошка металлических отходов вольфрама и оксидов диспрозия, гадолиния, церия; полиэтиленсодержащие материалы с аморфным бором, гидроокиси алюминия, бромсодержащие

ароматические соединения; на основе смеси каучуков с металлосодержащими наполнителями из оксидов висмута и оксидов редкоземельных элементов легкой и средней группы; жидкого стекла, кремнефтористого натрия, сульфата бария; бутадиенового или бутадиен-нитрильного и дивинилстирольного каучуков, фторопласта-4 и агидола; диметилсилоксанового каучука, катализатора - диэтилдикаприлата олова (IV) в растворе тетраэтоксисилана и наполнителя, содержащего смесь оксидов сурьмы (III) и иттрия; Огромные перспективы по созданию радиационно-защитных материалов имеют композиты на основе волокон, заполненных железосодержащими компонентами. Железосодержащим компонентом заполняются волокна на основе целлюлозы. Преимущество данных волокон состоит в том, что они легкодоступны, являются возобновляемыми, биоразлагаемыми и природными полимерами, а также имеют низкую стоимость и малый вес. Целлюлозные волокна получают после делигнификации древесины. Автор считает, что наполненные железосодержащими компонентами волокна целлюлозы являются идеальным альтернативным материалом для гибких экранирующих материалов, в том числе для защиты от электромагнитного излучения различных медицинских устройств. Экранирование и фильтрация электромагнитных помех имеет большое значение и защищает имплантируемое медицинское устройство и, следовательно, человека. [9-10].

В данной работе авторами представлен краткий обзор некоторых строительных материалов, обладающих радиационно-защитными свойствами. Несмотря на довольно большой объем теоретического и экспериментального материала в данной области, одним из перспективных направлений являются исследования по созданию строительных композиционных материалов, обладающих радиационно-защитными свойствами на стеклокристаллической матрице, наполненной железосодержащими добавками.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-79-10064 (продление), <https://rscf.ru/project/19-79-10064/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матюхин П.В. Неорганический радиационно-защитный металлокомпозиционный материал строительного назначения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 9 (585). С. 35-39.
2. Matyukhin P.V. Theoretical preconditions of new kinds of nuclear protective metal composite materials development based on ferric and bismuth oxides capsulated into metallic aluminum matrix //

Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2011. № 2. С. 42.

3. Матюхин П.В., Ястребинский Р.Н. Исследование механизмов модифицирования поверхности природных железорудных минералов алкилсиликонатами // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2005. Т. 48. № 4. С. 140.

4. Павленко В.И., Ястребинский Р.Н., Матюхин П.В., Ястребинская А.В., Куприева О.В., Самойлова Ю.М. Радиационно-защитные транспортные контейнеры отработавшего ядерного топлива на основе высоконаполненной полимерной матрицы и железорудного сырья КМА // В сборнике: Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области. Белгородский государственный технологический университет им. В.В. Шухова. 2015. С. 320-330.

5. Матюхин П.В., Павленко В.И., Широков А.В. Изучение влияния высоких давлений прессования на изменение фазового состава гематита и его поведение при высоких температурах // Региональная архитектура и строительство. 2018. № 4 (37). С. 89-97.

6. Павленко В.И., Матюхин П.В. Теплоизоляционный бесцементный бетон из вторичных минеральных ресурсов // Строительные материалы. 2005. № 8. С. 22-25.

7. Yurkov G.Y., Pankratov D.A., Koksharov Y.A., Ovtchenkov Y.A., Semenov A.V., Korokhin R.A., Shcherbakova G.I., Gorobinskiy L.V., Burakova E.A., Korolkov A.V., Ryzhenko D.S., Solodilov V.I. Composite materials based on a ceramic matrix of polycarbosilane and iron-containing nanoparticles // Ceramics International. 2022. DOI: 10.1016/j.ceramint.2022.09.096

8. Тюрина З.Г., Свиридов Н.Г., Власенко Н.С., Тюрина Н.Г. Ионообменное формирование магнитных железосодержащих стекол с пористой структурой // Физика и химия стекла Том 46. 2020. № 4. С. 392-403.

9. Матюхин П.В. Металлобетонный композит на основе модифицированного высокодисперсного оксида железа и металлического алюминия: дис. На соискание ученой степени канд. Техн. Наук / Белгород, 2004

10. Pat. EP 4074887 Al DO6M 11/83; DO6M 13/144; DO6M 13/148; HO1B 1/22 Metal-inside-fiber-composite and method for producing a metal-and-fiber-composit / M. Schreck, M. Niederberger, 21168929.4, Date of filing: 16.04.2021; Date of publication: 19.10.2022 Bulletin 2022/42

**Стаценко А.Ю., аспирант,
Кикалишвили Е.Н., аспирант,
Аль Мамури Саад Кхалил Шаид, аспирант**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Загороднюк Л. Х.**

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

МЕХАНОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

В строительной индустрии активация вяжущих материалов, несомненно, является перспективным методом оптимизации использования природных и техногенных ресурсов. Значительное повышение полезных свойств цементных вяжущих веществ вследствие активации позволяет существенно снизить их расход, а также увеличить прочность получаемых изделий и сократить время набора марочной прочности; обеспечивает более полное использование потенциальной энергии вяжущих, а также улучшение экономических показателей.

Для увеличения скорости химической реакции при гидратации в ряде случаев необходимо повышать удельную поверхность материалов за счет их тонкого измельчения. Повышение тонкости помола позволяет увеличить поверхностную энергию и площадь контакта между частицами для последующих реакций внутреннего взаимодействия. По данным З.Б. Энтина незначительное увеличение содержания фракции менее 5 мкм обеспечивает высокое качество цемента в бетоне и в растворе [1]. Использование такого метода позволяет создавать микрометричную структуру с направленным распределением частиц в цементном камне

Метод механоактивации вяжущих, является одним из наиболее эффективных способом модифицирования цементных композитов. Данному вопросу посвящено значительное количество научно исследовательских работ [2, 3].

Процесс измельчения цементного клинкера разделяют на три последовательные стадии: разрушение агрегатов, вторичная агломерация и механическое активирование. На первой и второй стадии энергия измельчения затрачивается на разрушение частиц, на стадии активации энергия расходуется на создание их дефектной структуры. С повышением дисперсности вещества все больше изменяются физико-химические взаимодействия в системе, определяемые поверхностными явлениями.

Увеличение степени дисперсности, разрыхление структуры, нарушение строения структуры у кристаллических тел приводят к

повышению изобарного потенциала, что в значительной мере оказывает существенное влияние на свойства кристаллического вещества и его способность к химическим реакциям.

С другой стороны, увеличение дисперсности, как правило, влечет за собой снижение производительности помольных агрегатов и увеличение энергических и экономических затрат, поэтому усилия многих научных исследователей направлены на поиск новых эффективных путей интенсификации процессов с достижением высокой степени помола.

Таковыми исследованиями занимался С.В. Шестоперов со своими сотрудниками, результаты изучения показали целесообразность измельчения клинкера в водной среде [4, 5]. Водная среда способствует улучшению измельчения минеральных зерен портландцемента вследствие адсорбционного понижения прочности измельчаемого материала. В ходе мокрого помола увеличивается тонкость помола и производительность мельниц, а затраты на электроэнергию значительно сокращаются.

Для помола цемента необходимо установить оптимальное водоцементное отношение, обеспечивающее наибольший прирост удельной поверхности по количеству образующихся частиц размером менее 5 мкм, определяющих скорость твердения цемента в ранние сроки. Вследствие увеличения содержания воды от $V/C=0,5$ до $V/C=0,9$ при одинаковой продолжительности помола прочность цементного камня значительно увеличивается [6].

Также множество исследовательских работ посвящено изучению влиянию среды на процессы измельчения. Вследствие диспергирования твердых тел с добавлением водного раствора образуется суспензия. Как правило, на поверхности частицы суспензии образуется два электрических слоя. При введении в воду поверхностно-активных веществ значительно возрастает текучесть суспензии. Поверхностно-активные вещества выполняют функцию стабилизаторов и препятствуют слипанию частиц.

При деформации твердого тела в его поверхностном слое образуется значительное количество микротрещины, способных смыкаться после прекращения измельчающей нагрузки. Адсорбированные слои, мигрируя с поверхности, достигают их устья и противодействует смыканию частиц. Пленки жидкости между твердыми поверхностями оказывают на них расклинивающее действие. В процессе помола вода образует жидкие прослойки между частицами твердого тела, моментально снижая трение между ними и, в свою очередь, минимизирует затраты энергии и иных издержек, которые в водной среде значительно уменьшаются. При мокром помоле время для

достижения измельчаемым материалом определённой удельной поверхности значительно сокращается.

При мокром помоле происходит активация частиц дисперсной фазы, изменяется поверхностная энергия, возрастает реакционная способность, активно протекают механохимические процессы взаимодействия в многокомпонентной системе.

В зависимости от принятых технологических процессов используют сухой или мокрый помол материалов при получении различных строительных материалов. К примеру, используют помол кремнезёмистого компонента в водной среде при производстве газосиликатных изделий.

Во многих работах предлагается механическая активация кварцевого песка мокрым помолом, в результате которой получается высококонцентрированная вяжущая суспензия. На основе ее изготавливают керамические и огнеупорные материалы. Для получения таких суспензии устанавливаются оптимальные условия, которые заключаются в одностадийном мокром помол в щелочной среде. Таким образом, за счёт оптимизации структуры вяжущего улучшаются физико-механические и эксплуатационные характеристики готовых изделий.

По мнению исследователей, производство современных строительных материала требуют новых эффективных подходов при реализации технологических процессов.

Механическая активация является наиболее эффективным способом целенаправленного регулирования структуры и эксплуатационных свойств на основе вяжущих веществ, в основе которой лежит увеличение реакционной способности твердых тел под воздействием механических сил. Кроме повышения скорости гетерогенных процессов, механоактивация непосредственно связана с ростом удельной поверхности порошков их диспергирование вызывает значительное увеличение равновесных параметров, характеризующих реакционную способность вещества.

Обзор научно-технической литературы дает представление о сложном механизме гидратации и структурообразования в системе «цемент-вода». Одним из наиболее эффективных способов интенсификации процесса твердения цементного камня является совместный помол портландцементного клинкера с водой, что позволяет повысить дисперсность создаваемой системой и химическую активность вяжущего. При этом вода является интенсификатором помола и катализатором химических реакций при взаимодействии клинкера с гипсом, способствует лучшему измельчению зёрен цемента. Следует отметить, что к настоящему времени недостаточно изучены особенности процессов измельчения портландцемента в жидкой среде,

также особенности гидратации цемента в концентрированных суспензиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Энтин З.П. О дисперсности и гранулометрии российских и зарубежных цементов / З.Б. Энтин, Л.С. Нефедова // Цемент. – 2008. - № 2. – С. 86-88.
2. Крикунова А.А. О влиянии гранулометрического состава на кинетику твердения портландцементных систем / А.А. Крикунова, Ш.М. Рахимбаев, Н.В. Харьковская // Технология бетонов. / 2009. - № 2. – С. 54-55.
3. Хладаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов / Г.С. Ходаков. – М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1972. – 239.
4. Ребиндер П.А. Физико-химические основы эффективности мокрого помола вяжущих маткриалов / П.А. Ребиндер, Г.И. Логгинов // Тр. совещание ВНИТО строителей. – М.: Изд-во лит-ра по строит-ву 1951. - № 10-47 с.
5. Шестоперов С.В. Мокрый домол цемента / С.В. Шестоперов [и др.] // Тр. НИИЦемента. – М.: Промстройиздат, 1952. – Вып. 5.- 85 с.
6. Попов Н.А. Быстротвердеющие легкие бетоны на цементе мокрого помола / М.А. Попов, Л.П. Оринтлихер, В.М. Дерюгин. – М.: ГСИ, 1963. – 147 с.

Сулейманов К.А.

**Научный руководитель: д-р техн. наук, проф.
Лесовик В.С.**

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ЯЧЕЙСТОГО БЕТОНА

Изделия из ячеистого бетона широко используются в строительстве благодаря их низкой плотности, теплоизоляционным, звукоизоляционным и антисейсмическим свойствам [1-4]. Пористая структура ячеистых бетонов имеет сложную форму, большое количество пор и их сложную связность [5-7].

Для изучения пористой структуры ячеистых бетонов применяется теория фракталов. Многие исследования [8, 9] показали, что пористая структура бетона имеет ярко выраженный фрактальный характер. Анализ микроскопической структуры пор имеет большое значение для

изучения ее макроскопических свойств и создания трехмерной численной модели структуры бетона.

В настоящее время параметры пористой структуры трудно количественно охарактеризовать обычными методами по причине сложности и неравномерности пористой структуры. Как правило, изображения пористой структуры обрабатываются программой Image-Pro Plus (IPP), которая позволяет получить уточненные параметры пористой структуры по сравнению с ртутной интрузивной порозиметрией (MIP).

С дальнейшим развитием исследований пористой структуры все больше теорий и методов внедряются в исследование пористой структуры пористых материалов. В 1960-х годах французский математик Мандельброт предложил фрактальный метод решения проблемы длины британской береговой линии и дал эффективное средство для изучения взаимосвязей между микроструктурой и макроскопическими свойствами пористых материалов. Двумя уникальными свойствами изображений фрактальных объектов являются самоподобие и масштабная инвариантность. Одной из важнейших особенностей является самоподобие, означающее, что каждая часть фрактальных объектов геометрически подобна целому. Расчет фрактальной размерности является одним из основных факторов, влияющих на практическое применение теории фракталов. Были предложены различные типы методов расчета фрактальной размерности, такие как метод коврового покрытия, метод подсчета ячеек, дифференциальный метод подсчета ячеек, метод размерности Хаусдорфа, метод размерности емкости, метод измерения броуновского движения и метод спектральных чисел [10].

Метод подсчета размерностей [11] является одним из классических методов расчета фрактальной размерности изображений. Сначала изображение бинаризуется, и бинаризованное изображение помещается на плоскость. Квадратное изображение со стороной r используется для покрытия всего изображения. В случае постоянного изменения размера квадратной сетки r подсчитывается количество $N(r)$ квадратных сеток, покрывающих рассматриваемое изображение, соответствующее каждому размеру r . Если связь между размером ячейки r и количеством ящиков $N(r)$ соответствует следующей формуле (1):

$$N(r) = c \cdot r^{-D}, \quad (1)$$

где c – константа, D – количество размерностей. В случае прикладного процесса ряд данных, соответствующих $[r, N(r)]$, может быть измерен и рассчитан методом наименьших квадратов с использованием для подбора формулы (2):

$$\ln[N(r)] = a + b \cdot \ln(r), \quad (2)$$

на основании которой можно получить размерность $D = b$.

Фрактальную размерность изображений пористой структуры ячеистых бетонов определяется с помощью программы MATLAB, основанной на методе размерности блока. Исходное изображение необходимо предварительно обработать в MATLAB, чтобы улучшить качество изображения. Предварительно обработанное изображение преобразуется в двоичную цифровую матрицу. Преобразованная цифровая матрица бинарного изображения используется в том случае, когда исследуемая часть бинарного изображения имеет белый цвет. Если отображаемая исследуемая часть бинаризованного изображения после обработки изображения черного цвета, нам нужна бинаризованная цифровая матрица после инвертирования изображения. Результаты бинаризации изображения кривой Коха программой MATLAB представлены на рис. 1.

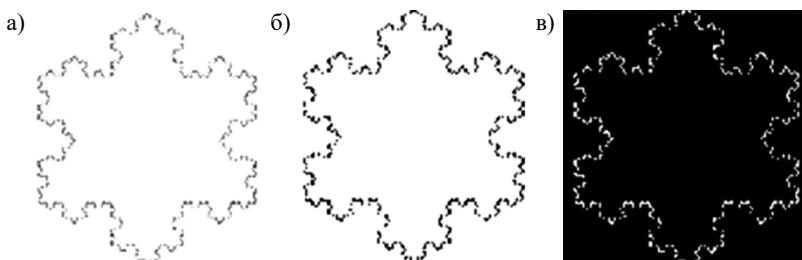


Рис. 1. Предварительная обработка бинаризации изображения кривой Коха: а – исходное изображение; б – бинарное изображение; в – реверсивное бинарное изображение

Программа FracLab запускается в командной строке MATLAB, и программа автоматически вычисляет инвертированное бинаризованное изображение. Программа автоматически определяет значительный размер блока и количество блоков. Размер блока представляет собой вычисляемое программное значение фрактальной размерности $D = 1,2356$ изображения кривой Коха.

Макроскопические характеристики ячеистого бетона зависят от пористости, таких как проникающие свойства, теплоизоляционные и звукоизоляционные свойства. Поэтому изучение пористости ячеистого бетона способствует дальнейшему развитию исследований ее макроскопических показателей. В исследовании [10] доказано, что фрактальная размерность пор линейно увеличивается с пористостью, при этом существует хорошая корреляция между пористостью и фрактальной размерностью пор, а коэффициент регрессии R_2 , равный 0,8359, указывает на сильную корреляцию между фрактальной

размерностью пор и пористостью. Пористость увеличивается с увеличением фрактальной размерности структуры пор.

Фрактальная размерность представляет собой сложность изображений структуры пор. Это указывает на то, что пространственное заполнение пористой структуры увеличивается с увеличением пористости. И множество структур пор, которые перекрываются и пересекаются, приводят к более сложным формам структуры пор [10].

Фактор формы также является одним из важных параметров характеристики пористой структуры. Это важный показатель, характеризующий, близка ли форма пористой структуры к кругу. Форма пористой структуры играет важную роль в формировании внутренних поровых каналов пористых материалов. Он предусматривает, что коэффициент формы сферы равен 1 и чем больше значение, соответствующее коэффициенту формы, тем выше степень отклонения от сферы [11, 12]. Следовательно, фрактальная размерность пор может быть использована для характеристики степени отклонения структуры пор от круглой формы. То есть фрактальная размерность пор имеет тенденцию к уменьшению плотности газобетонных блоков.

Таким образом, по фрактальной размерности пор можно оценить плотность газобетонных блоков с возможностью использования в качестве эталона для последующего определения формы поперечного сечения трехмерного порового канала газобетонных блоков и установления порового канала газобетонных блоков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гридчин А.М., Лесовик В.С., Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Новые технологии высокопоризованных бетонов // в сборнике: Поробетон - 2005. Международная научно-практическая конференция. Сборник докладов. 2005. С. 6-16.

2. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Автоклавные ячеистые бетоны на основе магнезиальных глин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 5 (641). С. 14-21.

3. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С. Газобетон неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих. – Белгород, 2013.

4. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергосберегающие технологии высокопоризованных бетонов // в сборнике: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее. Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях. 2011. С. 98-102.

5. Kharkhardin A.N., Suleimanova L.A., Kara K.A., Malyukova M.V., Kozhukhova N.I. The determination of topological properties in polydispersed mixtures on the results of sieve laser and particle size analysis // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 25. № 2. С. 347-353.

6. Сулейманова Л.А. Управление процессом формирования пористой структуры ячеистых бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 69-76.

7. Сулейманова Л.А. Неавтоклавный пеногазобетон на основе сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 73-80.

8. Cheny Y., Xu F. Compressive strength of fractal-textured foamed concrete // *Fractals-Complex Geometry Patterns and Scaling in Nature and Society*, 2019. Vol. 27, No. 1, P. 1940003.

9. Konkol J., Prokopski G. The use of fractal geometry for the assessment of the diversification of macro-pores in concrete // *Image Analysis & Stereology*. 2011. Vol. 30, No. 2, Pp. 89–100.

10. Fu J., Yu Y. Experimental study on pore characteristics and fractal dimension calculation of pore structure of aerated concrete block // *Advances in Civil Engineering*. 2019. No 2. Pp. 1-11.

11. Alfonso I., Beltran A., Abatal M. Fractal dimension determination of rock pores by multi-scale analysis of images obtained using OM, SEM and XCT // *Fractals-Complex Geometry Patterns and Scaling in Nature and Society*. 2018. Vol. 26, No. 5 Pp. 1850067.

12. Pang C.M. Shaohua W. Void characterization and effect on properties of foam concrete // *Journal of Building Materials*, 2017. Vol. 20. Pp. 93-98.

**Урманова Х.В., магистрант,
Сивальнев К.С., магистрант,
Калатози Г.М, магистрант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Сивальнева М.Н.**

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

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРИЗВОДСТВУ ПЕНОБЕТОНА НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ВЯЖУЩЕГО

Широкое распространение в строительной отрасли имеет пенобетон, который является перспективным материалом, сочетающим в себе ряд положительных свойств: высокие прочностные и теплоизолирующие характеристики, огнестойкость, морозостойкость, небольшой вес, а, следовательно, сниженная нагрузка на фундамент. Основным компонентом данного материала является цемент, производство которого является энерго- и ресурсоемким, при этом наносящим значительный вред экологии за счет вредных выбросов в

атмосферу. Использование экологичного и безопасного наноструктурированного вяжущего (НВ) [1, 2] при частичной или полной замене цемента в составе ячеистых материалов решает указанные проблемы и является актуальным.

В рамках данной работы были рассмотрены результаты апробации опытного производства и выпуска небольшого объема пенобетонных блоков на основе НВ, осуществляющиеся на базе Опытного промышленного цеха наноструктурированных композиционных материалов (ОПЦ НКМ) БГТУ им. В. Г. Шухова. Основным сырьем для данного бесцементного вяжущего является широкодоступное кремнеземсодержащее сырье – кварцевый песок месторождений Центрально-Федерального округа РФ.

Авторами была проведена оценка условий охраны труда опытно-промышленного цеха, которая предполагает рассмотрение факторов производственной среды и трудового процесса, разбор технологических этапов производства пенобетонных блоков с применением наноструктурированного вяжущего на составляющие и тщательное изучение их взаимосвязи с работниками.

Основой процесса получения НВ является мокрый помол исходного сырья в 500-литровой мельнице с последующей стабилизацией в малой (объемом 200 л). Полученное вяжущее используется при производстве пенобетона, для этого совместно с другими компонентами подается в турбулентный смеситель, из которого пенобетонная смесь разливается по формам. Далее осуществляется твердение изделий. Для сокращения данного технологического этапа предусмотрено использование сушильной камеры с температуры 35–40 °С. После расформовки с целью повышения прочностных характеристик изготавливаемые изделия подвергаются упрочнению методом УХАКС, заключающемуся в нанесении на поверхность пеноблоков раствора жидкого стекла [3]. Заключительный этап – сушка при температуре 70 °С.

Технологические этапы производственной линии, с которой непосредственно связаны работники:

- подготовка сырья;
- получение бесцементного вяжущего (мокрый помол);
- получение формовочной пенобетонной смеси;
- сушка при температуре 35–40 °С;
- дополнительное упрочнение в водном растворе жидкого стекла;
- сушка при температуре 70 °С.

В таблице 1 представлены вредные и опасные производственные факторы, воздействующие на работников при работе с оборудованием, и их основные источники.

Уникальность технологии состоит в том, что НВ получают преимущественно мокрым измельчением сырьевых материалов силикатного и алюмосиликатного составов, в условиях высокой концентрации твердой фазы, повышенной температуры и предельного разжижения [4]. Поэтому такой фактор как АПФД (аэрозоли преимущественно фиброгенного действия) при данной технологии производства НВ не рассматриваются.

Работодатель обязан создать безопасные условия труда, исходя из комплексной оценки технического и организационного уровня рабочего места, обеспечивать безопасность и условия труда на каждом рабочем месте, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда [5].

Для поддержания допустимых условий труда при работе нужно оценить микроклимат производственного помещения и его показатели на рабочем месте [6].

Измерения освещённости проводились комбинированным прибором «ТКА-ПКМ» (08) Пульсметр + Люксметр. Измеренные значения освещенности в цехе удовлетворяют нормам совмещённого освещения по СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Из этого следует, что никаких мероприятий по повышению освещённости в цехе для улучшения световой обстановки проводить не требуется.

защищена от воздействия на сотрудников электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества системой защитного заземления.

Измерения уровней шумового воздействия на работников проводились с помощью прибора ЭКОФИЗИКА-110А в 5 контрольных точках в соответствии с ГОСТ 12.1.003–2014 и ГОСТ ISO 9612–2016.

Территория БГТУ им. В.Г. Шухова, где расположен ОПЦ НКМ, нормируемый уровень для кабин наблюдения и дистанционного управления, не требующий речевой связи, равен 65 дБА. В рассматриваемом помещении он составил 74,3 дБА. После были произведены замеры уровней звукового давления в среднегеометрических частотах октавных полос в дБ, при которых выяснилось, что превышение происходит на более высоких полосах частот от 500 до 4000 Гц. Максимальное превышение на 13,8 дБ выявлено на частоте 2000 Гц.

**Опасные и вредные факторы,
воздействующие на работников, и их источники**

Опасный, вредный фактор	Источник/оборудование
Повышенная температура воздуха в производственном помещении и на рабочем месте при открытии сворков мельниц и печи	Мельницы РМШ-200 и РМШ-500, сушильная печь Термомастер
Возможные физические перегрузки при поднятии грузов	Загрузка-выгрузка паллетов на ручной погрузчик
Опасность поражения электрическим током во время работы оборудования	Турбулентный смеситель, компрессор К-11, пропеллерная мешалка, мельницы РМШ-500 и РМШ-200, сушильная печь Термомастер
Опасность повреждения вращающимися, движущимися и выступающими частями оборудования	Мельницы РМШ-200 и РМШ-500, консольный кран
Шум	Мельницы РМШ-200 и РМШ-500, компрессор К-11
Вибрация	Мельницы РМШ-200, РМШ-500
Запыленность	Производственная пыль

На эстакаде рядом с запуском мельницы РМШ-500, на площадке у запуска второй мельницы РМШ-200 и в центре помещения – на всех точках, был превышен уровень звука. По уровням звукового давления у второй мельницы и в центре цеха на октавных полосах от 500 до 8000 Гц, а у первой мельницы – от 1000 до 8000 Гц.

Главные источники шума – мельницы, в которых производится помол, грохот в ней мелющих тел (уралитовых цилиндров) и создаёт неблагоприятную шумовую обстановку.

Таким образом, было выявлено, что воздействие на работников шума в ОПЦ НКМ не соответствует СНиП № 785–69 по ограничению шума на территориях и в помещениях производственных предприятий.

Воздействие вибрации на эстакаде не выявлено.

Немаловажным фактором для поддержания допустимых условий труда при постоянной работе цеха являются системы вентиляции и кондиционирования. В ОПЦ НКМ необходимо провести мероприятия по организации оптимизированной работы данных систем.

Для улучшения условий охраны труда на предприятии по производству изделий на основе НВ в ОПЦ НКМ рекомендуется провести комплекс санитарно-технических мероприятий. Для защиты от шума работников предлагается применить средства индивидуальной

защиты согласно ГОСТ 12.1.029–80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация»: противошумных наушников или вкладышей, противошумных шлемов или касок. Также возможно применение акустических экранов либо кожухов для подавления уровней звукового давления в источнике и (или) облицовки кабины наблюдения. В виду того что главные источники шума – мельницы, следует предусмотреть для шумо- и виброгашения использованием специальных мастик. Мастику можно нанести на внешний барабан постоянно вращающейся мельницы, тем самым, снизив уровень высокочастотного шума на 15–20 дБ. Помимо улучшения шумовой обстановки мастики имеют ряд преимуществ: нетоксичность, трудноргорючесть, взрывобезопасность и устойчивость к воздействию влаги [7, 8].

Также в качестве неблагоприятного фактора выявлено недостаточное вентилирование производственного помещения, что может ухудшать работоспособность задействованного персонала. Цех снабжён системой местной вытяжной вентиляции, благодаря которой образующаяся в результате технологического процесса кварцевая пыль удаляется из помещения. Однако, это недостаточно для создания оптимальных параметров микроклимата, и рекомендуется обеспечить эффективное кондиционирование воздуха.

Таким образом, была проведена оценка условий охраны труда на предприятии по производству пенобетона на основе бесцементного наноструктурированного вяжущего на примере Опытно-промышленного цеха БГТУ им. В.Г. Шухова. В результате выявлены неблагоприятные факторы и даны рекомендации для их устранения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сивальнева М.Н., Нелюбова В.В., Кобзев В.А. Эволюция бесцементных наноструктурированных вяжущих различной топогенетической принадлежности // Строительство и техногенная безопасность. 2019. № 14 (66). С. 73–83.
2. Нелюбова В.В., Кобзев В.А., Сивальнева М.Н., Подгорный И.И., Пальшина Ю.В. Особенности наноструктурированного вяжущего в зависимости от генезиса сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2015. № 2. С. 25–29.
3. Строкова В.В., Павленко Н.В., Капуста М.Н. Принципы получения ячеистых фибробетонов с применением наноструктурированного вяжущего // Academia. Архитектура и строительство. 2013. № 3. С. 114–117.

4. Строкова В.В., Жерновский И.В., Череватова А.В. Наносистемы в строительном материаловедении: учеб. пособие. – 2-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. 236 с.

5. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 04.10.2022).

6. Курбатов В.А., Рысин Ю.С., Яблочников С.Л. Безопасность жизнедеятельности. Микроклимат. – Саратов: Вузовское образование, 2021. 93 с.

7. Ястребинская А. В. Производственная санитария и гигиена труда: конспект лекций: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. 131 с.

8. Залаева С.Ш., Носатова Е.А., Рыбка О.А. Производственная санитария и гигиена труда. Ч. 2. Вредные вещества. Производственный шум. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 310 с.

**Хузиахметова К.Р., аспирант,
Сучкова Е.А., студент,
Хабибуллина В.С., студент**

**Научный руководитель: д-р техн. наук., проф.
Низамов Р.К.**

*Казанский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Казань, Россия*

ВЛИЯНИЕ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРЫ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПВХ-КОМПОЗИЦИЙ

В настоящее время наблюдается увеличение объемов применения полимерных композиционных материалов на основе поливинилхлорида (ПВХ) [1, 2]. Для придания высокой прочности и других физико-механических свойств в матрицу на основе ПВХ вводят наполнители различной природы [3]. Область применения наполнителей ограничивается не только приданием особых параметров, но и снижением стоимости конечного изделия, полимероемкости и т.д. [4]. Поскольку система «полимер-наполнитель» имеет гетерофазную структуру, наполнитель должен обеспечивать увеличение контакта с полимерной матрицей [5]. К такому виду наполнителей можно отнести волокнистые [6]. Отличительной особенностью волокнистого наполнителя является то, что его удельная поверхность при одинаковой массе больше, чем в дисперсионном наполнителе.

В данной работе была оценена эффективность применения коротковолокнистой базальтовой фибры (производство СЕММIX) до и после термообработки на структуру и свойства ПВХ-композиций.

Изначально для оценки влияния замасливателя базальтовую фибру прокаливали в электропечи при температуре 600 °С в течение 2 ч по ГОСТ 17177-94.

Регистрацию ИК-спектров базальтовой фибры до и после термообработки проводили на Фурье-спектрометре «Spectrum 65» производства «Perkin-Elmer» с диапазоном волновых чисел 2000-600 см⁻¹ при 20 сканах (рис. 1).

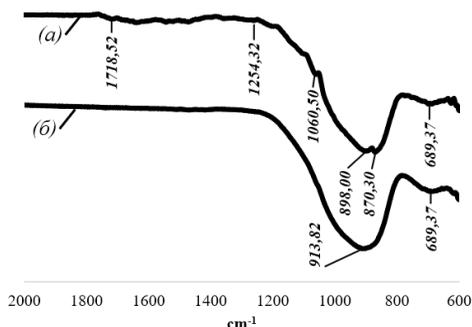


Рис. 1. ИК-спектр модифицированной базальтовой фибры: *a* – до термообработки; *б* – после термообработки

Как видно из рис.1а интервал полос 1760–1260 см⁻¹ относится к скелетным колебаниям групп С=С, указывающим на наличие замасливателя, который используется при производстве базальтового волокна. Полоса 1060,50 см⁻¹ относится к валентным колебаниям связи Si-O-Si в цепочечных и ленточных кремнекислородных структурах. Характерным для всех кольцевых силикатов является дублет полос 898,00 см⁻¹ и 870,30 см⁻¹, отвечающих за валентные ассиметричные колебания Si-O-Si и O-Si-O, соответственно.

В результате термообработки (рис. 1, б) наблюдается отсутствие полос 1760–1260 см⁻¹. Также происходит изменение структуры, о чем свидетельствует смещение пика, равный 913,82 см⁻¹.

На следующем этапе работы составы (табл. 1), смешивали на лабораторном диссольвире ЛДУ-3 МПР с пропеллерной насадкой в течение 4 мин при 700 об/мин.

Таблица 1

Состав ПВХ-композиций

Компонент	Концентрация, м.ч.	
Поливинилхлорид марки ПВХ-С-6359-М	100	100
Комплексный термостабилизатор марки АКСТАВ Рb BLS 51	5	5
Стабилизатор-смазка	3	3
Модификатор ударной прочности и перерабатываемости марки АБС-20П	10	10
Базальтовая фибра до термообработки	7	-
Базальтовая фибра после термообработки	-	7

Для получения плоских профилей использовали лабораторный двухшнековый экструдер *LabTechScientific LTE 16-40* с плоскощелевой формой фильеры с размерами формующего канала 2×22 мм. Регулирование требуемого уровня обогрева экструдера осуществляли на десяти цилиндрических зонах.

Исследование структуры продольного среза ПВХ-композиций проводили на лабораторном поляризационном микроскопе *Axioskop 40 Pol* в режиме отраженного света при увеличении 100-крат (рис.2).

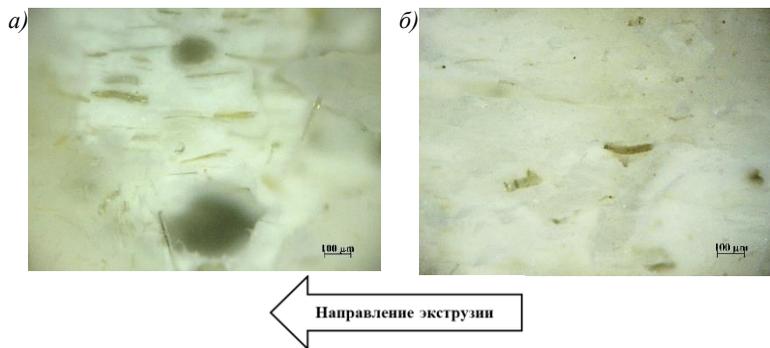


Рис. 2. Структура продольного среза ПВХ-композиций с модифицированной базальтовой фиброй: *а* – до термообработки; *б* – после термообработки

Как видно из рис. 2 ориентация волокон выравнена по направлению экструзии. Кроме того, в ПВХ-композиции, наполненной исходной базальтовой фиброй (рис. 2, *а*), выявлено образование пор, по сравнению с ПВХ-композицией, содержащей базальтовую фибру после термообработки (рис. 2, *б*). Вероятно, наличие пустот связано с испарением замасливателя при экструзионной переработке.

Прочность при растяжении ПВХ-композиций определяли на разрывной машине РМ-250 по ГОСТ 11262-2017 (рис. 3).

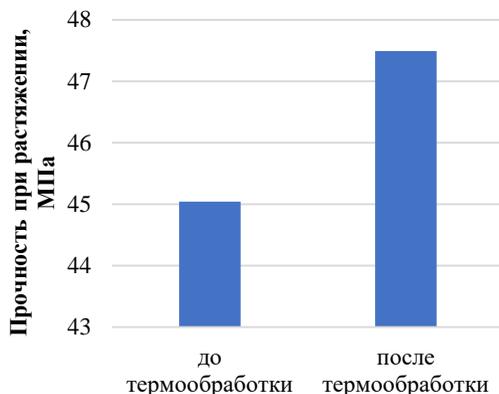


Рис. 3. Влияние базальтовой фибры на прочность при растяжении ПВХ-композиций

По результатам испытания видно, что использование базальтовой фибры после термообработки приводит к увеличению прочности при растяжении на 5%.

Таким образом, методом ИК-спектроскопии удалось определить, что коротковолокнистая базальтовая фибра обработана органическими соединениями, вероятно, приводящими к образованию пор при экструзионной переработке. При использовании базальтовой фибры после термообработки прочность при растяжении может увеличиться на 5%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Огрель Л. Полимеры и изделия: межотраслевое противоречие // ПЛАСТИКС: индустрия переработки пластмасс. 2021. Т. 208, № 1–2. С. 12–16.
2. Исламов А.М. и др. Поверхностная модификация поливинилхлорида водной коллоидной дисперсией графеновых нанопластинок // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 56, № 2. С. 13–21.
3. Низамов Р.К. Полифункциональные наполнители для поливинилхлоридных композиций строительного назначения // Строительные материалы. 2006. № 7. С. 68–70.
4. Абдрахманова Л.А. и др. Эффективность углеродных наноструктур в составе древесно-полимерных композитов на основе поливинилхлорида // Нанотехнологии в строительстве научный интернет-журнал. 2021. Т. 13, № 3. С. 150–157.

5. Старовойтова И.А. и др. Изучение физико-механических характеристик наномодифицированного базальтового ровинга и композиционного материала на его основе // Известия Кгасу. 2016. Т. 3, № 37. С. 62–67.

6. Хантимиров А.Г. и др. Древесно-полимерные композиты на основе поливинилхлорида, усиленные базальтовой фиброй // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 61, № 3. С. 75–81.

Цаль-Цалко А.С., аспирант

**Научный руководитель: канд. техн. наук, проф.
Воронцов В. М.**

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

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ. РАСПРОСТРАНЁННЫЕ ВИДЫ. ИХ ОСОБЕННОСТИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мир, благодаря человеческой деятельности, развивается так быстро и стремительно, что наука не успевает трансформироваться к новым инновациям, и научно-технический процесс в строительной отрасли не исключение.

С течением времени делались открытия и создавались изобретения, актуальные для определенного периода в эволюции человека [2]. Прогресс в строительной индустрии, подразумевает использование новейших и эффективных строительных материалов с различным набором свойств, различного назначения. На протяжении всего времени востребованными строительными материалами оставались древесина, бетон, сталь и керамика. Но уже во второй половине XX века в строительную отрасль стали внедрять новые материалы, композиционные материалы - «КМ», которые помогают усовершенствовать строительную индустрию и сделать её разноплановой во всех сферах общества.

Композиты активно вошли в нашу жизнь, заменили традиционные материалы в строительстве, энергетике, транспорте, электронике.

Композиционные материалы «КМ» - (композиты) (от лат. compositio- составление), многокомпонентные материалы, состоящие из полимерной, металлической, углеродной, керамической или др. основы (матрицы), армированной наполнителями из волокон,

нитевидных кристаллов, тонкодисперсных частиц и др. [3]. Они характеризуются свойствами, которыми не обладает ни один из компонентов, взятых в отдельности. По прочности, жесткости и другим свойствам превосходят многие обычные конструкционные материалы [4]. Это совершенно новые материалы со свойствами, которые заданы человеком, не присущими исходным компонентам, но сохранившие в то же время свои особенности. К «КМ» относятся растворы, бетоны, мастики, клеи и другие искусственные многокомпонентные материалы.

Рассмотрим группы распространённых «КМ» (табл. 1.)

Таблица 1

Распространённые композиты

п/п	Наименование «КМ»	Характеристика	Особенность
1.	Бетон	Строительный материал, получаемый в результате затвердевания рационально подобранной и уплотненной смеси вяжущего вещества, заполнителей с водой. Может содержать специальные добавки. Самый распространённый «КМ».	Производятся как на традиционных цементных матрицах, так и на полимерных (эпоксидных, серных, полиэфирных, фенолоформальдегидных, акриловых и т.д.). [6] Современные высокоэффективные бетоны по прочности приближаются к металлам. Популярными становятся декоративные бетоны.
2.	Органопластик	«КМ», содержащие в качестве армирующего наполнителя органические волокна в виде нитей, жгутов, тканей, нетканых материалов, войлока, бумаги. Наиболее широко применяются синтетические волокна (арамидные), реже природные и искусственные.	Низкая плотность (1,1–1,4 г/см ³), высокие прочностные, диэлектрические, теплоизоляционные характеристики, ударная вязкость, химическая стойкость, радиопрозрачность, более высокая способность демпфировать механическую и звуковую вибрацию, чем у стеклопластиков и других «КМ»

Окончание табл. 1

3.	Стеклопластик	«КМ» из полимерного связующего и разных стекловолоконистых компонентов в качестве наполнителей. В качестве матрицы применяют как термореактивные синтетические смолы (фенольные, эпоксидные, полиэфирные и т. д.), так и термопластичные полимеры (полиамиды, полиэтилен, полистирол и т. д.).	Полимерные «КМ», армированные стеклянными волокнами и формуемые из расплавленного неорганического стекла. Обладают высокой прочностью, низкой теплопроводностью, высокими электроизоляционными свойствами, они прозрачны для радиоволн.
4.	Углепластик	«КМ», наполнитель - углеродные волокна, получаемые из синтетических и природных волокон на основе целлюлозы, сополимеров акрилонитрила, нефтяных и каменноугольных пеков и т. д. Матрицами в углепластике могут быть термореактивные, так и термопластичные полимеры.	Основными преимуществами углепластиков по сравнению со стеклопластиковыми являются их низкая плотность и более высокий модуль упругости, углепластики – очень лёгкие и в то же время прочные материалы.
5.	Боропластик	«КМ», содержащие в качестве наполнителя борные волокна, внедрённые в термореактивную полимерную матрицу, при этом волокна могут быть как в виде мононитей, так и в виде жгутов, оплетённых вспомогательной стеклянной нитью, или лент, в которых борные нити переплетены с другими нитями.	Высокая прочность при сжатии, сдвиге, твердость, тепло- и электропроводность. Высокая хрупкость затрудняет обработку и накладывает ограничения на форму изделий, так же высокая стоимость, используются в авиационной и космической технике в деталях, подвергающихся длительным нагрузкам в условиях агрессивной среды.

Групп «КМ» существует огромное множество, в таблице представлена только малая их часть. По механической структуре композиты делятся на несколько основных классов: волокнистые, слоистые, дисперсно-упрочнённые, упрочнённые частицами и нанокompозиты [5]. Волокнистые композиты армируются волокнами или нитевидными кристаллами. Даже небольшое содержание наполнителя в композитах такого типа приводит к существенному улучшению механических свойств материала. Широко варьировать свойства материала позволяет также изменение ориентации размера и концентрации волокон.

По мере создания новых композитов «старые» виды классификации расширяются и могут возникать новые. Основной целью учёных и других заинтересованных людей в строительной области, можно назвать, создание эффективного состава композиционного вещества, свойства, которого будут отвечать заявленным требованиям направлений разных сфер общества. Стремление улучшать и развивать научное знание в мире – это наше будущее и за ним наша лучшая жизнь. Материалы при современных методах и формах их применения раскрывают перед архитектором новые возможности, расширяют и обогащают его палитру. [1] Прогресс не стоит на месте, общество движется вперёд к новым открытиям и познания мира.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронцов, В. М. Природные материалы в архитектуре: учебное пособие / В. М. Воронцов, В.И. Мосьпан, М.С. Агеева, Д.В. Савин. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 100 с.
2. Лесовик, В.С. Строительные материалы. Настоящее и будущее/В.С. Лесовик//Вестник МГСУ, Т.12. №1 (100). – с. 9.
3. Композиционные материалы URL:[https:// allbest.ru](https://allbest.ru)
4. Композиционные материалы. Энциклопедический словарь URL: <https://sanstv.ru>
5. Наназашвили, И.Х. Строительные материалы, изделия и конструкции: справочник / И.Х. Наназашвили. – М.: Высшая школа, 1990. – 495 с.
6. Худяков, В.А. Современные композиционные строительные материалы / В.А. Худяков, А.П. Прошин, С.Н. Кислицына. – М.: АСВ, 2006. – 144 с.

**Шарбатян А.Ш., магистрант,
Вашева С.В., магистрант,
Айыдов Д.Н., аспирант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Сопин Д.М.**

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

МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН ДЛЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БЛАГОУСТРОЙСТВА

Бетон и железобетон по праву занимают ведущее место в архитектуре и строительстве. Из них строятся уникальные здания и сооружения, объекты технического и инженерного назначения, массовое жилище и элементы благоустройства. Области применения и объемы использования этих материалов постоянно расширяются. Исторически они сопутствовали возникновению новых архитектурных форм. Благодаря бетону сложились новые эстетические категории в архитектуре, что характеризует образование ряда самостоятельных архитектурных направлений и течений.

Бетон и железобетон не только позволяют получить изделия высокой заводской готовности, но и способствуют улучшению качества продукции, повышению уровня индустриализации, снижению материалоемкости и стоимости строительства, а также долговечности, комфортабельности и архитектурной выразительности зданий и сооружений [1].

Существенным фактом информации о городе как архитектурном организме становятся детали и элементы, относящиеся к благоустройству. Это так называемые малые архитектурные формы.

Их значение особенно возросло в наши дни, когда повсеместным стало массовое индустриальное жилищное строительство. Монотонность многих современных городских образований стала результатом бесконечного повторения однотипных построек.

Одним из средств борьбы с подобным однообразием стали малые архитектурные формы. Благодаря декоративным особенностям бетона и железобетона, их фактуре и цвету, они являются наилучшими материалами для создания таких элементов, формирующих городскую среду.

Малые архитектурные формы находятся в зоне непосредственного восприятия человека. Сравнительно небольшие размеры отдельных предметов и форм, а также разнообразие их назначения делают их эффективным средством перехода от типового однообразия массовой застройки к индивидуальной выразительности отдельных ее районов.

Развитие культуры малых форм само по себе явление весьма примечательное, связанное с преобразованием городского пространства в последние десятилетия [2].

Каждый из элементов благоустройства выполняет небольшую функциональную роль и, кроме того, имеет особую художественную характеристику, например, для всех покрытий обязательна прочность, возможность легкой очистки. Они должны быть устойчивы к трению и нагрузкам. В то же время они могут иметь цвет и рисунок. Всем этим качествам удовлетворяет бетон [3].

Системный подход к взаимосвязанным процессам повышения уровня благоустройства городских территорий; поддержание их на высоком уровне показателя «физического» и «морального» износа, может обеспечить целостное восприятие комфорта городской среды, базироваться на следующих принципах (рис. 1).

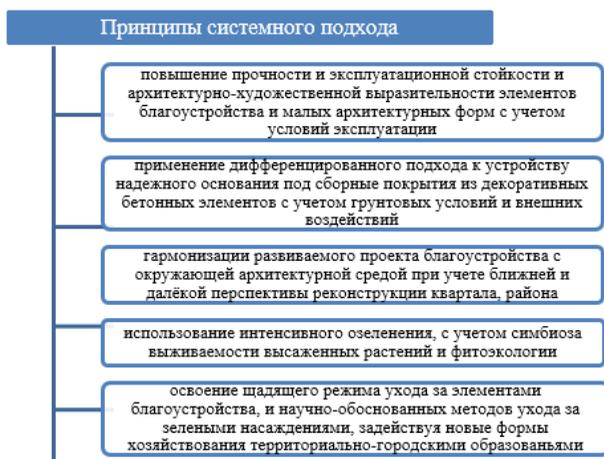


Рис. 1. Системный подход к взаимосвязанным процессам повышения уровня благоустройства городских территорий

Применение композиционных вяжущих, комплексов химических добавок и интенсивной технологии позволяет получить композиционные мелкозернистые бетоны и композиты (с размером заполнителя 0,5...1 мм), которые находят все более широкое применение в мастиках, клеях, для отдельных слоев в системах штукатурки и для модификации поверхности изделий. Свойства материалов определяются выбором сырья, его составом и используемой технологией приготовления и применения.

В композиционных мелкозернистых бетонах могут успешно применяться техногенные отходы и вторичные продукты (зола, молотые шлаки и другие) как при производстве композиционных вяжущих веществ, так и путем непосредственного введения в бетон при его приготовлении. Эффективность их воздействия на свойства бетона

определяются их минералогическим составом, и возрастает с повышением их дисперсности. Применение техногенных отходов в ряде случаев облегчает получение композиционных вяжущих веществ заданных свойств и мелкозернистых бетонов оптимальных составов (табл. 1).

Таблица 1

Свойства мелкозернистого бетона

Вид вяжущего	Наименование состава	Плотность, кг/м ³	Прочность образцов, МПа
ЦЕМ I 42,5Н	Песок кварцевый	2200	34,1
ВНВ-50	Отсев дробления кварцитопесчанника (фракции от 0,315 до 5 мм)	2230	59,0

Гранулометрический состав заполнителя влияет на степень заполнения им 1 м³ бетона и через это – на прочность бетона. Использование обогащенного отсева дробления кварцитопесчанника дает возможность получения минимальных значений пустотности заполнителей и минимального расхода цементного клея, что положительно сказывается на расходе вяжущего и прочности.

Из приведенных результатов видно, что плотность бетона с использованием обогащенного отсева дробления кварцитопесчанника, выше, чем плотность бетона на кварцевом песке [4-5].

Таким образом повышение эффективности получения малых архитектурных форм возможно за счет использования в качестве заполнителя отходов горнорудного производства (отсевов дробления кварцитопесчанника). Для снижения расхода клинкерной составляющей в бетоне целесообразно применять композиционные вяжущие, а также отсев дробления в качестве кремнеземистого компонента, за счет чего появляется возможность уменьшения расход наиболее дорогостоящего компонента бетонной смеси портландцемента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сопин Д.М. Использование сырья техногенного происхождения в мелкозернистых бетонах /Ахмед А.А.А., Богусевич Г.Г., Масалитина С.В.// В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. С. 162-166.

2. Сопин Д.М. Мелкозернистый бетон на основе композиционных вяжущих для мелкоштучных изделий /Богусевич Г.Г., Масалитина С.В., Тарасов В.И.// В сборнике: Наука и инновации в строительстве.

Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. Белгород, 2022. С. 166-170.

3. Лебедев А.А. Анализ современных стеновых материалов /Агеева М.С.// В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова). 2018. С. 389-395.

4. Толстой А.Д. Порошковые бетоны на техногенном сырье для штампованных и декоративных форм /Лесовик В.С., Агеева М.С., Кривенкова А.Н., Коробов Р.А., Крымова А.И.// В сборнике: НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ. Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 420-425.

5. Лесовик Р.В. Пути повышения эффективности мелкозернистого бетона /Топчиев А.И., Агеева М.С., Ковтун М.Н., Алфимова Н.И., Гринев А.П.// Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. № 7 (102). С. 16-17.

**Шарбатян А.Ш., магистрант,
Вашева С.В., магистрант,
Айыдов Д.Н., аспирант**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доц.
Сопин Д.М.**

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ ШАХТ

В настоящее время при разработке месторождений полезных ископаемых всё чаще возникает необходимость в надёжном поддержании выработанного пространства, при подземной разработке месторождений, при разработке месторождений под охраняемыми объектами, при отработке рудных целиков, при опережающей выемке ценных руд с оставлением более бедных руд повторной разработки, при разработке месторождений на больших глубинах с целью управления горным давлением и т. д. (рис. 1).

Внедрение технологий разработки месторождений полезных ископаемых системами с твердеющей закладкой представляет исключительный интерес для многих предприятий горнодобывающей промышленности.



Рис. 1. Требования к закладке выработанного пространства

Технология добычи с закладкой относится к природоохранной и ресурсосберегающей. Она позволяет решить ряд проблем: сохранение поверхности от обрушения, увеличение технологических параметров горных работ, увеличение извлечения из недр, сохранение недр для последующей выемки, уменьшение отвода земель под горные работы, повышение качества продукции, экономичности производства, ряд других проблем.

Использование отходов ММС железистых кварцитов для закладки выработанного пространства позволяет: осуществить безотходную технологию добычи железной руды, противостоять развивающемуся горному давлению, значительно снизить стоимость закладочных работ, применяя более дешёвое вяжущее на их основе и используя отходы в качестве заполнителя для закладочных смесей, обеспечить максимальную полноту извлечения полезного ископаемого [1-3].

Перечисленные выше доводы явились основанием к рассмотрению технической возможности и экономической целесообразности использования в качестве закладочного материала отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов.

Были разработаны растворы для закладки выработанного пространства, в качестве заполнителя использовали железистые отходы обогащения железистых кварцитов и природный кварцевый песок.

Простым и дешевым путем для снижения расхода цемента без ухудшения качества бетона является использование в качестве наполнителей отходов промышленности, попутных и вторичных продуктов, в которые уже вложены затраты труда, топлива, электроэнергии и других ресурсов с целью их утилизации, и рационального применения [4].

Наиболее эффективно в качестве наполнителей использовать отходы промышленности в пылевидном состоянии.

Учитывая высокую водопотребность отходов, необходимо исследовать возможность оптимизации строения композита путём применения суперпластификаторов.

Увеличение концентрации суперпластификаторов значительно увеличивает подвижность бетонной смеси.

Именно подвижные и высокоподвижные (литые) цементно-песчаные смеси являются эффективными закладочными смесями.

Для определения рационального состава были изготовлены и испытаны закладочные смеси с соотношением вяжущее: наполнитель 1:1...1:3, с подвижность в пределах 12-15 см рис. 2.

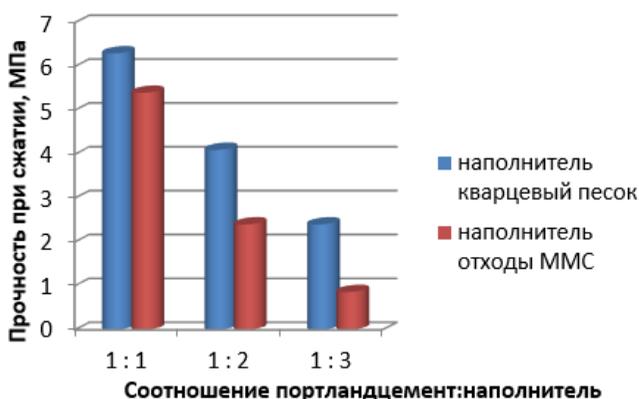


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие в возрасте 28 сут от количества наполнителя

Прочность образцов с использованием в качестве заполнителя отходов мокрой магнитной сепарации оказалась ниже, чем в случае с кварцевым песком, что можно объяснить более высокой дисперсностью хвостов обогащения, а, следовательно, и повышенным расходом воды.

Однако можно сделать вывод, что использование закладочных смесей представляет собой актуальное направление в случае добычи ископаемых по камерной технологии разработки.

Применение закладочных смесей на основе отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов для заполнения выработанных пространств дает возможность для повышения эффективности и безопасности разрабатываемых месторождений и увеличения объемов добычи рудных материалов [5-6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агеева М.С. Закладочные смеси на основе техногенного сырья /Богусевич Г.Г., Сопин Д.М., Богусевич В.А., Гончаров Р.С.// В сборнике: Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования. Всероссийская научная конференция. 2019. С. 3-7.

2. Сопин Д.М. Сухие строительные смеси для ремонтных работ /Журавлева А.Э., Сущенко Ю.Ю., Лосевская К.А., Левшина Д.Э.// В сборнике: XII Международный молодежный форум "Образование. Наука. Производство". Материалы форума. Белгород, 2020. С. 897-901.

3. Лесовик Р.В. Перспективы использования техногенного сырья для получения закладочных смесей /Агеева М.С., Сопин Д.М., Казлитина О.В., Селюков М.А.// В сборнике: Фундаментальные основы строительного материаловедения. Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 115-120.

4. Агеева М.С. Повышение эффективности закладочных смесей на техногенном сырье /Лесовик Г.А., Михайлова О.Н., Усенко Н.А.// В сборнике: Научные технологии и инновации. Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 7-14.

5. Агеева М.С. Закладочные смеси на основе техногенного сырья курской магнитной аномалии /Шаповалов С.М., Усенко М.В.// В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. шухова. 2014. С. 50-53.

6. Агеева М.С. Разработка композиционных вяжущих для закладочных смесей /Сопин Д.М., Гинзбург А.В., Калашников Н.В., Лесовик Г.А.// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 43-47.

Научное издание

VII Международный студенческий
строительный форум - 2022

Том 2

Сборник докладов

Ответственный за выпуск **Сулейманова** Людмила Александровна

Компьютерная верстка **Богачева** Марина Александровна

Подписано в печать 22.12.22. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 18,5. Уч.- изд. л. 19,9.

Тираж 50 экз. Заказ № Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

