

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

**VII Международная  
научно-практическая конференция  
«Наука и инновации  
в строительстве»,  
посвященная 170-летию В. Г. Шухова**

Сборник докладов

**Том 2**

(Белгород, 12 апреля 2023 г.)

Белгород  
2023

УДК 69  
ББК 38  
С28

С28 **VII** Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве», посвященная 170-летию В. Г. Шухова: сб. докл., Белгород, 12 апреля 2023 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. – 255 с.

ISBN 978-5-361-01184-1 (т.1)  
ISBN 978-5-361-01183-4

В сборник вошли доклады, представленные участниками VII Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в строительстве», посвященной 170-летию В. Г. Шухова, состоявшейся в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова 12 апреля 2023 г. В сборнике представлены доклады по направлениям «Техническая эксплуатация и реконструкция объектов жилищно-коммунального комплекса и городской инфраструктуры», «Комплексная безопасность и ресурсосбережение зданий и сооружений», «Материаловедение и эффективные материалы в строительстве».

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

Сборник докладов публикуется в авторской редакции.

УДК 69  
ББК 38

ISBN 978-5-361-01185-8 (т.2)  
ISBN 978-5-361-01183-4

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2023

## ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

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

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	8
<b>Направление 5. Техническая эксплуатация и реконструкция объектов жилищно-коммунального комплекса и городской инфраструктуры</b>	
<b>Быковский С.С., Феоктистов А.Ю.</b>	
Рекуператор для утилизации скрытой теплоты вытяжного воздуха вентиляционных систем.....	10
<b>Губарев С.А., Черских Д.Ю., Чуйко К.К.</b>	
Неразрушающие методы контроля, применяемые в железобетонных и иных конструкциях.....	13
<b>Казьмина А.И., Корой Е.И.</b>	
Концептуальные подходы к проектированию рекреационных территорий Крыма.....	17
<b>Киреев В.М., Скляров С.С.</b>	
Обезжелезивание воды Белгородской области.....	23
<b>Козлюк А.Г., Селюкова А.М.</b>	
Основные проблемы в сфере жилищно-коммунального хозяйства и пути их решения.....	29
<b>Косухин А.М., Данилова Е.С., Перцева А.С.</b>	
Правовые аспекты организации энергоэффективности и методы энергосбережения многоквартирных домов.....	33
<b>Косухин А.М., Перцева А.С., Данилова Е.С.</b>	
К вопросу о формировании комфортной городской среды.....	38
<b>Косухин М.М., Косухин А.М., Савелов И.С.</b>	
Обоснование необходимости разработки высокоэффективных дешевых монодобавок для производства комплексных модификаторов цементных бетонов.....	42
<b>Косухин М.М., Косухин А.М., Савелов И.С.</b>	
Синергетически активные пластифицирующие монодобавки для полифункциональных модификаторов цементных бетонов.....	47
<b>Косухин М.М., Косухин А.М., Ханьжин П.И., Савелов И.С.</b>	
Обзор фундаментальных теорий и методов оценки проектирования энергетической эффективности объектов городской инфраструктуры.....	54
<b>Матвеева И.В., Карпов Э.Н., Кислякова Т.А.</b>	
Проблемы организации и проведения капитальных ремонтов общего имущества многоквартирных домов.....	61
<b>Силюк Р. А., Назаренко Е. И.</b>	
Повышение эксплуатационной надежности системы водоснабжения города....	65
<b>Сироткин В.А., Давыдов И.И.</b>	
Метод анализа иерархий как инструмент выбора проектов при малоэтажном строительстве.....	69
<b>Старченко К.М., Чернышева Н.В.</b>	
К вопросу об актуальности освоения Крайнего Севера.....	76

<b>Шарапов О.Н., Рябухина И.Е., Скачкова Ю.В., Лемешко А.С.</b> Анализ жилищно-коммунального хозяйства с целью повышения энергосбережения.....	81
<b>Юнусалиев Э.М., Абдуллаев И.Н.</b> Обследование эксплуатируемых зданий на сейсмостойкость с помощью детонационной волны.....	86

### **Направление 6. Комплексная безопасность и ресурсосбережение зданий и сооружений**

<b>Захарова М.Ю., Долженко А.В.</b> Мониторинг коррозионных процессов строительных конструкций.....	91
<b>Лазарев А.А., Пеньков И.В.</b> О проблеме регулирования отношений в целях обеспечения пожарной безопасности печей и дымоходов при строительстве зданий.....	94
<b>Лазарев А.А., Румянцева В.Е., Торопова М.В., Шенберева А.В.</b> Проведение и анализ анкетирования экспертов по проблематике реализации «Регуляторной гильотины» в области пожарной безопасности.....	98
<b>Литовкин Н.И.</b> О причинах трещинообразования и методах усиления стен на примере 5-этажного жилого дома по ул. Толстого в г. Алексеевка Белгородской области.....	102
<b>Пириев Ю.С., Мирошников Д.А.</b> Усиление и реконструкция фундаментов.....	108
<b>Пириев Ю.С., Мирошников Д.А.</b> Методы усиления железобетонных конструкций.....	116
<b>Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Се Ди, Кутоманов Д.Е.</b> Особенности применения полиуританового клея в кладке из ячеистобетонных блоков.....	126

### **Направление 7. Материаловедение и эффективные материалы в строительстве**

<b>Богачева М.А.</b> Применение дисперсно армированных бетонов в строительстве.....	131
<b>Богусевич Г.Г., Сопин Д.М., Айыдов Д.Н., Гасанова Т.П.</b> Дисперсно-армированные композиционные материалы.....	135
<b>Бочарников А. Л., Загороднюк Л. Х.</b> Перспективы применения полых стеклянных микросфер.....	139
<b>Бочкарева О.С.</b> Трещиностойкость цементных композитов с ортотропным армированием стальной спиралевидной фиброй.....	143
<b>Губарев С.А., Черских Д.Ю., Чуйко К.К.</b> Влияние карбоната кальция на прочностные характеристики бетона.....	147
<b>Дмитриева М.А., Когай А.Д.</b> Влияние техногенных добавок на формирование физико-механических свойств бетонов.....	150

<b>Дудченко В.А., Лесовик В.С.</b> Модифицированный наполнитель с использованием отходов древобработки.....	156
<b>Ерашев Б. И., Симченко О. Л.</b> Современные теплоизоляционные материалы: анализ и сравнительная характеристика.....	160
<b>Замятина С.В., Филипенко П.В.</b> Влияние фиброармирования на свойства газобетона неавтоклавного твердения.....	166
<b>Игнатъева А.Е., Лубенская Л.А., Пушкарева Л.А.</b> Выбор основания для укладки напольных покрытий спортивных залов на основе сравнительного обзора.....	170
<b>Королькова К.А., Корольков А.А., Ерофеев А.В.</b> Влияние климатических факторов на водопоглощение поливинилхлоридных плит.....	175
<b>Кудрявых А.Д., Наумова Л.Н.</b> Утилизация древесных отходов и их использование при получении полимернокомпозиционных материалов.....	179
<b>Лесовик Г.А., Иванов А.Е.</b> Зола-унос как эффективный наполнитель газобетона.....	183
<b>Мирзахметов Д.А., Калмагамбетова А.Ш.</b> Модификация тяжелых бетонов микрокремнеземом.....	189
<b>Овсянников С.И., Загуляева А.Р., Еньшина Е.В., Овсянников В.А.</b> Анализ методов сушки древесины.....	193
<b>Погорелова И.А., Рябчевский И.С.</b> Особенности применения пенобетона для строительной 3D-печати.....	197
<b>Руденко О.Л., Скирдин Д.С.</b> Использование древесины в строительстве.....	201
<b>Сопин Д.М., Богусевич Г.Г., Айыдов Д.Н., Михайличенко Е.В.</b> Анализ технологии производства ячеистых бетонов.....	207
<b>Сопин Д.М., Богусевич Г.Г., Айыдов Д.Н., Михайличенко Е.В.</b> Использование техногенных отходов при устройстве полов производственных зданий.....	211
<b>Строкин К.Б., Гальцев А.А., Коновалова В.С., Промзелева Е.С., Нармания Б.Е.</b> Влияние объемной гидрофобизации на степень повреждения цементного камня бетона грибковыми микроорганизмами.....	215
<b>Сулейманов К.А., Лесовик В.С., Коломацкая С.А.</b> Процессы гидратообразования в газобетонной смеси .....	220
<b>Сулейманова Л.А., Корякина А.А., Левшина Д.Э.</b> Послесвечение элементов мощения на основе бетона с фотолуминесцентным пигментом. ....	225
<b>Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В.</b> Формирование структуры термовакумированного ячеистого бетона на основе дисперсных систем.....	229

<b>Султанова Э.Э., Пушкарёва Л.А.</b>	
Сравнительный анализ типа наливных полов в зависимости от вида полимерного связующего.....	<b>234</b>
<b>Тольпина Н.М., Чашин Д.Ю., Хахалева Е.Н.</b>	
Особенности фазообразования в цементных системах при повышенных температурах и влажности.....	<b>237</b>
<b>Цаль-Цалко А.С., Воронцов В. М.</b>	
Влияния малых добавок на свойства бетона.....	<b>242</b>
<b>Цаль-Цалко А.С., Воронцов В. М.</b>	
Строительный композит нового времени - «живой» бетон.....	<b>245</b>
<b>Чернышева Н.В., Моторыкин Д.А., Отман А.С.А., Гуляев М.А., Ильин Р.О.</b>	
Влияние высокоактивного метаксаолина на технические свойства композитного гипсового вяжущего.....	<b>250</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный сборник докладов опубликован по результатам VII Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в строительстве», которая состоялась 12 апреля 2023 года в БГТУ им. В.Г. Шухова.

Организатором конференции является кафедра строительства и городского хозяйства.

Работа VII Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в строительстве» посвященная 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства включала основные направления:

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

– Материаловедение и эффективные материалы в строительстве.

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

- Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия;
- Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, Россия;
- Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, Россия;
- Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия;
- Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия;
- Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, г. Новосибирск, Россия;
- Тюменский Индустриальный университет, г. Тюмень, Россия;
- Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия;
- Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия;
- Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия;

– Саратовский государственный технологический университет им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов, Россия;

– Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, г. Москва, Россия;

– Институт «Академия строительства и архитектуры» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»;

– Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново, Россия;

– Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия;

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

– Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия;

– Хулуибуирский институт, г. Хайлар, Китай;

– Ферганский политехнический институт, г. Фергана, Республика Узбекистан;

– Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Республика Казахстан.

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

Оргкомитет

# **НАПРАВЛЕНИЕ 5 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА И ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

## **РЕКУПЕРАТОР ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ СКРЫТОЙ ТЕПЛОТЫ ВЫТЯЖНОГО ВОЗДУХА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**Быковский С.С., магистрант,  
Феоктистов А.Ю., канд. техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В. Г. Шухова, Белгород, Россия*

В данной статье описано понятие роторного рекуператора, основные его рабочие элементы, рассмотрен рекуператор сорбционного и энтальпийного типов, описана их конструкция, принцип действия и применение. Актуальность проблемы связана с суровыми климатическими условиями нашей страны и большим расходом количество энергии для поддержания оптимальных параметров микроклимата. Применение систем рекуперации тепла является одним из ключевых направлений энергосбережения вентиляции.

Рекуператор – это устройство, которое использует теплоту удаляемого воздуха или газов для передачи ее приточному воздуху, подаваемому в помещение в системах вентиляции здания. Основным рабочим элементом рекуператора выступает теплообменник, пластины которого спаяны в виде барабана из двух видов алюминиевых пластин: гладкой и гофрированной, толщиной 60 и 120 мкм соответственно и намотанных друг на друга. Корпус состоит из оцинкованной стали или алюминия (небольшие типоразмеры). Также в конструкцию рекуператора входит ременная передача, электродвигатель шаговый для обеспечения вращения барабана (такой тип электродвигателя не требует частотных преобразователей), управляющий контроллер, уплотнительная лента для герметизации потоков, осевые подшипники, датчики контроля температуры и вращения ротора. На данный момент распространены такие типы роторных рекуператоров как [1, 2]:

- конденсационный;
- гигроскопический (энтальпийный);
- сорбционный;
- с эпоксидным покрытием;
- с антибактериальным покрытием.

На рис. 1 представлена общая схема работы роторного рекуператора.

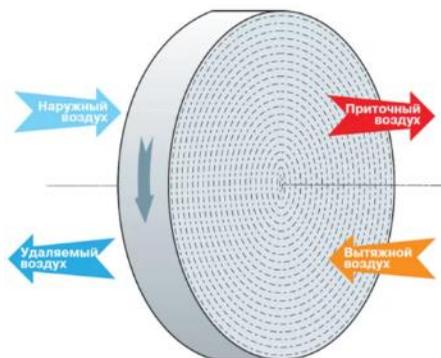


Рис. 1. Схема работы роторного рекуператора

Из всех перечисленных наиболее эффективным является сорбционный и энтальпийный роторный рекуператор. Рассмотрим более подробно их конструкцию (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид рекуператора

*Сорбционный рекуператор.* Устройство рассматриваемой конструкции позволяет переносить не только явную теплоту, но и скрытую, заключенную во влаге удаляемого воздуха. Принцип действия следующий. В зимний период вытяжной воздух, насыщенный влагой, протекает через барабан с сорбентом. Поглощая влагу из удаляемого воздуха, сорбент переносит влагу в приточный воздух, происходит передача приточному воздуху скрытой теплоты. За счет этого идет увеличение полной теплоты, уменьшается нагрузка на воздухонагреватель и увлажнитель. При этом максимальный КПД приходится на холодный период [2-4].

Также рекуператор можно использовать в течение теплого периода, осушая приточный воздух. При этом происходит его частичное охлаждение, что позволяет снизить нагрузку на воздухоохладитель.

В качестве сорбционного материала применяется молекулярное сито 3А, которая поглощает молекулы не более 0,3 нм. Применение сита такого размера обусловлено размером молекулы воды в 0,27 нм. Также стоит отметить, что сорбционный слой не поглощает большинство молекул других газов и бактерий (рис. 3) [5].

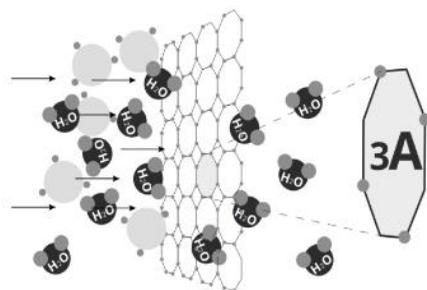


Рис. 3. Строение сорбента

*Энтальпийный рекуператор.* Отличие рекуператора данного типа от сорбционного заключается в частичном покрытии барабана сорбционным материалом. Утилизация влаги осуществляется двумя способами: за счет конденсации влаги на пластинах и за счет адсорбции. Рекуператор имеет повышенный КПД в холодный и переходный периоды года, когда конденсация влаги на роторе незначительна [3].

Применяются такие рекуператоры в помещениях, где нужно поддерживать необходимую влажность воздуха. К примеру, в текстильной промышленности, архивах.

Итак, в заключение можно сказать, что без рекуператоров невозможно представить эффективную систему энергосбережения зданий. Для обработки воздуха помимо тепла затрачивается большое количество влаги. Роторные рекуператоры сорбционного типа позволяют компенсировать влагоунос с вытяжным воздухом в значительных количествах.

### Библиографический список

1. Овсянников Ю.Г, Киреев В.М. Теоретические основы создания микроклимата в помещении. Белгород, 2018.
2. Все о роторных рекуператорах.: [Электронный ресурс].

URL <https://stroy-podskazka.ru/rekuperator/o-rotornyh/>

3. Роторный рекуператор: [электронный ресурс]. URL: <https://www.c-o-k.ru/library/catalogs/panova/29838/109126.pdf>

4. Мартыненко О.Г., Михалевиц А.А., Шиков В.К. Справочник по теплообменникам. М.: Энергоатомиздат, 1987. 560 с.

5. Иванов О.П., Рымкева А.А. Методика комплексной оценки эффективности использования утилизации и холода в системах кондиционирования воздуха. Холодильная Техника. 1980. № 3. С.34.

## **НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И ИНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**

**Губарев С.А., ст. преп.,  
Черских Д.Ю., студент,  
Чуйко К.К., студент**

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

При возведении различных объектов из железобетона, будь то фундамент, стены, перекрытия и другие конструкции, необходимо производить контроль качества. На каждом этапе возведения существуют свои критерии и нормы к качеству выполненных работ. Основными требованиями к качеству являются прочность и точность. Со временем технологии возведения зданий шагнули далеко вперед, а с ними увеличивались и масштабы строительства. Появилось еще больше характеристик, нуждающихся в контроле, за которыми необходим мониторинг. Так возникла потребность к неразрушающим методам контроля [1].

Сама сущность контроля за качеством произведенных работ заключается в проверке соответствия характеристик конструкции необходимым требованиям, а помогают в этом неразрушающие методы контроля. Неразрушающие методы контроля (НМК) - это методы контроля за качеством изделий и материалов, не влекущие за собой разрушение или деформацию исследуемого объекта. Они позволяют обнаружить нарушения строения макроструктуры, химического состава, установить соответствие геометрических размеров изделий и т.д. (рис. 1).

Акустический метод предполагает фиксирование параметров упругих волн колебаний, возникающих в контролируемом объекте. Он позволяет обнаружить различные нарушения сплошности, неоднородности строения, коррозии, дефектов спайки, сварки и клейки объекта, а также измерить толщину изделия (рис. 2).



Рис. 1. Основные виды НМК



Рис. 2. Особенности возбуждения упругих волн

Капиллярный метод контроля заключается во введении индикаторных жидкостей в неплотные структуры исследуемого материала и фиксации образующихся индикаторных следов с помощью проявителя или же визуально. При контроле объекта таким методом на очищенную поверхность изделия наносят специальную жидкость, которая проникает в полости дефектов. После этого поверхность детали снова очищают уже от самой жидкости и с помощью проявителя обнаруживают ее остатки в полостях дефектов (рис. 3). Капиллярный метод позволяет обнаружить различные трещины, волосовины, закаты и т.д. Его применяют для объектов, изготовленных из черных и цветных металлов, сплавов и других твердых ферромагнитных материалов.

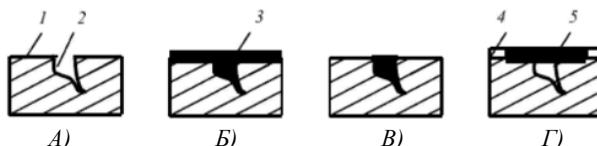


Рис. 3. Этапы капиллярного метода: А – очистка поверхности детали; Б – нанесение проникающей жидкости; В – удаление излишков проникающей жидкости; Г – обнаружение проникающей жидкости в дефектах; 1 – поверхность детали; 2 – полость дефекта; 3 – проникающая жидкость; 4 – проявитель; 5 – след на дефекте

Магнитный метод контроля позволяет регистрировать магнитные поля рассеяния, которые возникают над дефектами изделия. Также этот

метод необходим для определения различных магнитных свойств исследуемого объекта. К его основным задачам относится контроль сплошности (дефектоскопия), измерение размеров (толщинометрия) и контроль физико-механических свойств (структуроскопия).

Так как возможности человеческого глаза ограничены, то люди прибегают к использованию оптических методов контроля. При таком методе применяют специальные оптические приборы, которые позволяют увеличить угловой размер объекта и тем самым зафиксировать дефекты, невидимые глазом. Одним из таких приборов является эндоскоп. Оптический метод имеет ряд преимуществ: несложная технология наблюдений, маленькая трудоемкость и простое оборудование [4, 5].

Радиационный метод контроля позволяет контролировать сварные швы, отливки и прокаты. Он основан на регистрации и анализе проникающего ионизирующего излучения. Система радиационного контроля состоит из источника излучения, объекта контроля, детектора излучения и средства оценки результатов (рис. 4).

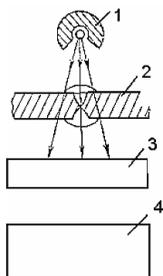


Рис. 4. Система радиационного контроля: 1 – источник излучения; 2 – объект контроля; 3 – детектор излучения; 4 – средство оценки результатов

Тепловой метод основан на регистрации каких-либо изменений теплового поля контролируемого объекта. Технология этого метода заключается во взаимодействии теплового поля изделия с термодинамическим чувствительным элементом. После чего параметры поля преобразуются в электрический сигнал и передаются на регистрирующий прибор. Параметрами поля являются интенсивность, температурный градиент, лучистость, контраст и т.д. тепловой метод бывает двух видов: пассивный и активный. Пассивный метод позволяет определять трещины в двигателях, места утечки теплоты в сооружении и т.д. С помощью активного метода можно обнаружить несплошности здания, изменения в структуре материала, вызванные изменением теплопроводности, теплоемкости и коэффициента теплопередачи [2].

Метод течеискания основан на регистрации веществ, проникающих через течи и сквозные отверстия в исследуемый

материал. Его применяют для контроля герметичности сварных сосудов, трубопроводов, масляных систем силовых установок и баллонов, работающих под давлением. При применении радиоактивных веществ в методе течеискания значительно повышает чувствительность, тем самым увеличивается точность.

Метод вихревых токов предназначен для обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов в виде несплошностей (трещин, пор, рыхлот, раковин), а также позволяет производить сортировку некоторых видов материалов по маркам, выявлять степень разупрочнения материала, определять неоднородности структуры и отклонения химического состава в электропроводящих изделиях. При помощи токовихревого метода можно измерять толщины покрытий, листовых материалов и труб.

Токовихревой метод основан на регистрации изменения взаимодействия собственного электромагнитного поля катушки с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых этой катушкой в контролируемом объекте [3].

Таким образом, неразрушающие методы контроля имеют множество преимуществ (рис. 5).

Преимущества	НМК могут проводиться на объектах, которые уже находятся в рабочих условиях
	Испытания можно проводить как на целой детали, так и на ее опасных участках
	НМК не нарушают характеристики и структуру исследуемого объекта
	НМК требуют небольшие затраты человеческого труда
	При НМК необходима всего лишь небольшая обработка поверхности детали. А в некоторых случаях она вовсе не требуется

Рис. 5. Преимущества НМК

Так как значимый процент проявляющихся дефектов, нарушений и серьезных просчетов приходится, непосредственно, на сам процесс строительства и на первые годы эксплуатации зданий и сооружений. Применение и совершенствование НМК поможет не только не совершить серьезных ошибок и сэкономить средства на длительной дистанции, но и, возможно, спасти человеческие жизни.

### Библиографический список

1. Леднев, В.В. Обследование и мониторинг строительных конструкций зданий и сооружений: учебное пособие / В.В. Леднев, В.П. Ярцев. - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. - 252 с.
2. Кочнев Н.И., Чумак М.В. Учебное пособие «Обследование, испытание и усиление строительных конструкций зданий и сооружений»

- Краснодар, 2013. - 68 с.

3. Воробьев, Д.С. Техническая оценка зданий и сооружений [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.С. Воробьев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. - Электронные текстовые и графические данные (0,5 Мбайт). - Волгоград: ВолгГАСУ, 2015. - 53с.

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. Марулин В.М. Техническая эксплуатация и геомониторинг технического состояния зданий и сооружений. VII Международный студенческий строительный форум - 2022: сб. докл.: в 2 т. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. - Т.2. - 44 с.

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КРЫМА**

**Казьмина А.И., доц.,  
Корой Е.И., ассистент**

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского  
академия строительства и архитектуры», г. Симферополь, Россия*

Изучая функциональную технологию архитектуры, инженеры неуклонно совершенствуют метод вариантности объемно-планировочных решений зданий, позволяющий перейти к уникальному через стандарт.

Проблемы, лежащие в основе строительства, решаются зодчими и инженерами параллельно с поисками выразительности архитектурного образа, его органического единства с природой.

Выдающийся историк архитектуры эпохи возрождения Альберти утверждал, что «здание есть, как бы, живое существо, создавая которое следует подражать природе» Альберти также сделал вывод: «художник-архитектор творит как природа, придавая материи определенную форму, а не имитируя природу... Архитектор является учеником Природы, черпает в ней силу и опирается на ее законы в своей созидательной деятельности».

В 1931 году началась разработка первого проекта районной планировки Южного берега Крыма. Проектирование велось в широких масштабах на научной основе. Внимательно изучались климатические и геоморфологические условия Крыма, а также возможности гидроминеральной базы. На этой основе впервые было научно

обосновано и проведено медицинское зонирование территории ЮБК. Согласно закону «О природных лечебных ресурсах, лечебно-оздоровительных местностях и курортах» рекреационные ресурсы представляют собой сочетание различных природных и антропогенных факторов, которые можно использовать для лечения и отдыха.

Главными рекреационными ресурсами Крыма являются:

- месторождения лечебных грязей (25 мл. м<sup>3</sup>);
- источники минеральных вод (100 ед. и свыше 200 буровых скважин, вода которая имеет уникальный химический состав);
- бальнеологические ресурсы, используя настоящее время лишь на 5 %.

На территории АРК насчитывается 154 объекта природно-заповедного фонда общей площадью 146,2 тыс. га.

Уникальными заповедными территориями являются Большой каньон Крыма, самый высокий на полуострове водопад Учан-Су (98 м), крупнейшая в Крыму пещерная система Кизил-Коба с общей протяженностью 13,7 км, древневулканический массив Карадаг.

Однако вовлечение в рекреационную деятельность имеющегося ресурсного потенциала незначительно.

Археологические и курортные памятники Крыма так же являются важным фактором для привлечения туристов.

В Крыму главным элементом являются санаторно-курортные учреждения 553 объекта долговременного проживания, рассчитанные на 120 тыс. мест.

Согласно данным в «Стратегии развития санаторно-курортных комплексов Российской Федерации» социальные и экономические изменения последних лет привели к изменениям функционирования санитарно-курортных комплексов Российской Федерации.

Природные лечебные ресурсы испытывают все большую антропогенную нагрузку, курортная инфраструктура требует модернизации, а территории курортов комплексного подхода к развитию.

В основе современной градостроительной концепции лежит принцип перехода от проектирования отдельных городов к созданию групповых систем расселения. Этот принцип правомерно распространить и на отрасль курортного строительства.

На принципы формирования планировочной организации курортов существенно повлияло первоначально сложившиеся практика застройки прибрежных территорий.

Научно-исследовательскими и проектными институтами были

проведены следующие фундаментальные исследования, включающие:

- охрану природы, экономические технические условия развития ландшафта для конкретного вида рекреационной деятельности, которые способствуют его преобразованию рекреационному освоению и благоустройству, т.е. созданию системы рекреационных образований;

- разработана концепция градостроительного развития курортов, зон отдыха и туризма в увязке с генеральной схемой расселения в стране;

- созданы принципиально новые и совершенствованные традиционные типы курортно-оздоровительных учреждений (базы и дома отдыха, пансионаты, курортные и туристические гостиницы и др.).

Одним из самых лучших курортов Европы, который занесен в число объектов мирового наследия Юнеско является Английская Ривьера, расположенная на островах. Этот курорт занимает 22 милл великолепного морского побережья с красивейшими бухтами, живописнейшими утесами, великолепными пляжами, курортными отелями и виллами.

Согласно данным в «Стратегии развития санаторно-курортных комплексов Российской Федерации» социальные и экономические изменения последних лет привели к не весьма положительным результатам функционирования санитарно-курортных комплексов Российской Федерации.

Так же выявлены определенные закономерности в поисках современных принципов формирования крупных архитектурных ансамблей на курортах.

Следует отметить, что крайне высокий уровень износа зданий имеют санаторно-курортные комплексы Республики Крым (Федеральные – 76,4 %, субъективные – 79,8 %, частные - 76,2 %).

К сожалению, изношенность материально-технической базы санаторно-курортных комплексов и их инфраструктуры приводит к невозможности конкуренции санаторно-курортных организаций с иностранными аналогичными комплексами.

Природные лечебные ресурсы испытывают все большую антропогенную нагрузку, курортная инфраструктура требует модернизации, а территория курортов - комплексного подхода к развитию.

Для разработки новых принципов, обеспечивающих поддержание экологического равновесия и наиболее эффективного использования дефицитных природных ресурсов, необходимо проведение научных исследований.

Для более успешного рекреационного освоения Крыма вместо разрозненных, мелкомасштабных научных исследований и проектных разработок, осуществляемых многочисленным научно-исследовательскими и проектными организациями, необходимо осуществить широкую программу целенаправленных исследований географических, социально-экономических, технических и градостроительных аспектов Крымской рекреационной системы на единой методологической основе. Такая задача направлена на усовершенствование курортного строительства в Крыму и предопределяется значительным потенциалом ценных рекреационных ресурсов Крыма.

Новые направления в планировке и застройке курортов вызывают необходимость уточнения градостроительной классификации курортных образований. Отсутствие единой терминологии в области курортного градостроительства, вызывает неясность их положения в структуре курортов.

Так, например, представленная программа имеет название «Государственная программа развития курортов и туризма в Республике Крым» и далее по тексту «основной целью настоящей Государственной программы является формирование современного туристско-рекреационного комплекса, характеризующегося конкурентной способностью, востребованностью разнообразием предлагаемых туристических и лечебно-оздоровительных услуг».

Однако, в сфере туризма в настоящее время установлены следующие нормативные правовые акты.

Государственная программа Российской Федерации «Развитие культуры и туризма на 2013-2020 гг. от 15.04. 2014 № 317.

Закон республики Крым от 14.09.2011 № 51-ЗРК «О туристической деятельности в республике Крым.

Закон республики Крым от 28.01.2015 № 76-ЗРК/2015 «О курортах, природных лечебных ресурсах лечебно-оздоровительных местностях республики Крым».

Такая классификация законов дала нам возможность предложить разделение с учетом выполнения функции по нормативно-правовому регулированию, функциональным процессам и контролю в санитарно-курортных и туристической отраслях.

В процессе исследования были выявлены проблемы, тормозящие развитие курортно-туристической отрасли республики Крым:

– неудовлетворительное состояние инфраструктур на территории курортно-туристических комплексов;

- неравномерность развития, туристического потенциала республики Крым;
- сезонность работы курортно-туристической отрасли;
- высокий уровень износа основных фондов и медицинской базы коллективных средств размещения;
- отсутствие четкой прогрессивной архитектурно-планировочной структуры курортов с выделением курортной, жилой, коммунально-хозяйственных зон и лесопарков.

При решении проблем развития курортных мест, отдыха и туризма следует путем системного подхода добиваться максимального увеличения рекреационной емкости Крыма, соответствующей реальным потребностям в современных условиях, найти наиболее рациональную и эффективную организационную и градостроительную форму рекреационной системы Крыма, обеспечивающую достижение поставленной цели с наименьшими затратами средств и времени.

Учитывая выше названные проблемы можно рассмотреть методы решения этих проблем:

- создание и функционирование туристско-рекреационных кластеров позволит создать необходимые объекты, обеспечивающей инфраструктуры, которые будут соответствовать настоящим требованиям. Формирование кластеров предусмотреть точно по всей территории Крыма;

- необходимо формирование современных туристическо-рекреационных комплексов, характеризующихся конкурентоспособностью, востребованностью, разнообразием предлагаемых лечебно-оздоровительных и туристических услуг, а также высоким качеством обслуживания;

- необходимо увеличение количества предприятий санаторно-курортного и туристического комплексов, работающих круглогодично. В настоящее время для круглогодичного функционирования предназначены 142 санаторно-курортных и 112 гостиничных учреждений. К сожалению, это количество круглогодичных средств размещения недостаточно для реализации потенциала курортно-туристической сферы;

- согласно программе развития курортов и туризма Республики Крым в модернизации и реконструкции нуждается не менее 107 здравниц. При разработке новых генеральных планов с учетом реконструкции необходимо предусматривать коренную реконструкцию жилых районов, а также уделить большое внимание прогнозированию пляжных ресурсов;

- с учетом современных требований курорты в составе курортных районов должны иметь развитые планировочной системы;
- необходимо разработка методики формирования архитектурно-планировочной структуры курортов Крыма;
- необходимо научно-обоснованные прогнозы рекреационных потребностей на будущее в регионе.

В последние годы в значительной степени сократилась проведение научно-исследовательских и производственных работ в области разведки, и использования природных лечебных ресурсов, разработки и внедрения в практику работы курортных организаций, современного технологического оборудования.

Развитие курортов нуждается в проведении целенаправленных действий по охране курортных местностей и природных лечебных факторов, а также упорядочении застройки территорий курортов и зон отдыха, соблюдении специальных строительных норм и нормативов, внедрении оригинального дизайнерского проектирования, учитывающего специфику рекреационной направленности курортов. На российских курортах должен быть прекращен хаос производственного и жилищно-строительного использования курортных территорий, ведущий к загрязнению окружающей среды и ухудшению качества природных лечебных ресурсов.

Необходимы научно-обоснованные прогнозы рекреационных потребностей на будущее в регионе.

Для прогнозирования рекреационных потребностей на будущее необходимо провести исследование по выявлению современных требований рекреантов в различных типах курортно-оздоровительных учреждений, ибо данные проведенных ранее исследований не соответствует современным направлениям.

В крупных комплексах курортно-оздоровительных учреждений требуется благоприятные условия не только для отдыха и лечения, но и для удовлетворения широкого круга потребностей, связанных со всесторонним развитием личности.

Значительное несоответствие между величиной расчетной единовременной вместимости рекреационных учреждений с фактическим потенциалом естественных пляжей осложняет нормальную эксплуатацию пляжей, не позволяя обеспечить необходимый комфорт и поэтому использование прибрежных экваториальных зон с размещением в них комплексов отдыха на искусственных основаниях является на сегодняшний день важным направлением в области градостроительной науки.

### **Библиографический список**

1. Распоряжение Правительства РФ от 26 ноября 2018г. №2581-р «О стратегии развития санаторно-курортного комплекса РФ».
2. Владимиров В.В. Город и ландшафт // В.В. Владимиров – М: 1986.- С. 238.
3. Ионов И.И. Методика архитектурно-планировочной организации приморских курортов. // И.И. Ионов – М: 1975.- С. 145.
4. Концепция федеральной целевой программы «Развитие внутреннего и въездного туризма в РФ (2011-2016г.)» утверждена распоряжением правительства РФ от 19 июня 2010г. №1230-р.
5. Казьмина А.И. Комплексный анализ природной среды, учитываемый при реконструкции ландшафта курортов. // А.И. Казьмина, Е.И. Корой – сборник статей международной научно-практической конференции. – Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019. Севастополь. С. 729-730.
6. Казьмина А.И. Тепловой режим здания и основы теплотехнического расчета ограждающих конструкций // А.И. Казьмина, Е.И. Корой – учебное пособие. М: «РУСАЙНС», 2020. 156 с.
7. Казьмина А.И. Основные принципы формирования планировочной структуры городов-курортов, используемые в условиях их реконструкции. // А.И. Казьмина, Е.И. Корой – сборник статей международной научно-практической конференции. – Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2020. Севастополь. С. 239-243.
8. Крогиус В.Р. Градостроительство на склонах // В.Р. Крогиус – М: Стройиздат. 1988 – 328 С.
9. Полянский А.Т. Архитектура комплексов отдыха // А.Т. Полянский – М: Стройиздат, 1988 – 240С.

### **ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ ВОДЫ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Киреев В.М., канд. техн. наук, доц.,**

**Скляр С.С., магистрант**

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

Белгородская область расположена в юго-западном склоне Воронежской антеклизы Восточно-Европейской платформы. Основными источниками воды населения региона являются подземные воды, которые распространены в различных отложениях разной толщины грунта.

В большинстве районов Белгородской области вода имеет повышенное содержание железа в виде бикарбоната закиси  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ , другое название – двууглекислое железо. Это легко объяснить – ведь мы живем над самым большим в мире железорудным бассейном. Самая насыщенная металлами вода добывается в массивах ИЖС Стрелецкое 73/1-73/2 Белгородского района. Согласно данным Центра гигиены и эпидемиологии в Белгородской области, содержание железа в воде зафиксировано на уровне от 2,2 до 7,6 мг/л., что многократно превышает допустимый показатель в 0,3 мг/л. Для удаления из воды примесей железа в нашем регионе разрабатывают и строят станции обезжелезивания в принципах работы и эффективности, в которых мы постараемся разобраться.

При обезжелезивании воды на станциях обезжелезивания применяется самый недорогой, оправданный и эффективный способ, главным принципом которого является аэрация воды и ее последующая фильтрация.

Аэрация воды – это процесс увеличения или поддержания насыщения воды кислородом. В процессе аэрации двухвалентное железо окисляется и выпадает в осадок. Аэрация может проводиться как напорная, так и безнапорная.

Рассмотрим безнапорный процесс аэрации. В безнапорной аэрации перевод двухвалентного железа в трехвалентное происходит с помощью окисления кислородом воздуха. Главной отличительной особенностью данного метода обезжелезивания является отсутствие компрессора высокого давления, подающего воздух в объем воды. Здесь различают два основных способа реализации взаимодействия кислорода и железа – эжекция и душирование.

На эжекторной системе происходит засасывание воздуха в поток воды и его перемешивание. Отделившийся избыток воздуха сбрасывается через воздухоотводящий клапан. Далее происходит задержка осадка в толще фильтрующего материала.

При душировании подача исходной воды осуществляется непосредственно в открытый резервуар через специальное душирующее устройство, разбрызгивающее воду, тем самым, увеличивая площадь контакта воды с кислородом. Одновременно происходит улетучивание сероводорода и окисление двухвалентного железа. Затем насосной станцией из резервуара вода подается на засыпные осадочные колонны. Схема типового фильтра обезжелезивания воды приведена на рис. 1.

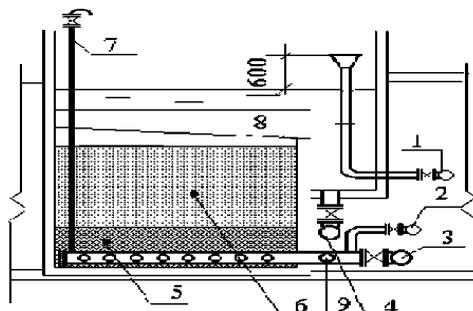


Рис. 1. Схема фильтра безнапорной аэрации: 1 – подача исходной воды; 2 – отвод фильтрата; 3 – подача промывной воды; 4 – отвод промывной воды; 5 – поддерживающие слои фильтра; 6 – фильтрующий материал; 7 – воздушник; 8 – желоб

После аэрации начинаются реакции окисления и гидролиза. При окислении 1 мг железа выделяется 1,6 мг свободной двуокиси углерода и на 0,043 мг снижается общая щелочность воды.

Необходимая степень обезжелезивания начинается после формирования на зернах загрузки определенной массы каталитической пленки, время формирования этой массы называется временем зарядки фильтра.

В качестве загрузки используют кварцевый песок, дробленые горные породы и другие материалы. Для загрузки следует применять тяжелые материалы, так как в этом случае удается обеспечить разделение в восходящем потоке промывной жидкости хлопьев железа от зерен загрузки.

Для улучшенной промывки загрузки обычно применяют водовоздушную промывку.

К достоинствам метода упрощенной аэрации с фильтрованием относятся простота обслуживания, технологическая надежность, низкая себестоимость очистки и безреагентная обработка воды.

Использование данного метода проблематично при повышенных концентрациях железа в исходной воде или наличии его органических соединений. Кроме того, одноступенчатая схема обезжелезивания воды имеет низкую санитарную надежность. Со временем толщина пленки соединений железа на поверхности зерен загрузки увеличивается, начинается ее растрескивание и попадание мелких обломков железа в очищенную воду.

Качество очищенной воды понижается и содержание железа в ней не удается снизить ниже 1-1,6 мг/л. Загрузку приходится менять. При плохой промывке фильтров в толще загрузки образуются конгломераты соединений железа, достигающие размера в диаметре до 11-16 мм,

объем загрузки увеличивается в размере. Без перегрузки фильтра в этом случае не обойтись. Все эти недостатки очень часто проявляются при высоком содержании железа в воде более 5 мг/л.

Процесс очистки воды от железа методом напорной аэрации заключается в принудительной подаче кислорода воздуха в водную среду компрессором высокого давления. Компрессоры для аэрации воды следует использовать поршневые безмасляные. Данная особенность связана с предупреждением попадания масляных частиц с потоком воздуха в очищенную воду. Воздух подается в линию исходной воды в непосредственной близости с колонной или аэрационной трубой, в которой происходит взаимодействие кислорода с железом и последующий отдув излишек воздуха через воздухоотводчик или сепаратор. При данном процессе происходит также удаление сероводорода с последующим сбросом в дренаж. Поток воды с окисленным железом поступает на колонну фильтра для очистки воды от железа с каталитической загрузкой, где происходит финишное окисление и осаждение нерастворенного железа, а также взвешенных частиц в объеме фильтрующей среды. Схема напорной аэрации представлена на рис. 2.

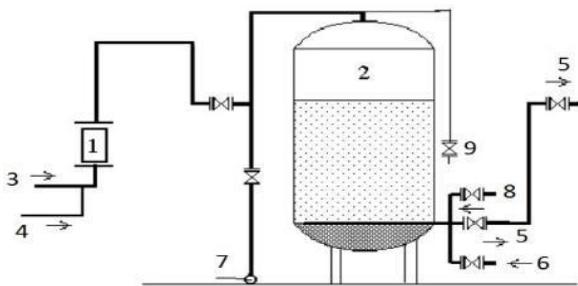


Рис. 2. Схема фильтра напорной аэрации: 1 – смеситель воды и воздуха; 2 – фильтр с загрузкой; 3 – подача воды от водозабора; 4 – сжатый воздух от ресивера; 5 – очищенная вода; 6 – подача воды на промывку фильтра; 7 – отвод промывных вод; 8 – воздух; 9 – воздушная трубка

Рекомендуемый расход воздуха для окисления железа составляет 2 дм<sup>3</sup> на 1 г закисного железа. Воздух подается от компрессора через реле потока воздуха с давлением на 10-15 % превышающем давление подаваемой воды. Для поддержания постоянства давления на трубопроводе перед смесителем устанавливается датчик потока воды. К верхней части фильтра устанавливается воздухоотделительный клапан для сброса воздуха и выделяющейся двуокиси углерода.

Современный метод напорной аэрации, более

автоматизированный и включает в себя контрольно-измерительные аппараты. К примеру, такие как реле потока воздуха и воды. Благодаря правильной совокупной работы данных устройств, получается достичь нормированной концентрации растворенного кислорода в воде.

В качестве загрузки в напорных фильтрах обезжелезивания используются ионообменные смолы – класс специальных материалов для удаления из водных примесей на молекулярном уровне. Внешне они представляют из себя синтетические маленькие шарики размером около одного миллиметра, однородные и без каких-либо частиц. Так же их называют ионитами. На поверхности каждой гранулы сосредоточен электрический заряд с отрицательным или положительно заряженным катионитом. Согласно уравнению и равновесию ионного обмена, эти отрицательно заряженные точки уравниваются, притягивая к себе положительно заряженные ионы из раствора воды. Этот процесс лимитируется количеством удержанных ионов. Далее происходит перезарядка ионита. Регенерация, основанная на принципе обратимости ионообменного процесса. Вместо воды через ионообменную смолу пропускается регенерирующий раствор, после данной промывки ионообменная смола готова к дальнейшему применению.

В напорных фильтрах, по сравнению с открытыми, обеспечивается более высокая степень очистки воды от железа. Это объясняется более высоким давлением вводимого в фильтры воздуха, поскольку растворимость газов пропорциональна их давлению над поверхностью жидкости.

Напорные фильтры, по сравнению с открытыми, быстрее монтируются и имеют более качественное исполнение.

Широкое применение в нашем регионе нашли комплектно-блочные установки обезжелезивания воды в напорных фильтрах. В этом случае станция состоит из нескольких быстровозводимых блоков, представляющих контейнеры со смонтированным технологическим оборудованием и трубопроводами. После доставки на место строительства остается смонтировать блоки между собой и подключить к внешним коммуникациям.

Подводя итог выше изложенному, можно сказать, что метод напорной азрации является более эффективным, автоматизированным и распространенным в нашем регионе. Качество исходной воды при применении этого способа обезжелезивание является практичным и позволяет достигнуть основной цели – снижение до допустимой нормы содержание железа в воде в 0,2 мг/л.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ Р51232-98 Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества: Госстандарт России: издание официальное: принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 17 декабря 1998г. №449: введен впервые: дата введения 1999-07-01 / разработан Техническим комитетом по стандартизации ТК 343 «Качество воды» (ВНИИСтандар, МосводоканалНИИпроект, ГУП ЦИКВ, УНИИМ, НИИЭЧГО им. А.Н. Сысина, ГИЦПВ). – Москва Стандартиформ, 2008 – текст: непосредственный.

2. МР 2.1.4.0032-11. 2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности. Методические рекомендации: утвержденное Главным государственным санитарным врачом РФ 31.07.2011 : дата введения: с 31 июля 2011 г. / Разработаны: Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Г.Г. Онищенко, И.В. Брагина, А.С. Гуськов), ГОУ ВПО "Санкт-Петербургская государственная медицинская академия им. И.И. Мечникова" Минздравсоцразвития России (А.В. Киселев), Управлением Роспотребнадзора по городу Санкт-Петербургу (А.В. Мельцер, Н.В. Ерастова). – текст : электронный.

3. МР 2.1.4.0266-21. 2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Методика по оценке повышения качества питьевой воды, подаваемой централизованными системами водоснабжения. Методические рекомендации. Утвержден Главным государственным санитарным врачом РФ 10.11.2021 – дата введения: 10 ноября 2021г. – текст: электронный.

4. Мамонов К.А. Обезжелезивание воды в напорных установках: учебное пособие / К.А. Мамонов - составитель, автор, кандидат технических наук, доцент -М.: Стройиздат, 1964:переработанное: издание второе.

5. Алексеев В.С., Коммунар Г.М., Тесля В.Г. Водоснабжение и санитарная техника: ежемесячный научно-технический и производственный журнал / учредители: Союзводоканалпроект [и др.]. - Москва: МосводоканалНИИпроект, № 5, 1989: Алексеев В.С., Коммунар Г.М., Тесля В.Г. и др. Опыт внутрипластовой очистки подземных вод от железа.

## ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СФЕРЕ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Козлюк А.Г., канд. экон. наук, доц.

Селюкова А.М., магистрант

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

В статье раскрыта роль ЖКХ России. Описаны основные проблемы ЖКХ, барьеры в данной сфере, пути их решения. Среди важнейших направлений социально-экономических преобразований в стране выделяется реформирование и развитие жилищной сферы, создающей необходимые условия жизнедеятельности человека. Ведущими отраслями в составе данной сферы являются жилищное строительство и жилищное хозяйство, которые обеспечивают воспроизводство и содержание фонда, а также доведение жилищно-коммунальных услуг до непосредственных потребителей. В России уровень развития жилищной сферы не соответствует предъявляемым требованиям возложенные на нее задачи выполняются далеко не в полной мере, что в значительной степени влияет на снижение качества жизни населения. В связи с этим жилищная проблема остается одной из самых социальных острых проблем в стране. Рассмотрим пути решения проблемных вопросов в данной сфере.

Централизация системы управления – это единое (централизованное) управление ЖКХ, которое позволит составлять правильное планирование, осуществлять прозрачный контроль и выполнять все необходимые функции, оперативно работая в комплексе. Не нужно будет искать специалистов (у них всегда будет объем работ), нанимать неквалифицированных специалистов для выполнения специализированных работ, как это обычно бывает на данный момент, тем самым улучшится функциональность ЖКХ [1].

Перевод всей сферы ЖКХ, в том числе и управляющие компании, на централизованное управление, а также организовать ремонтно-строительное управление (РСУ), в котором разграничить обязанности на две категории. Первая категория – это проведение работ по профилактическому ремонту, строительству, замене отдельных узлов зданий (цех и бригады по ремонту и строительству). Вторая – это поддержание работоспособности (обслуживание) отдельных конструктивных элементов и зданий в целом, проведение текущих работ (участки с рабочими проводящими текущее обслуживание).

Инвентаризация основных фондов жилищно-коммунального хозяйства, учет имущества (основных фондов: зданий, сооружений, земель дорожно-мостового хозяйства и т.д.) жилищно-коммунального

хозяйства и его принадлежности, описание его по основным признакам, определение его технического состояния и оценка [2].

При планировании и проведении инвентарно-технических работ заказчики работ и исполнители (специализированные бюро технической инвентаризации) должны учитывать возможность многоцелевого использования инвентаризационно-технической документации, в том числе:

- в капитальном строительстве – для разработки схем районной планировки, сравнения вариантов застройки по критерию стоимости сносимых строений, разработки проектов вскрытия котлованов, планирования воспроизводства жилищного фонда, контроля качества вводимых в эксплуатацию зданий, контроля качества строительной исполнительной документации;

- в финансовой системе – для взимания земельной ренты, определения размера налогов на строения, государственного обязательного страхования, расчетов компенсации за сносимые строения, исчисления госпошлины при свершении сделок;

- в социальной сфере – для выдачи гражданам разрешений на строительство жилых домов и служебных строений, определения уровня благоустройства населенных пунктов и строений, учета и распределения жилых и нежилых зданий и помещений, установления фактов самовольного строительства, определения границ землевладений, расчетов рыночных запасов топлива для населения, выдачи разрешений на продажу домов и строений, исчисления размеров квартплаты и арендных платежей, определения пригодности зданий для использования по тому или иному назначению;

- в жилищно-коммунальном хозяйстве – для планирования работ по текущему и капитальному ремонту, разработки проектов и смет на реконструкцию и ремонт, определения стоимости основных фондов и их фактического износа.

Предметом технической инвентаризации основных фондов жилищно-коммунального хозяйства является строительная продукция на стадии распределения или эксплуатации (принимаемые, принятые или эксплуатируемые здания, сооружения). Незавершенное производство, а также передвижные и временные строения предметом технической инвентаризации не являются.

В ходе технической инвентаризации конкретного инвентарного объекта комплексно или частично решаются следующие задачи:

- выявляется и определяется основное строение, образующее инвентарный объект и определяющее его назначение;

- выявляются и определяются вспомогательные служебные строения и сооружения (принадлежности), входящие в состав

инвентарного объекта;

- выявляется дата начала эксплуатации объектов;
- замеряется в натуре и графически фиксируется плановое положение основного строения, служебных строений, сооружений и передаточных устройств;
- замеряются в натуре и графически фиксируются конструктивные и функциональные части основного строения;
- определяется техническое состояние и физический износ инвентарного объекта и его частей;
- рассчитываются технические показатели, необходимые для учета и составления государственной статистической отчетности;
- определяется восстановительная и действительная стоимость инвентарного объекта и его конструктивных частей;
- уточняется первоначальная и остаточная стоимость;
- регистрируются документы, устанавливающие владельцев инвентарного объекта;
- формируется инвентарное дело на каждый инвентарный объект, организуется информационное обслуживание органов управления и владельцев.

Трансформационные процессы мировой экономики являются важным драйвером развития и активного применения цифровых инновационных технологий компаниями и предприятиями во всех странах мира. Цифровые ИТ-решения для жилищно-коммунальной сферы способны решить стратегические задачи и проблемы крупных мегаполисов в области управления сложнейшей городской инженерной и коммунальной инфраструктурой.

В настоящее время учеными и исследователями цифровая трансформация традиционной сферы жилищно-коммунального хозяйства рассматривается как последовательность этапов: получения и накопления «больших данных», создание и внедрение жилищными и ресурсоснабжающими/коммунальными компаниями цифровых инновационных решений в свою основную деятельность, последующая комплексная реформация системы управления жилищно-коммунальной сферы на основе цифровых технологий. Однако отдельные исследователи считают, что трансформационные процессы в мировой экономике, на основе современных цифровых передовых технологий, способны осуществить переход к умному интеллектуальному городскому и коммунальному хозяйствованию на основе цифровых ИТ-решений уже сегодня в крупных городах ведущих стран мира [3].

Современное состояние жилищно-коммунального хозяйства, его реформа приводят в целом к неудовлетворительным результатам и требуют новых путей реформирования. Намеченные задачи по реформе

жилищно-коммунального хозяйства требуют скоординированных и последовательных действий всех уровней власти по обязательному выполнению мероприятий, предусмотренных каждым этапом реформирования. Качество нормативно-правовой базы, значительный пробел в законодательстве в большей степени обуславливают низкую эффективность управления жилищно-коммунальным хозяйством, уровень реализации конституционного права граждан на местное самоуправление. Практика показывает, что как на федеральном, так и на местном уровне отсутствуют меры по реализации новой модели экономических взаимоотношений, что характерно и для города федерального значения. [4]

Чтобы совершенствовать структуру ЖКХ необходимо создать благоприятные условия, чтобы привести жилищный фонд к стандартам качества, что может обеспечить комфортабельные условия для жильцов. С помощью финансовой поддержки можно повысить качество жилищно-коммунальных услуг, обеспечить коммунальной инфраструктурой жилищные объекты [5].

Для решения приведенных проблем компаниям, работающим в сфере ЖКХ, рекомендуется:

- осуществлять строгий учет сверхнормативной площади и второго жилья, где повышенные тарифы ставки, что поможет получить дополнительное финансирование. Если на сверхнормативное потребление коммунальных услуг стоят обычные тарифы, стоит так же ввести повышенные;
- сделать единый расчетно-кассовый центр, куда должны поступать счета оплаченных коммунальных услуг. В этой базе можно просматривать задолженности собственников помещений по коммунальным услугам;
- привлекать квартиросъемщиков, которые являются трудоспособными, но не работают, к уборке придомовых территорий, участвовать в текущих ремонтах.

Такие мероприятия помогут повысить качество обслуживания жильцов, создать комфортные и безопасные условия для проживания и увеличить эффективность работы компаний ЖКХ.

Делая вывод, авторы считают также необходимым и в дальнейшем работать над вопросом повышение качества и доступности жилищно-коммунальных услуг. А именно, проблему необходимо будет рассматривать с учетом: централизации системы управления; инвентаризации всего хозяйства ЖКХ; цифровизации ЖКХ; разработки новых нормативно-правовых актов; радикального улучшения и совершенствования структуры ЖКХ [6].

### **Библиографический список**

1. Мартынов С.Д. Государство и экономика. Система Витге. – М.: Наука, 2002. – С. 408.

2. В соответствии с пунктом 3 Положения о государственном учете жилищного фонда в Российской Федерации, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 13.10.1997 N 1301, основу государственного учета жилищного фонда составляет технический учет, осуществляемый в порядке, установленном нормативными правовыми актами в сфере государственного технического учета и технической инвентаризации объектов капитального строительства.

3. Долматова А.В., Кузнецова А.И. Инновационные технологии в системе ЖКХ // Экономика и управление. 2016. №3(18). С.42-49.

4. Романова А. Формирование доступной среды жилищного фонда / А. Романова, Д. Буркеев.-М.:Инфра-М, 2015.–158 с.

5. Жилищный кодекс РФ. Федеральный закон РФ от 29.12.2004 № 188-ФЗ (действующая редакция от 30.12.2013) // КонсультантПлюс [сайт] URL: <http://www.consultant.ru/popular/housing>.

6. Козлюк А.Г., Байдин О.В. Функционирование жилищно-коммунального хозяйства России в современных условиях и пути преодоления кризисной ситуации; Федер. агентство по образованию, Белгор. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – С. 117.

### **ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И МЕТОДЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ**

**Косухин А.М., ст. преп.,  
Данилова Е.С., магистрант,  
Перцева А.С., магистрант**

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

Энергосбережение – это максимальное снижение потерь энергии как при доставке энергии ее конечному потребителю, так и при использовании энергоресурсов.

Энергоемкость производства – количество энергии, затраченное на производство единицы продукции. Чем меньше энергоемкость, тем выше энергоэффективность.

Актуальность энергосбережения в национальном масштабе на уровне государства – связана как с необходимостью улучшения экологии (сокращения выбросов загрязняющих веществ), так и с обеспечением энергетической безопасности и конкурентоспособности

национальных экономик. При этом для стран с ограниченными собственными запасами ископаемых топливных ресурсов энергетическая безопасность означает предотвращение зависимости экономики от импорта топлива (например, в настоящее время страны Европейского Союза импортируют около 50 % необходимого им газа, а по экспертным оценкам, к 2030 г. они будут импортировать 84%). Для того чтобы снизить зависимость экономики от импорта топлива при одновременном сокращении эмиссии парниковых газов, многие страны приоритетом своей политики делают переход на возобновляемые источники энергии [1].

Для России, энергетическая безопасность означает обеспечение растущего внутреннего спроса на энергоресурсы за счет более эффективного использования той энергии, что уже производится, а не за счет увеличения добычи топливных ресурсов и строительства новых генерирующих мощностей. Россия занимает третье место в мире по абсолютному показателю совокупного объема энергопотребления (после США и Китая) и при этом среди десяти стран - крупнейших потребителей энергии она отличается самым высоким уровнем энергоемкости: тратит больше энергии на единицу валового внутреннего продукта (ВВП), чем любая из этих стран. Очевидно, что высокий показатель энергоемкости – количества энергии, затраченной на единицу выпуска продукции или выполненных работ – связан с тем, что значительная часть территории России располагается в холодных климатических поясах, ряд населенных пунктов находится в самых холодных районах планеты и в экономике страны преобладает тяжелая промышленность. Однако, по оценкам специалистов, даже если учесть совокупность всех этих факторов, потребление энергии в России все же приблизительно на 20% выше, чем в других странах со сходным уровнем доходов, территорией, климатическими характеристиками и структурой промышленности.

Высокая энергоемкость свидетельствует о неэффективном использовании энергоресурсов, оказывает негативное влияние на экономику России, ее энергетическую безопасность, на окружающую среду.

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 и 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 отсчитываться 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 образованияами.
- 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 будут на основе раздельного 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. 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](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».

## К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Косухин А.М., ст. преп.,  
Перцева А.С., магистрант,  
Данилова Е.С., магистрант

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

В настоящее время особое значение для развития города приобретает формирование комфортной городской среды. Необходимость модернизации и благоустройства городского пространства обусловлена множеством причин. Во-первых, большая часть населения проживает в городах. То есть, можно сказать, что человечество продолжает жить в условиях активной урбанизации. Мегалополисы и крупные города приобретают все большую значимость для жизни людей. Комфортная городская среда, в свою очередь, предопределяет темп развития региона. Во-вторых, формирование комфортной городской среды сегодня является одним из приоритетных направлений деятельности Правительства Российской Федерации [1]. В целях создания условий для системного повышения качества и комфорта городской среды в конце 2016 года на всей территории России под руководством Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ стартовала федеральная программа «Формирование комфортной городской среды», основной целью которой является благоустройство всех населенных пунктов страны с обязательным учетом мнений граждан. При этом в ходе реализации проекта предполагается: вовлечение представителей бизнеса в процесс благоустройства; принятие новых или актуализация действующих правил благоустройства [2].

Однако, если рассматривать формирование комфортной городской среды как один большой проект, содержащий в себе множество пунктов и подпунктов, то можно представить сколько проблем и задач необходимо решить для того, чтобы реализовать каждый пункт этого огромного проекта. В данной сфере имеется множество сложностей и препятствий при достижении целей. Можно выделить некоторые из них:

Если субъекты РФ в принципе не подают заявки, чтобы заполнить средства федеральной субсидии для использования этих средств в целях улучшения и облагораживания городской среды, так же, если субъекты не готовят и не предоставляют проекты для рассмотрения и даже для соревнования среди других субъектов в конкурсе Федерального реестра лучших проектов по облагораживанию территорий.

Из такого поведения субъектов можно выявить, что,

следовательно, проектов по улучшению городской среды для реализации не предвидится, участие в конкурсе Федерального реестра лучших проектов по облагораживанию территорий тоже сразу же отпадает, а также из этого всего следует, что показания субъекта в данной сфере сводятся к минимуму, а то и вовсе не выполняются [3].

Чтобы спасти положение необходимо получить обратную связь от равнодушных к данной сфере субъектов, а именно остро обозначить проблему формирования благоприятной городской среды и донести значимость этой проблемы для общества. Субъекты должны быть заинтересованы в реализации проектов по улучшению городских территорий и это, наверное, единственный выход из данной ситуации, сложившейся негативным образом в конкретно этой сфере. Для этого интерес и инициативность к исправлению ситуации должны проявлять многие: государственные служащие, организации или даже обычные граждане, у которых есть задумки и варианты поэтапного решения этой проблемы, а именно стратегии, планы или подготовленные проекты, которые могут помочь в улучшении сложившейся ситуации и точку к изменениям в данной сфере.

Так же необходимым аспектом для выхода из этой негативной ситуации является подключение средств массовой информации для оглашения проблемы. Это поможет донести людям то, что ситуация исправляется, поможет в поиске инвесторов и организаций, у которых есть на примете подходящие проекты для осуществления цели или, которые эти проекты смогут разработать, так же это привлечет внимание неравнодушных, инициативных и заинтересованных граждан. Выполнение этой цели принесет свои плоды не только в сфере развития и формирования комфортной городской среды, но и увеличит количество рабочих мест, что положительно скажется на экономике.

Отталкивание новых правил или поправок, разработанных и утвержденных в силу развития сферы градостроительства и облагораживания городских территорий, а также благодаря развитию технологий в данной сфере, которые содержатся в федеральных методических документах.

Из чего можно сделать выводы, что правовой основы, благодаря которой создание стратегии развития улучшения городской среды осуществлялось бы с допустимым уровнем ее качества, вовсе нет. Так же из-за этого обязательно имеются большие проблемы у организаций в сфере строительства и развития территорий, так как они не могут осуществить свои проекты, даже при наличии потребности в их осуществлении. Еще стоит отметить, что финансы, выделенные государством для создания проектов, направленных на улучшение и

развитие городской среды, просто теряются.

Отклонение от графиков, которыми определяется процесс восстановления административных сооружений федеральной собственности и их игнорирование.

Из-за это естественно добиться результата ожидаемого уровня становится невозможным, плюс к этому у населения утрачивается вера к государственным служащим, так как на лицо результат игнорирования должного процесса, направленного на улучшение городской территории.

Конечно же это возможно избежать, если не игнорировать существующие графики и выполнять работу вовремя и надлежащего качества. Так же нужно привлечь Росимущество для контролирования всего процесса, отклонений от которого быть, разумеется, не должно. Так же на помощь им могут прийти запрашиваемые поручения от правительства, которые скорее всего окажутся необходимыми.

Создание общественных пространств – одно из наиболее востребованных направлений программы и сферы благоустройства в целом. На приоритетный федеральный проект «Формированию комфортной городской среды» в 2017 году только из федерального бюджета на работу было выделено 25 млрд рублей, а вместе с софинансированием региональных бюджетов сумма составила порядка 42 млрд рублей. Согласно поручению Президента, программа продолжит свою работу до 2027 года. В поручения Президента вошел целый ряд задач, которые должны быть реализованы в рамках приоритетного проекта формирования современной комфортной городской среды. В первую очередь, это предусмотреть необходимое для реализации проекта финансирование на ближайшие годы, а также задачи по совершенствованию законодательства и организационных мер в части благоустройства [4]. Особое значение при реализации программы должно быть уделено поиску новых возможностей развития малых городов и сохранению их исторической ценности, идентичности, самобытной культуры. При этом важное значение уделяется поиску баланса между трансформацией и сохранением.

На финансирование Курской области за 4 года было привлечено почти 755 млн рублей, из которых 485 млн – федеральные средства. Все работы были синхронизированы с фондом капремонта, дизайн-кодом и дорожными программами. Всего в 2022 году благодаря поддержке из федерального бюджета в Курской области преобразилось 235 дворовых и 91 общественных территорий [5].

В целях решения поставленных задач, с учетом накопленного опыта реализации вышеуказанных мероприятий в составе

национального проекта «Жилье и городская среда» был утвержден федеральный проект «Формирование комфортной городской среды». Приоритетный проект предусмотрел софинансирование проектов по благоустройству из федерального бюджета в масштабах всей страны. В его рамках в течение двух лет на всей территории России реализовывались мероприятия по системному повышению качества городской среды. Целью федерального проекта является повышение индекса качества городской среды на 30%, сокращение количества городов с неблагоприятной средой в два раза. Федеральным проектом предусмотрено предоставление субъектам Российской Федерации федеральной субсидии на условиях софинансирования. По информации Минфина России, в 2019-2024 гг. общий объем средств федерального бюджета, выделяемых в рамках федерального проекта, будет составлять 287,8 млрд руб. Всероссийский конкурс лучших проектов создания комфортной городской среды в малых городах и исторических поселениях проводится по поручению Президента России с 2018 г.

Таким образом, городская среда, приобретая индивидуальный образ, должна стать привлекательной площадкой для развития деловой активности и бизнеса, приобрести статус комфортного и безопасного пространства для пребывания различных городских сообществ, а также сформировать городской имидж, отражающий богатые культурные традиции и высокий уровень социального благополучия горожан.

### **Библиографический список**

1. Мусина Н.И. Проблемы урбанизации в контексте формирования комфортной городской среды // Вестн. ун-та. 2019. № 6. С. 27-31.
2. Официальный портал Минстроя России. URL: [http:// www.minstroyrf.ru/press/prioritetnyy-proekt-formirovaniyakomfortnoy-gorodskoy-sredy-poluchit-federalnoefinansirovanie-na-5/](http://www.minstroyrf.ru/press/prioritetnyy-proekt-formirovaniyakomfortnoy-gorodskoy-sredy-poluchit-federalnoefinansirovanie-na-5/) (дата обращения: 22.03.2023).
3. Аюшеев З.Б. Анализ реализации проекта по созданию комфортной городской среды в муниципальном образовании // Столица науки. 2020. Вып. 2(19). С. 76-82.
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 7 марта 2018 г. № 237 «Об утверждении Правил предоставления средств государственной поддержки из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации для поощрения муниципальных образований – победителей Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2018, № 12, ст. 1686; 2019, № 7, ст. 645; 2020, № 5, ст. 548; 2021, № 52, ст. 9153).

5. Государственная программа «Формирование современной городской среды в Курской области» (в редакции постановления от 30.12.2020 № 1440-па).

## **ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ДЕШЕВЫХ МОНОДОБАВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПЛЕКСНЫХ МОДИФИКАТОРОВ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ**

**Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.,  
Косухин А.М., ст. преп.,  
Савелов И.С., аспирант**

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

Химизация современных цементных бетонов различных видов давно и прочно завоевала лидирующее положение в технологии производства бетонных изделий с заданными свойствами. Именно это обуславливает практически стопроцентный выпуск бетона с химическими добавками различного назначения. Как показывает объективная реальность, сложившаяся сегодня на рынке бетона и химических добавок, научный прогресс в технологии бетона, с одной стороны, определил перспективы развития высокопрочных бетонов будущего. А с другой стороны, привел к значительному удорожанию и снижению качества рядовых бетонов и бетонов повышенной прочности, массово применяемых в современном строительстве. Применение добавок кроме достижения технологического эффекта, прежде всего, должно быть экономически целесообразно, то есть должно позволять получать в конечном итоге более дешевый бетон, а не приводить к его удорожанию. Сложность и ресурсозатратность технологий получения большинства эффективных химических добавок, обуславливают их высокую себестоимость и еще большую цену на рынке. В нашей стране номенклатура добавок, предложенных к применению, весьма обширна. Их количество, входящее только в перечень строительного каталога СК-4 «Химические добавки для бетонов и строительных растворов», превышает 80 наименований и постоянно растет [1]. Производство добавок выделилось в самостоятельную и прибыльную отрасль, причем рост номенклатуры добавок сопровождается ростом их стоимости. К сожалению, в связи с тем, что глубокие теоретические и экспериментальные исследования в последние годы практически свернуты, в России и странах СНГ царствует рынок, агрессивно наполняемый импортом [2], появилось

много предприятий и различных фирм, предлагающих добавки для бетонов. В основном это продукция импортного производства. Фирм-производителей добавок для бетонов – единицы. Отечественные позиции удерживают СП С-3 и его модификации, мультикомпонентные добавки серии МБ, добавки системы «Релаксол», их аналог Реламикс и некоторые другие.

Что же касается зарубежных добавок, то результаты многочисленных исследований, проводимых специализированными лабораториями, показывают, что заявленные свойства таких добавок не достигаются на используемых отечественных инертных материалах и цементах. Опыт производителей показывает, что импортные добавки в ряде случаев плохо работают как с отечественными цементами, так и в сочетании с отечественными добавками. Поэтому, при применении смесевых композиций, выбор одного компонента зарубежного производства вынуждает использовать и других добавок того же производителя, в то время, когда имеются более дешевые отечественные аналоги. Это, в свою очередь, в большинстве случаев приводит к значительному удорожанию бетона, вместо получения экономического эффекта. В этой связи актуальной остается задача разработки отечественных доступных и дешевых модификаторов, как для получения современных высокопрочных бетонов, так и для рядовых бетонов переходного периода. Особенно это востребовано в условиях нынешних экономических санкций. В той связи, целью данной работы является обоснование необходимости разработки высокоэффективных дешевых модификаторов для массово производимых рядовых бетонов переходного периода на основе отходов химических производств.

Задача получения высокоэффективных комплексных модификаторов заключается в рациональном использовании особенностей влияния отдельных компонентов добавки на гидратацию цементной системы с целью достижения высоких многофункциональных эффектов. Это положение является основой синергетической эффективности создания комплексных добавок. Целью данной работы являлось выявление особенностей проведения исследований по синтезу дешевых и эффективных монодобавок на основе отходов химических производств, изучение их коллоидно-химических свойств и получение на их основе, с использованием принципов синергетики, доступных высокоэффективных полифункциональных модификаторов (ПФМ) для массово применяемых бетонов, так называемого переходного периода.

Одним из наиболее перспективных направлений дальнейшего развития работ по созданию эффективных модификаторов бетона,

определенных в работе [3], является направленное регулирование свойств бетонной смеси и бетонов введением в их состав модификаторов в виде совмещенного водорастворимого или водоразбавляемого продукта полифункционального назначения на основе органических соединений и электролитов различной природы и механизма действия. Это могут быть смесевые композиции из традиционных добавок в новых отпускных формах или специально синтезированные органические продукты.

Задача получения высокоэффективных комплексных модификаторов заключается в рациональном использовании особенностей влияния отдельных компонентов добавки на гидратацию цементной системы с целью достижения высоких многофункциональных эффектов. Это положение является основой синергетической эффективности создания комплексных добавок.

Первоначально, для осознанного и целенаправленного создания комплексных модификаторов использовали правило аддитивности или правило смесей. С развитием научно-технического прогресса методологической основой получения материалов с заданными свойствами являются принципы синергетики, в соответствии с которыми эффективное управление свойствами материалов и их оптимизация возможны только в условиях самоорганизации структур.

Раскрывая природу механизма действия и совместимость компонентов комплексных модификаторов авторами [4] на 7 Международном конгрессе по химии цемента показано, что при совместном введении двух или более однотипных добавок с одинаковым механизмом их действия эффект ниже аддитивного. При введении комплексных добавок, содержащих компоненты разной природы, с различным механизмом действия, реализуется синергетический эффект, эффект взаимного усиления пластифицирующего действия каждой добавки.

При исследовании эффективности комплексных добавок, состоящих из различных ПАВ, в работе [5] показано, что максимальное увеличение подвижности растворной смеси достигается при введении добавки из двух ПАВ разной поверхностной активности. Механизм действия такого сочетания ПАВ подтверждается авторами [6] и объясняется независимой или конкурентной адсорбцией на границе раздела фаз. Сложный характер структурно-регулирующей функции электролитов в комплексе с СП в реологии цементных систем отмечают также данные работы [7]. Изменение физико-химических свойств ПАВ под действием электролитов, вызванное изменением агрегативной устойчивости ПАВ и изменением формы макромолекул, приводит к изменению их эффективности, что также является одной из причин

проявления эффекта синергизма или антагонизма. С данной точки зрения эффективность комплексных модификаторов определяется характером их адсорбции. Адсорбция полимеров на поверхности твердого тела определяет особенности структуры граничного слоя, что позволяет целенаправленно влиять на реологические свойства высококонцентрированных суспензий, размер агрегатов частиц дисперсной фазы и так далее. Наиболее полное представление развития теории адсорбции полимеров на твердых поверхностях отражено в работе [8].

Важно значение, как для понимания механизма адсорбции, так и для технологических целей, имеет скорость установления адсорбции. Почти всегда стадией, определяющей скорость адсорбции, является диффузия полимеров к поверхности адсорбента или в его поры, для непористых адсорбентов или в случае относительно малых молекул адсорбционное равновесие достигается при перемешивании за несколько минут или даже секунд [9].

Величина адсорбции одного и того же полимера из одних и тех же растворителей изменяется в широких пределах в зависимости от природы адсорбента [10]. При этом может измениться ориентация контактирующих с поверхностью макромолекул. Величина адсорбции, а также структура адсорбционного полимерного слоя в значительной мере определяется характером взаимодействия макромолекул с поверхностью, то есть типом адсорбционной связи. Неионные полимеры могут закрепляться на поверхности за счет действия дисперсионных сил с помощью водородных связей, а также ион-дипольных взаимодействий между потенциалопределяющими ионами поверхности или ионами двойного слоя с дипольными звеньями полимера. В случае адсорбции на заряженной поверхности полиэлектроаминов, особое значение приобретают и силы электростатического взаимодействия. Результаты ряда работ указывают на важную роль молекул воды в образовании адсорбционных связей гидрофильных макромолекул с поверхностью.

Исходя из обширных исследований авторы [11] приходят к заключению, что общей особенностью действия всех рассмотренных пластифицирующих добавок является не только изменение условий кинетики выделения гидратных новообразований в их присутствии, но и изменение контактных взаимодействий между частицами дисперсной фазы, определяющих морфологию и прочность возникающей структуры.

Таким образом, изложенное выше позволяет сделать вывод о том, что применение комплексных добавок при производстве бетонных смесей существенно расширяет возможности регулирования свойств

получаемых бетонов на стадии их структурообразования. Учитывая то обстоятельство, что все явления и процессы от введения добавок происходят на границах раздела фаз, важно чтобы комплексы имели в своем составе компоненты, влияющие на кинетику и характер протекания этих процессов, и были совместимы между собой. Особый интерес при этом, представляют комплексы, компоненты которых при совместном использовании влияют на одновременное изменение агрегативной устойчивости, реологии и других свойств дисперсных систем, приводящие к изменению физико-механических свойств бетонов. Так, изменение поверхностного натяжения на границе раствор-воздух обеспечивает дополнительное воздухововлечение в бетонную смесь, а уменьшение адгезионного натяжения на границе твердое тело-раствор приводит к увеличению гидрофильности поверхности и снижению сил межмолекулярного притяжения между частицами дисперсной фазы.

#### **Библиографический список**

1. СК-4.4.3 Добавки для бетонов и строительных растворов. Выпуск 2. М.: Госстрой, ФГУП ЦПП, 2006. 36 с.
2. Ушеров-Маршак А.В. добавки в бетон: прогресс и проблемы // Строительные материалы. 2006. № 10. С. 8-12.
3. Наноструктурные портландито-алюмосиликатные контактно-конденсационные системы твердения и композиты на их основе / М.П. Степанова, Н.Д. Потамощева, Е.М. Чернышов, Ю.М. Баженов // Вестник МГСУ. 2013. № 2. С.114-122.
4. Баженов Ю.М., Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Исследование механизма действия комплексных добавок / Ю.М. Баженов, В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг и др. // VII Междунар. конгр. по химии цемента. М.: Стройиздат, 1986.
5. Круглицкий Н.Н., Бойко В.Н., Загайчук А.С. Зависимость консистенции растворных смесей от добавок ПАВ / Н.Н. Круглицкий, В.Н. Бойко, А. С. Загайчук и др.// Строительные материалы и конструкции. Киев.1981. №3. С. 34-35.
6. Добролюбов Г.. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Прогнозирование долговечности бетона с добавками. М.: «Стройиздат», 1983. 213 с.
7. Калашников В.И., Макридин Н.И., Иванов И.А. Влияние комплекса «электролит-суперпластификатор» на реологию цементных композиций / Реология бетонных смесей и ее технологические задачи: Тез. докл. V симпоз. // Рига, 1986. С. 88-89.
8. Липатов Ю.С., Сергеева Л.Х. Адсорбция полимеров. Киев: Наукова думка, 1972. 196 с.
9. Баран А.А., Васько Я.Я., Дерягин Ю.В., Кудрявцева Н.М.

Изучение флокуляции гидрофобных зольей водорастворимыми полимерами / А.А. Баран, Я.Я. Васько, Ю.В. Дерягин, Н.М. Кудрявцева // Коллоид. журнал. 1976. Т. 38. №1. С. 3-15.

10. Баран А.А. Полимерсодержащие дисперсные системы. Киев: Наукова думка, 1936. 204 с.

11. Глекель Ф.Л. Физико-механические основы применения добавок к минеральным вяжущим / Физико-химические основы использования ПАВ // Ташкент: ФАН, 1977. С.136.

## **СИНЕРГЕТИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИЕ МОНОДОБАВКИ ДЛЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДИФИКАТОРОВ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ**

**Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.,**

**Косухин А.М., ст. преп.,**

**Савелов И.С., аспирант**

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

Мировая стратегия промышленного развития развитых стран в обозримом будущем базируется на использовании бетона в качестве основного строительного материала. Вся многовековая история зарождения, становления и развития основного конструкционного материала человеческой эпохи выходит на новые количественные и качественные рубежи научно-технического прогресса. Эволюционный характер развития науки о бетоне к концу XX века пережил революционный скачок. Бетонovedение из относительно простой, преимущественно описательной дисциплины становится междисциплинарной наукой [1]. Об этом свидетельствуют многочисленные результаты фундаментальных и прикладных теоретических и экспериментальных исследований, проводимых в последние десятилетия различными научными школами во всем мире. На смену элементарным возможностям традиционных технологий бетонов старого и переходного периодов приходят наукоемкие технологии с возможностью направленного регулирования процессов гидратации и структурообразования цементных систем, с получением бетонов заданных эксплуатационных свойств нового поколения. Благодаря современным научным достижениям наука о бетоне и практика его производства начинают базироваться на применении нанотехнологических подходов – внедрения процессов формирования структуры современных бетонов, предусматривающих их сборку или самосборку по принципу золь-гель технологий «снизу-вверх» при синтезе кристаллов и «сверху-вниз» при механохимической активации

компонентов. Все это есть не что иное, как контролируемое и управляемое воздействие на процессы структурообразования, начиная с нано размерного уровня [2].

Решающая роль в этом вопросе отводится химизации бетона, а именно, разработке и применению химических добавок-модификаторов различной природы, строения и механизмов действия. Установлено, что основные направления модифицирования цементных систем поверхностно-активными веществами определяются характером строения последних и лежат в основе модифицирования бетонных смесей и получения бетонов, заданных строительно-технических параметров [3]. По существу, речь идет о проектировании модификаторов на стадии их производства. Наиболее полное представление о теории и практике модифицирования бетона представлено в работе [4].

Все выше изложенное позволяет сделать вывод о том, что уровень научных разработок современного бетоноведения впечатляющий. Тем не менее, все они пока не нашли широкого применения в практике, а лишь «имеют хорошую перспективу». Существующая сегодня сырьевая, производственная и нормативно-техническая база не готова к выпуску таких бетонов. Речь идет о том, что бетоны классов В12,5-В 40 в общем объеме производимого на сегодняшний день бетона составляют 95-97 % [5], а остальные бетоны классов В40-В90 произведены на опытных, опытно-промышленных установках и стендах это, во-первых. Во-вторых, бетон должен сохранить все преимущества, сделавшие его основным конструкционным материалом строительства, то есть приготавливаться, в основном, из местных ресурсов, в непосредственной близости от стройплощадок с небольшими трудозатратами, как при производстве смесей, так и при бетонировании конструкций. Особенно это актуально сегодня с повсеместным развитием монолитного бетонирования. При этом свойства бетонов должны определяться конкретным назначением и условиями эксплуатации. Так, например, с точки зрения концептов управления сопротивлением бетонов разрушению, авторами [6] предлагается обобщенная система принципов конструирования и синтеза структур бетонов с заданным уровнем сопротивления разрушению, которая в полной мере обозначает необходимые и достаточные условия получения бетонов различного уровня качества.

Как показывает объективная реальность, сложившаяся сегодня на рынке бетона и химических добавок, научный прогресс в технологии бетона, с одной стороны, определил перспективы развития высокопрочных бетонов будущего. А с другой стороны, привел к значительному удорожанию и снижению качества рядовых бетонов и

бетонов повышенной прочности, массово применяемых в современном строительстве. Для бетонов прочностью вплоть до 80 МПа, достижение качества можно добиться различным модифицированием традиционных мелкозернистых и щебеночных бетонов.

Применение добавок кроме достижения технологического эффекта, прежде всего, должно быть экономически целесообразно, то есть должно позволять получать в конечном итоге более дешевый бетон, а не приводить к его удорожанию. Сложность и ресурсозатратность технологий получения большинства эффективных химических добавок, обуславливают их высокую себестоимость и еще большую цену на рынке.

В этой связи, целью данной работы являлось проведение исследований по синтезу дешевых и эффективных монодобавок на основе отходов химических производств, изучение их коллоидно-химических свойств и получение на их основе, с использованием принципов синергетики, доступных высокоэффективных полифункциональных модификаторов (ПФМ) для массово применяемых бетонов, так называемого переходного периода.

Методология. Исследования эффективности полифункциональных модификаторов и монодобавок проводили путем выполнения стандартных исследований по определению коллоидно-химических свойств добавок, физико-механических и технологических свойств модифицированных бетонных смесей и бетонов.

Для исключения влияния протекания процессов гидратации на нестабильность цементно-водной системы в присутствии добавок, использовали модельную меловую суспензию. Для проведения эксперимента использовали разные по природе и строению монодобавки, содержащие в своем составе различные адсорбционно-активные группы: разжижитель С-3, ЛСТ – гидрофильные сульфогруппы –  $SO_3^-$ , СП СБ-3 – гидроксильные группы и их смеси.

Для установления состава и строения олигомерных молекул применяли газожидкостную и жидкостную хроматографию, ультрафиолетовую и инфракрасную спектроскопию, спектроскопию ядерно-магнитного резонанса, кондукто- и потенциометрию. Молекулярный вес синтезированных олигомеров определяли методом криоскопии.

Для выяснения механизма действия модификаторов были применены физико-химические методы исследования. Изучались водные растворы модификаторов, кинетика твердения цементного теста, изменение фазового состава образцов цементного камня с добавками, разовые превращения в модельных системах и клинкерных минералах при гидратации и твердении.

Исследования реологических свойств цементного теста, растворов, а также подбор состава цементного бетона производили в соответствии с методологией, разработанной в НИИЖБ, по применению добавок различного типа в технологии сборного и монолитного бетона [7].

Подвижность модифицированных цементных суспензий определяли с помощью мини-конуса, в соответствии с методикой НИИЖБ Госстроя [8], заключающейся в определении диаметра расплыва цементной суспензии под действием силы тяжести

Исследования реологических параметров суспензий проводили с помощью ротационного вискозиметра «Реотест-2.1». Концентрацию ПФМ (См) рассчитывали в мас. % по сухому веществу от количества дисперсной фазы. В ходе исследований определяли зависимость между значениями сдвигающего напряжения и скоростью сдвига. По полученным результатам строили реологические кривые, по которым определяли предельное напряжение сдвига  $\tau_0$  и пластическую вязкость  $\eta_{пл}$ .

При проведении испытаний в качестве исходного сырья для получения монодобавок использовались отходы различных химических производств: резорцина, пирокатехина, пиролиза углеводородов и ряда других. Из анализа химической технологии получения этих веществ выявлено, что в отходах их производства возможно образование олигомерных соединений различной природы, состава и строения, за счет полимеризационных процессов с кислотным катализатором. Кроме того, содержащийся в отходах остаточный резорцин и пирокатехин сами по себе, по химической природе являются типичными фунгицидами, что может послужить основанием, для придания будущим бетонам стойкости в биологически агрессивных средах. В результате не сложного химического синтеза были получены водорастворимые продукты различного состава и строения, обладающие пластифицирующей способностью и фунгицидным действием. Были изучены коллоидно-химические свойства полученных добавок и свойства бетонных смесей и бетонов на их основе, результаты которых нашли отражение в ряде работ [9-12].

Учитывая известный факт, что при использовании комплексных добавок, содержащих компоненты разной природы, с различным механизмом действия, реализуется синергетический эффект, эффект взаимного усиления пластифицирующего действия каждой добавки, были изучены свойства ПФМ, состоящего из смеси синтезированного резорцинформальдегидного суперпластификатора (СП)СБ-3 и известного СП разжижителя С-3 [10].

В ходе проведения испытаний готовили комплексные добавки с

разной природой гидрофильных групп СП СБ-3+С-3 и СБ-3+ ЛСТ во всем диапазоне концентраций и изучали их совместное влияние на свойства цементных систем. Синергетическую эффективность оценивали по величине пластифицирующей активности, которую определяли по известной методике, диаметру расплыва миниконуса. Результаты испытаний показали, что в определенной области концентраций в комплексных добавках проявляется эффект синергизма – увеличение пластифицирующей активности по сравнению с аддитивным действием добавок. На рис. 1 показана зависимость синергетического эффекта от соотношения индивидуальных компонентов при дозировке, равной 0,2% от массы цемента.

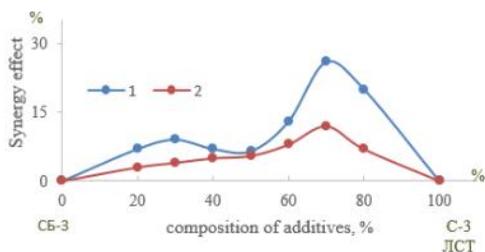


Рис. 1. Влияние состава комплексных добавок на эффект синергизма: 1 – СБ-3+С-3; 2 – СБ+ЛСТ

Относительный синергетический эффект рассчитывали по разнице между экспериментальным значением расплыва миниконуса и значением, рассчитанным по правилу аддитивности и отнесенному к последней величине.

Как видно из рисунка, эффект синергизма проявляется в определенной области концентраций индивидуальных компонентов. Для комплексной добавки СБ-3 + С-3 наблюдается два максимума: один при концентрации СБ-3, равной 30 % и второй, более сильный, при концентрации СБ-3 70 %. Для комплексной добавки СБ-3 + ЛСТ наблюдается один слабо выраженный максимум при концентрации СБ-3, равной 70 %. Это скорее всего связано с тем, что в составе ЛСТ уже имеются разные по природе гидрофильные группы, поэтому эффект синергизма проявляется незначительно. Очевидно, не случайным является тот факт, что наиболее сильно эффект синергизма в обоих случаях проявляется при одинаковой концентрации СБ-3.

Замена сульфогруппы с молекулярной массой 80 на гидроксильную группу с молекулярной массой 16 приводит, при прочих равных условиях, к уменьшению молекулярной массы пластификатора на 30-35%. Это соответствует примерно такому же изменению

пластифицирующей активности СБ-3 по сравнению с С-3, ЛСТ, в молекуле которого имеются различные гидрофильные группы ( $\text{SO}_3^-$ ,  $\text{O}^-$ ,  $\text{COO}^-$ ), по пластифицирующей активности занимает промежуточное положение между СБ-3 и С-3 [10].

Следует также отметить, что для комплексных добавок при оптимальных соотношениях выход расплыва миниконуса на насыщение происходит при более низких концентрациях добавок, т.е. повышается их пластифицирующая активность. В качестве примера на рис. 2 показаны зависимости расплыва миниконуса от дозировки добавок СБ-3, С-3 и комплекса на их основе. Как видно из рисунка, экспериментальная кривая для комплексной добавки идет выше, чем рассчитанная по принципу аддитивности и, кроме того, выход на насыщение наблюдается при несколько меньшей дозировке.

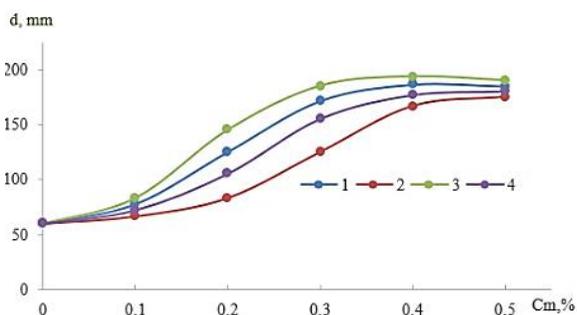


Рис. 2. Влияние дозировки добавок на расплыв миниконуса: 1 – СБ-3; 2 – С-3; 3 – (70% СБ-3 + 30% С-3); 4 – расчетная кривая

Методика миниконуса не позволяет оценить отдельные реологические параметры, хотя расплыв миниконуса и определяется величинами этих параметров. В связи с этим реологические свойства цементных паст изучали также на реовискозиметре с коаксиальными цилиндрами «Реотест-2.1». По полученным данным строили реологические кривые, из которых находились предельное напряжение сдвига и пластическая вязкость.

Все исследованные добавки уменьшают предельное напряжение сдвига до нуля. При этом из индивидуальных добавок наибольшей пластифицирующей активностью обладает СБ-3, так как  $\tau_0$  становится равным нулю при более низкой дозировке. Эффект синергизма для комплексных добавок проявляется в том, что экспериментальные значения  $\tau_0$  меньше рассчитанных по принципу аддитивности, а  $\tau_0$  становится равным нулю при более низких дозировках.

Сравнение данных, полученных из реологических исследований и

по методу миниконуса, показывает, что дозировка добавок, при которой достигается максимальный расплыв миниконуса, коррелирует с дозировкой добавок, при которой предельное напряжение, сдвига становится равным нулю. Это становится понятным, если учесть, что конус расплывается под действием силы тяжести и движение цементного теста будет осуществляться до тех пор, пока сила тяжести на нижний слой цементного теста будет превышать напряжение сдвига цементного теста.

Таким образом, проведенные исследования пластифицирующей способности и активности добавок по методу миниконуса и реовискозиметрии показали, что, во-первых, природа гидрофильных групп оказывает влияние на пластифицирующие свойства добавки, при этом наибольшей пластифицирующей активностью обладает добавка с гидроксильными группами. Во-вторых, при получении комплексных добавок из индивидуальных, содержащих либо сульфо-, либо гидроксильные гидрофильные группы, при определенных соотношениях добавок проявляется значительный эффект синергизма. Это обстоятельство может быть с успехом положено в основу сокращения расходов компонентов ПФМ и значительного снижения стоимости бетонов переходного периода.

#### **Библиографический список**

1. Ушеров-Маршак А.В. Взгляд в будущее бетона // Строительные материалы. 2014. № 3. С. 4-5.
2. Степанова М.П., Потамошнева Н.Д., Чернышов Е.М., Баженов Ю.М. Наноструктурные портландито-алюмосиликатные контактно-конденсационные системы твердения и композиты на их основе / М.П. Степанова, Н.Д. Потамошнева, Е.М. Чернышов, Ю.М. Баженов // Вестник МГСУ. 2013. № 2. С. 114-122.
3. Батраков В.Г. Модификаторы бетона: новые возможности и перспективы // Строительные материалы. 2006. № 10. С. 4-7.
4. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Технопроект, 1998. 768 с.
5. Бетоны переходного и нового поколений: состояние и перспективы / В.И. Калашников, О.В. Тараканов, В.М. Володин, И.В. Ерофеева, Д.А. Абрамов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. С. 151-160.
6. Баженов Ю.М., Чернышов Е.М., Коротких Д.Н. Конструирование структур современных бетонов: определяющие принципы и технологические платформы // Строительные материалы. № 3. 2014. С. 6-14.
7. Рекомендации по оценке эффективности применения добавок в

бетоне. М.: НИИЖБ, 2020. С. 20.

8. Рекомендации по физико-химическому контролю состава и качества суперпластификатора С-3. М.: НИИЖБ, 2020. С. 57.

9. Kosukhin M.M., Kosukhin A.M. The role of surface phenomena in modified cement dispersions at studying polyfunctional modifiers' mechanism of action, in: Solid State Phenomena, Vol 299, Trans Tech Publications, Switzerland, 2020, pp 1038-1043.

10. Косухин М.М. Регулирование свойств бетонных смесей и бетонов комплексными добавками с разными гидрофильными группами: дисс. канд. техн. наук. Воронеж, 1995. С. 173.

11. Kosukhin M.M., Shapovalov N.A., Kosukhin A.M. Colloid-Chemical Bases on Creation of Multifunctional Modifiers of Concrete Mix and Concrete, in: Solid State Phenomena, Vol. 265, Trans Tech Publications, Switzerland, 2017, pp. 331-336.

12. Kosukhin M.M., Kosukhin A.M. The mechanism of action of a polyfunctional modifier made of hydrocarbons production waste in mineral suspensions based on fine-ground cements, in: Solid State Phenomena, Vol. 284, Trans Tech Publications, Switzerland, 2018, pp. 885-892.

## **ОБЗОР ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ТЕОРИЙ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

**Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.,  
Косухин А.М., ст. преп.,  
Ханьжин П.И., инженер,  
Савелов И.С., аспирант**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия,  
ПАО «Сургутнефтегаз», г. Сургут, Россия*

Городская инфраструктура как объект изучения способов и методов повышения энергетической эффективности строительного комплекса зависит во многом от строительного-физических особенностей архитектурного проектирования, планирования и распределения тепловых энергетических ресурсов. Теоретико-методологической и базовой основой градостроительства являются нормативно-правовые акты и строительные нормы архитектурного планирования городской застройки.

Для современных городов свойственна точечная застройка, и поэтому решение проблемы дефицита плотности строительства квадратных метров на каждый метр городской территории может быть

достигнуто такими строительными мерами, как пересмотр категории или изменения назначения зон городской земли. А также неординарными способами, такими как санация в виде капитального ремонта или перестройки, модернизация, реконструкция, перераспределение в сторону увеличения или снижения тепловой нагрузки в результате проведения энергетической санации зданий. Уплотнение застройки с одновременным увеличением тепловой нагрузки за счет подключения дополнительных потребителей из числа существующих зданий или вновь возводимых объектов, уплотнение застройки за счет строительства новых зданий или увеличения этажности, вывода из эксплуатации, консервация и демонтаж избыточных источников тепловой энергии.

Методической основой энергоэффективности в конце XX и начале XXI века стали научные изыскания в вопросах решения проблемы нарастающего спроса на энергоресурсы. Развитие научной доктрины энергетической эффективности строительных объектов постепенно трансформируется и имеет целесообразное обоснование стремления поиска замены углеводородов и исчерпаемых энергетических ресурсов с целью перехода на альтернативные источники энергии. Практически реализация данного научно-методологического подхода к решению проблем преобразования структуры потребления тепловых и энергетических ресурсов вполне осуществима. По данным государственной программы энергосбережения и снижения потребления тепловой и электроэнергии, рассчитанной до 2030 г, общий энергопотенциал сбережения и экономии энергии в России должен увеличиться до 45-50 % от общего объема потребления различных видов энергии.

Современная градостроительная энергосберегающая методология городской точечной застройки ориентируется на развитие новых технологий, внедрение неординарных строительно-физических разработок подачи и переработки тепловой энергии.

Вопросам структурного преобразования энергопотребления посвящены труды известного кибернетика Эшби У.Р., продвинувшего закон необходимого разнообразия в подборе оптимальной структуры системы энергосберегающего управления в городских условиях. Физико-математический смысл данного утверждения в законе сводится к утверждению того, что субъективная цель должна вырабатывать определенный минимум управляющих воздействий, необходимых для обеспечения и поддержания определенного уровня энергии [1, 2].

Система регулирования расхода тепловых и энергетических ресурсов подразумевает понятие эмерджентности, то есть,

высказываясь языком строительной физики, подбор глобального максимального оптимума системы не равен сумме локальных оптимумов подсистем и образующих элементов.

Основной характеристикой эмерджентности является отличие свойств целой системы от свойств составляющих ее элементов. Иными словами, данное утверждение применительно в науке и методологии энергетической эффективности зданий в городских условиях строительства, поскольку невозможно разработать полноценный объем энергосберегающих мероприятий без учета связи потребления различных видов энергии и энергоресурсов.

Таким образом, сформировавшийся к первой половине XXI века научно обоснованный подход к решению проблем энергетической экономии и энергосбережения на основе принципа эмерджентности позволяет достичь цели получения динамического развития синергического эффекта преобразования и трансформирования одного свойства энергии в другой при суммирующем взаимодействии двух и более энергосберегающих факторов путем суммирования результатов от действия каждого энергосберегающего фактора в отдельности в общую формулу синергических связей между элементами системы энергопотребления. Одновременно с этим процессом следует избегать процесса диссинергии, то есть снижения эффективности функционирования системы энергопотребления вследствие сбоя взаимодействия входящих в нее элементов.

Основной кибернетический принцип внешнего дополнения в середине XX века был сформулирован Биром С.Т., суть которого заключается в том, что система энергосберегающего управления нуждается в определенных резервах, с помощью которых происходит компенсация неучтенных воздействий внешней и внутренней среды [3, 4]. Функциональная зависимость надления резервных связей возможностью обеспечения необходимыми регулирующими воздействиями на неблагоприятный ход процесса. С точки зрения законов строительной физики и кибернетики недостоверность системы управления может осуществляться с помощью мероприятий нерегулярных энергетических обследований тепловых пунктов, теплосетей, в частности в случае изменения подачи температуры горячей воды.

Детальный анализ фундаментальных теорий и методов оценки и проектирования энергетической эффективности зданий и сооружений городской инфраструктуры показал, что решение вопросов применения параметров энергоэффективности следует рассматривать с позиции комплекса научных дисциплин, таких как строительная физика,

кибернетика, архитектура, инженерно-конструкционное проектирование и многих других смежных научных догм.

Также условием успешного системой управления энергоэффективности является кибернетический принцип обязательности обратной связи, которая обеспечивает формирование управляющего воздействия в аспекте отклонений и получении негативных результатов от цели управления [1, 5].

Принцип обратной связи направлен на своевременное регулирование информационного потока о реальном состоянии строительного объекта.

Именно с данной точки зрения осуществляется паспортизация энергетической эффективности зданий, строительных объектов любого назначения и геометрической формы. В данной связи наглядно действует кибернетический закон, гласящий о том, что в основе любой системы управления находится выбор при условии выполнения информационного обеспечения процесса.

Основа системы энергетического управления также нуждается в выполнении основного кибернетического закона выбора решения, сводящего суть принимаемого решения к выбору конкретного варианта или пути решения проблемы.

Таким образом, для выполнения законов строительной физики и кибернетики необходимо полноценное формирование системы энергосберегающего управления, свойственного городским условиям застройки, для зданий любой типологии и конструктивной схеме размещения инженерно-коммуникационных систем.

Постепенно теоретическая методология оценки и проектирования энергетической эффективности зданий и сооружений городской инфраструктуры освоила принципы программного автоматизированного управления контроля, учета за расходом и поступлением тепловой и электроэнергии.

Успешным решением современного глобального подхода к проблеме острого дефицита энергоресурсов является программное обеспечение в виде ArchiPhisik.

В частности, программное обеспечение ArchiPhisik имеет возможность адаптировать модуль «Энергоэффективность» к любым зданиям, включая сложную геометрию и конфигурацию. Данный модуль читает исходные данные в формате .ifc, и затем обрабатывает спецификации архитектурной модели из программного обеспечения BIM в формате .txt. При этом имеется возможность создавать препроцессор для подготовки и передачи данных моделей, затем выгружать спецификации в текстовом формате по системе зарубежных

стандартов LEED или BREEAM для использования в модуле «Энергоэффективность» из программ Autodesk Revit, Architectural Desktop, Building Systems, ArchiCAD, AutoCAD, Kompas, Energy Plus и др.

Данный пример является наглядным случаем получения комплексной оценки теплозащитной характеристики с моделированием температурных полей ограждающих конструкций здания, применения усовершенствованной технологии компьютеризированного проектирования систем энергетической эффективности зданий городской инфраструктуры.

Автоматизированная система управления потребления энергоресурсов опирается на алгоритм информационной модели, предназначенной для загрузки-выгрузки, расчета внешних и внутренних геометрических характеристик здания, определения типологии помещений и параметров температурного режима. Затем в визуализированном 3D-режиме с учетом имеющихся и расчетных моделируется тепловой контур и нормативные параметры здания. Расчетные параметры включают:

- расчет ограждающих конструкций с моделированием температурных полей с определением уровня теплозащиты здания;
- распределение потерь по видам фрагментов и теплотехнических неоднородностей;
- сопоставление данных на соответствие выполнения строительно-монтажных и санитарно-гигиенических требований;
- анализ параметров защиты конструкций от переувлажнения и на невыпадение конденсата;
- расчет теплоусвоения полов, удельной теплозащитной характеристики здания, удельной вентиляционной характеристики здания, удельной характеристики бытовых теплопоступлений здания, удельной характеристики теплопоступлений в здание от солнечной радиации;
- на основе имеющихся данных от приборов учета графическое отображение кривой удельной характеристики удельного и общего расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания с определением общих теплопотерь за отопительный период;
- моделирование систем отопления, кондиционирования, освещения, вентиляции;
- сводный анализ комплексной оценки теплозащитной характеристики здания с расчетными показателями возможности моделирования температурных полей ограждающих конструкций здания, кровли, перекрытий и других конструктивных и инженерных элементов

здания;

- составление по общему шаблону энергетического паспорта.

В автоматизированной системе управления энергетической эффективности здания ArchiPhisik задействовано более 50 статических, динамических, нормативно-правовых справочников нормативной документации, реализованных в БД SQL [6, 7].

Следует отметить, что применение виртуализированной и специально смоделированной функциональной конфигурации системы автоматизации учета за расходом и поступлением тепловой энергии не только на примере ArchiPhisik, но и других современных программных средств, позволяет адаптировать ручной и компьютеризированный процесс обработки сложных строительных и архитектурных решений.

На основе вышеизложенного теоретического осмысления понятийной системы энергетической эффективности зданий городской инфраструктуры представляется возможным сформулировать следующие краткие выводы.

Прежде всего, энергетическая эффективность здания как система целенаправленного управления, должна строиться на отслеживании всех происходящих изменений и обеспечении необходимых условий для протекания стабильного жизненного цикла с учетом основных положений кибернетики, архитектурно-инженерного проектирования и строительной теплофизики. Поэтому необходимо подразделять понятия «энергоэффективное здание» и «энергоэффективность здания» как строительно-теплофизические категории.

Энергоэффективность как категория, характеризующая основные проблемы и строительные недочеты возведенного здания, в современной научной доктрине трактуется на уровне динамических показателей жизнеспособности и устойчивости к различным внешним и внутренним факторам, влияющим на состояние строительного здания. Согласно строительно-нормативной документации энергетическая эффективность зданий как свойство объекта и его инженерных систем направлена на обеспечение заданного уровня расхода тепловой энергии для поддержания оптимальных параметров микроклимата помещений. Кроме того, к понятию «энергетическая эффективность здания» применено классификационное дифференцированное отнесение здания к тому или иному классу. Данная мера распределения параметров энергетической эффективности позволяет применять соответствующие методики теплоконтроля и учета всей энергии, получаемой извне и вырабатываемой самим зданием.

Основным оценочным фактором состояния энергетического баланса здания является этап жизненного цикла и уровень

энергосбережения. Основными архитектурно-строительными способами видоизменения общего облика и перераспределения тепловых потоков и энергоресурсов являются комплексная энергетическая санация в виде капитального ремонта с реализацией энергетически обязательных мероприятий, а также модернизация, реконструкция, реновация и точечная перестройка в городских условиях строительства. Для решения проблем тепло- и энергопотребления зданий городской инфраструктуры должен разрабатываться комплекс локальных и зонально-территориальных энергосберегающих мероприятий по осуществлению методологии энергетически эффективной реконструкции городской застройки в условиях острого дефицита подходящей территории.

### **Библиографический список**

1. Менеджмент процессов / Под ред. Й. Беккера, Л. Вилкова, В. Таратухина, М. Кугелера, М. Роземанна / Пер. с нем. М.: Эксмо, 2007. С. 384.
2. Организационно-экономическое моделирование процесса проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий. Грант РГНФ: целевой конкурс поддержки молодых ученых № 11-32-00360а2: отчет о НИР № госрегистрации 01201169487 / Опарина Л.А. Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2012. С. 36.
3. Опарина Л.А. Результаты расчета энергоемкости жизненного цикла здания // Жилищное строительство. 2013. № 11. С. 50-52.
4. Опарина Л.А. Системный подход к организации жизненного цикла энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. 2014. № 8. С. 12-15.
5. Положение по организации капитального ремонта жилых зданий в г. Москве: МГСН 301.01-96. Введ. 1.04.1996. М.: ГУП «НИАЦ» № 1996.
6. Кузина О.В. Разработка организационно-экономического механизма снижения энергоемкости строительного сектора экономики: дис. канд. экон. наук: 08.00.05 / Кузина Ольга Викторовна. М.: 2011. С. 137.
7. Табунщиков Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности здания (2-е издание, исправленное и дополненное): электронная книга / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродяч. М.: АВОК-ПРЕСС, 2012. С. 204.

## **ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ РЕМОНТОВ ОБЩЕГО ИМУЩЕСТВА МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ**

**Матвеева И.В., канд. техн. наук, доц.,  
Карпов Э.Н., магистрант,  
Кислякова Т.А., магистрант**  
*Тамбовский государственный технический  
университет, г. Тамбов, Россия*

Периодически проводимые нами, по заданию Фонда капитального ремонта Тамбовской области, выборочные исследования технического состояния многоквартирных домов города Тамбова указывают на неуклонный рост физического износа несущих и ограждающих конструкций, являющихся общим имуществом в доме [1]. Причиной роста является преждевременный износ, связанный с несвоевременным и некачественным проведением ремонтных работ. Такое состояние в области проведения ремонтных работ во многом определяется общими нерешенными проблемами экономического и социального характера, а также существующими проблемами в организации технической эксплуатации приватизированных жилых зданий. Имеющийся опыт технической эксплуатации приватизированного жилищного фонда указывает на существенные недостатки в области организации и выполнения ремонтных работ в многоквартирных жилых домах [2]. По этой причине исследования, связанные с анализом имеющихся форм организации и проведения капитальных ремонтов многоквартирных домов приватизированного жилищного фонда, являются важными задачами, решение которых необходимо на данной стадии развития жилищно-коммунального хозяйства.

Принятые в последние годы в России изменения в нормативно-правовой базе и внедряемые в соответствии с ними механизмы организации, финансирования и проведения капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов являются для данного временного этапа весьма своевременными. Однако существующая практика их применения указывает на ряд сложностей различного характера, которые препятствуют или будут препятствовать в дальнейшем развитию выстраиваемой системы.

Учитывая важность стоящих перед жилищно-коммунальным хозяйством задач в области капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов и исходя из опыта применения в течение 6 лет после принятия в 2012 г. редакции Жилищного кодекса Российской Федерации (ЖК РФ), в которой наиболее подробно прописана система

капитального ремонта многоквартирных домов, Минстроем России в августе 2019 г. была проведена специальная конференция. На конференции присутствовали представители региональных операторов фондов капитального ремонта из 40 субъектов страны, а также представители Минстроя России, ФАС и региональных властей. На конференции были озвучены проблемы, которые, по мнению участников, не позволяют решать задачи по капитальному ремонту многоквартирных домов с приватизированным жильем. К ним относятся:

- отсутствие надежного планирования капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов в регионах страны;
- неправильная организация капитального ремонта, не отвечающая требованиям ЖК РФ по срокам выполнения работ;
- наличие большого количества нарушений при проведении закупок в рамках капитального ремонта многоквартирных домов;
- дефицит квалифицированных подрядчиков, способных производить качественный ремонт в многоквартирных домах;
- отсутствие электронных технологий в области организации, проведения и контроля выполняемых ремонтных работ;
- отсутствие активного участия собственников помещений в процессе реализации капитального ремонта и контроля производимых работ.

Перечисленные участниками конференции проблемы в основном касаются ненадлежащего использования положений и требований, действующего ЖК РФ. Большинство из указанных проблем могут быть решены путем более жесткого контроля со стороны федеральной власти и властей регионов за неукоснительным выполнением положений и требований действующего ЖК РФ и принятых на его основе региональных законов.

Однако, кроме перечисленных выше частных вопросов, существующий опыт применения созданной нормативно-правовой базы в области капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов и разработанных для ее реализации механизмов указывает на ряд проблем общего характера, препятствующих эффективному проведению капитальных ремонтов и дальнейшему развитию нормативной базы и способов реализации существующей системы организации, финансирования и выполнения капитальных ремонтов. Ниже перечислены такие проблемы, имеющие общий характер для страны в целом и для ее отдельных регионов, в том числе и для Тамбовской области:

– ограниченность и нечеткость понятия «общее имущество многоквартирных домов», что достаточно часто приводит к разногласиям при определении видов и объемов капитального ремонта на конкретных объектах;

– несоответствие собираемых с населения средств на проведение капитальных ремонтов общего имущества многоквартирных домов их реальным объемам, необходимым для своевременного и качественного проведения ремонтов;

– отсутствие надлежащей системы мониторинга технического состояния многоквартирных жилых домов и, в соответствии с этим, отсутствие обоснованного выбора объектов для капитального ремонта, вносимых в региональную программу капитальных ремонтов;

– отсутствие четкого разграничения между видами и объемами текущих и капитальных ремонтов, приводящие к нецелевому использованию средств, отдельно собираемых с собственников жилья на текущие и капитальные ремонты;

– отсутствие четкого представления о том, в каких случаях должны проводиться выборочные или комплексные капитальные ремонты;

– отсутствие необходимых механизмов обеспечения требуемой энергоэффективности многоквартирных домов в процессе капитальных ремонтов;

– отсутствие необходимого уровня компетентности и ответственности управляющих организаций за техническое состояние многоквартирных домов, энергетическую эффективность, качественное и своевременное обследование зданий и проведение текущих и капитальных ремонтов;

– отсутствие необходимых эффективных механизмов, способствующих повышению уровня участия собственников жилья, в контроле выполняемых в их домах работ по капитальному ремонту;

– отсутствие четкой политики в вопросах кадрового обеспечения в области управления, содержания жилищного фонда и проведения ремонтных работ.

Преодоление указанных проблем на федеральном и региональном уровнях позволит повысить эффективность существующих в регионах системы капитального ремонта, что, в свою очередь, будет способствовать снижению затрат государства и населения на эксплуатацию жилищного фонда и сокращения его выбытия за счет снижения роста ветхого и аварийного жилья и, следовательно, повышения для населения доступности жилья [3]. При этом следует

иметь ввиду, что проведение своевременного и качественного капитального ремонта зданий, в том числе и с учетом повышения его энергоэффективности и снижения жилищным фондом ресурсопотребления, не может быть выполнено только за счет собственников жилья. В этом процессе более активное участие должно принимать и государство, которое в наибольшей степени заинтересовано в сокращении расходов ресурсов на содержание жилищного фонда страны [4, 5].

### **Библиографический список**

1. Серегин С.И. Оценка возможности сохранения жилых зданий г. Тамбова, имеющих статус недвижимых объектов культурного наследия / С. И. Серегин, А. А. Крюкова, В. И. Леденев // Актуальные проблемы городского строительства: Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции, Пенза, 26–27 февраля 2020 года / Под редакцией А.В. Гречишкина. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2020. – С. 79-84.

2. Чернышов Л.Н. Капитальный ремонт многоквартирных домов: Проблемы, формирования и направления развития / Л.Н. Чернышов, С.А. Астафьев, В.П. Вакулина // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2015. Т.25, №1. С 85-94.

3. Карпов Э.Н. Эффективная организация технической эксплуатации многоквартирных жилых зданий как фактор повышения доступности жилья / Э.Н.Карпов, А.В.Крюков, Г.В.Зеленин // Современная наука: теория, методология, практика. Материалы IV Всероссийской национальной научно-практической конференции. 2022. С. 74-79.

4. Жоголева О.А. Проблемы обеспечения необходимого уровня энергосбережения в зданиях эксплуатируемого жилищного фонда / О.А.Жоголева, Э.Н.Карпов // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт. Материалы IX-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика РААСН Чернышова Е.М.. 2022. С. 325-327.

5. Мищенко В.Я. Зарубежный и российский опыт проведения капитального ремонта жилищного фонда с учетом энергоэффективных мероприятий / В.Я. Мищенко, Е.П. Горбанева, К.С. Севрюкова // Научный журнал строительства и архитектуры. 2020. №1(45). С.28-41.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА

**Силюк Р.А., магистрант,  
Назаренко Е.И., канд. техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Водопроводная сеть города – один из основных элементов системы водоснабжения. Система водоснабжения принадлежит к классу транспортных восстанавливаемых систем жизнеобеспечения городов и сельских поселений длительного пользования, которые представляют собой сложные разветвления трубопроводных систем, предназначенных для подачи поверхностных или подземных вод потребителям в необходимом объеме и с гарантированным напором [1].

В настоящее время, важнейшими показателями оказания качественных услуг ЖКХ в сфере водоснабжения являются: обеспечение бесперебойного и качественного водоснабжения; повышение энергетической эффективности путем экономного потребления воды; обеспечение развития централизованных систем холодного водоснабжения путем модернизации, инженерно-технической оптимизации, а также развития более эффективных форм управления этими системами.

Совокупность указанных показателей ставит задачу определения оптимальных параметров работы используемого оборудования, подбор рациональных эксплуатационных и экономических параметров с расчетом нормативного напора воды в системе, учитывающих изменчивый рельеф местности.

Есть несколько методов достижения высокого уровня вышеуказанных показателей:

- метод зонного водоснабжения – заключается в делении системы водоснабжения на отдельные зоны, с таким расчетом, чтобы в каждой зоне напор не превышал нормативно допустимый;

- цифровизация и автоматизированный мониторинг – централизованное диспетчерское управление и сбор данных о работе объектов водоснабжения;

- автоматизация систем водоснабжения – установка преобразователей давления, задвижек с электроприводом, расходомеров с импульсным выходом, частотных преобразователей и т.д.;

- анализ материально-технического состояния существующих инженерных сетей водоснабжения и оборудования.

Для достижения эксплуатационной надежности системы водоснабжения города в данной статье более подробно рассмотрим метод зонного деления.

При проектировании систем водоснабжения в городах и жилых микрорайонах выполняются расчеты, направленные на определение необходимых расходов и напоров в сети, а также производится выбор оптимального варианта трассы и диаметров водоводов для обеспечения бесперебойного снабжения водой всех потребителей. Но при проектировании приходится сталкиваться с проблемой, связанной в значительной разности отметок поверхности территории, а также в разности требуемых напоров. В таких случаях приходится прибегать к методу зонирования системы водоснабжения.

Территория, снабжаемая водой, имеющая значительные разности отметок на местности, приводит к тому, что в нижних точках наблюдается повышенное давление воды, которое значительно превышает допустимые [2]. Данная проблема приводит к повышенному износу труб, а также поломке сантехнического оборудования населения.

Применение зонного метода водоснабжения может быть обусловлено как техническими, так и экономическими параметрами. Ведь он позволяет не только снизить свободный напор в трубопроводах, но и снизить количество энергии, которая затрачивается на подъем воды потребителям, находящихся на значительных топографических отметках в пределах обслуживаемой водопроводной территории.

Согласно требованиям действующих нормативных документов на проектируемой территории необходимо выполнить комплекс работ в следующем составе и объеме:

- осуществление сбора исходных данных по системе водоснабжения исследуемой местности;
- осуществление планово-высотной геодезической привязки контрольных точек системы водоснабжения территории;
- составление общей схемы сетей и сооружений системы водоснабжения;
- выполнение гидравлического расчета;
- согласование оптимального варианта системы водоснабжения.

Выбор оптимального варианта водоснабжения проектируемой территории зависит от трех ключевых факторов – это разность свободных напоров, необходимых разным потребителям, значительный перепад геодезических отметок, а также существенная протяженность охватываемой водопроводной территории. Основываясь на этих данных выбирают метод зональной схемы: последовательный или

параллельный.

При последовательном зонировании (рис. 1) общая водопроводная сеть объекта делится на две последовательно соединенные сети. Разделение зон находится в точке наибольшего напора сети, при этом напор в нижней зоне не должен превышать допустимый.

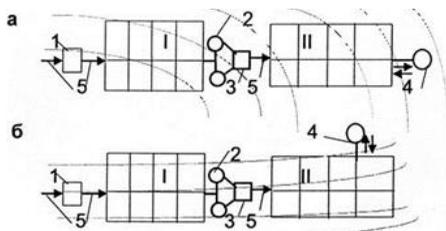


Рис. 1. Схемы последовательного зонирования: а – вертикальная; б – горизонтальная; 1 – насосная станция зоны I; 2 – резервуары; 3 – насосная станция зоны II; 4 – водонапорная башня зоны II; 5 – водоводы

Водоснабжение обеих зон осуществляется главной насосной станцией, которая обеспечивает давление в сети, требуемое для подъема воды до границы между зонами. В этом месте строится насосная станция второго подъема (НС-II), которая транспортирует необходимое количество воды из нижней зоны под расчетным давлением, которое создает отдельная группа насосов, в сеть верхней зоны [3].

Таким образом, расход верхней зоны подается транзитом через сеть нижней зоны.

При параллельном зонировании (рис. 2) деление на верхнюю и нижнюю зоны остается прежним, только в данной системе вода в каждую зону транспортируется отдельным трубопроводом. В данной системе в главной насосной станции устанавливаются две группы насосов, разной производительности, для перекачки воды в каждую из зон [4]. Насосы, подающие воду в нижнюю зону значительно слабее по мощности, чем насосы верхней зоны, которым нужно поднять воду на значительно большую геометрическую высоту. Таким образом, зоны работают параллельно.

Каждая зональная система водоснабжения имеет свои плюсы и минусы.

Главный недостаток последовательного зонирования заключается в строительстве дополнительной насосной станции для каждой последующей зоны, что отрицательно сказывается на итоговой смете строительства и последующей эксплуатации всех станций. При этом надежность данной системы ниже, чем параллельного зонирования,

поскольку при порыве на сети придется отключать от водоснабжения все вышерасположенные зоны.

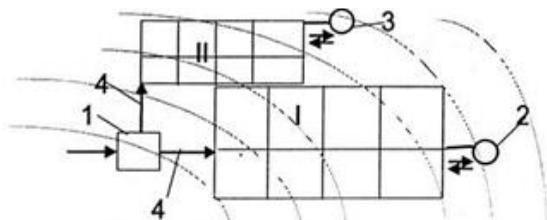


Рис. 2. Схема параллельного зонирования: 1 – насосная станция; 2 – водонапорная башня зоны I; 3 – водонапорная башня зоны II; 4 – водоводы

Недостатками параллельного зонирования заключается в строительстве дополнительных водоводов, которые также увеличивают стоимость строительства. Но при этом достоинствами данной системы является простота и меньшая стоимость эксплуатации, а также более высокая надежность системы, связанная с подачей воды в каждую зону независимой веткой [5].

Общая стоимость строительства зонированной системы для любого объекта будет всегда больше, чем незонированной. Выбор той или иной системы зонирования зависит от формы территории города, расположения водопотребителей, величины и характера изменения геодезических отметок снабжения водой территории, а также от технических и экономических соображений.

По техническим соображениям выбор зонирования определяется в обеспечении требуемых напоров в водопроводной сети [6].

По экономическим соображениям главным является выбор наиболее выгодной системы зонирования, при которой сметная стоимость строительства и дальнейшая эксплуатация системы окажется наименьшей, при условии соблюдения допустимых напоров в сети.

При выборе параллельной или последовательной зонной системы опираясь на строительную стоимость и эксплуатационные затраты на транспортировку воды можно рекомендовать:

- при вытянутой вдоль горизонталей форме территории – параллельную систему;
- при застройке, вытянутой в направлении, перпендикулярном горизонталям – последовательное зонирование.

Применение зонной системы водоснабжения необходимо в случаях, когда отдельные точки, снабжаемой водой территории, имеют

значительную разность отметок. При использовании данного метода достигается снижение количества аварийных ситуаций на сети, благодаря снижению напора в трубопроводе до нормативных показателей.

### **Библиографический список**

1. Правила технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест / МЖК РСФСР, гл. упр. Водопроводно-канализ. хоз-ва, НИИ КВОВ АКХ им. К. Д. Памфилова. М.: Стройиздат, 1979. 192 с.
2. Забродин Ю.Н., Курочкин В.В., Шапиро В.Д. Строительство магистральных трубопроводов. Технологии, организация, управление. М.: Изд-во Омега-Л, 2012. 1008 с.
3. СП 31.13330.2021 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения СНиП 2.04.02-84\*
4. Абрамов Н.Н. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды. - М.: Стройиздат, 1980. -287 с.
5. Белан А.Е., Хоружий П.Д. Проектирование и расчет устройств водоснабжения. Изд-во: «Высшая школа», 2012. – 271 с.
6. Башкатов А.В., Козлюк А.Г. Оптимизация давления воды в системе водоснабжения. Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 296-300

### **МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ВЫБОРА ПРОЕКТОВ ПРИ МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**Сироткин В.А., канд. экон. наук, доц.,  
Давыдов И.И., магистрант**

*Уральский федеральный университет  
им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия*

Малоэтажное строительства на сегодняшний день является одним из важных направлений политики государства в сфере жилья. Оно является одним из главных инструментов для улучшения жилищных условий населения, решения проблемы устаревания и, как следствие, аварийного жилья. Развитие населенных пунктов из индивидуальных малоэтажных зданий дополнительно решает проблему крупного скопления населения в городах. По сравнению с городской застройкой, загородные дома обладают преимуществами, такими, как экономичность строительства, экологичность материалов, более низкая

цена инженерных сетей и инфраструктуры [1].

При динамичном развитии малоэтажного строительства возникает множество различных проблем. Одной из ключевых проблем является оптимальный выбор проекта дома для будущих жильцов. Истоками этой проблемы является множество факторов: резкое изменение цен на строительные материалы и строительно-монтажные работы, вызванные, различными мировыми событиями и другие.

Для строительных компаний дополнительной сложностью является определение типов проектов, подходящих для элитных коттеджных поселков, так и более экономичных вариантов домов для сельской местности.

Такая проблема появляется из-за отсутствия четких границ между жильем разных классов. К жилью элитного класса относят дома в коттеджных поселках, включающие в себя огороженную и охраняемую территорию, единый архитектурный стиль и месторасположением около водоема, озера или леса. Бизнес жилье чаще всего приобретают люди, имеющие работу в черте города. В таком случае возрастает важность доступа к транспортной инфраструктуре. Низкая стоимость жилья эконом-класса обусловлено экономией на параметрах, таких как: большая удаленность от города и дорог, дешевые материалы и простая инфраструктура инженерных сетей [2].

Проанализировав строительные компании Екатеринбурга, специализирующихся на строительстве малоэтажных домов, были определены наиболее распространенные проекты домов. Это кирпичные дома, из газоблока, из бруса, и каркасные из ОСП плит.

Кирпичные дома отличаются прочностью и долговечностью материалов. Недостатками являются высокая стоимость кирпича, высокий его вес, требующий фундаменты глубокого заложения, необходимость дополнительного утепления, длительность возведения по сравнению с другими вариантами.

Преимуществами дома из газоблоков будет теплоизоляционные характеристики, позволяющие уменьшить энергозатраты, экологичность и легкость в обработке при возведении стен, прочность блоков с низким весом, высокая степень теплоизоляции, огнестойкость и морозостойкость, геометрические размеры, устойчивость к бактериологическому и грибному заражению [3]. Недостатком является необходимость использования паропроницаемых материалов для защиты от влаги.

Дом из бруса обладает преимуществами быстрой сборки по сравнению с другими вариантами, эстетически привлекательным

внешним видом и возможностью возведения в любое время года, что немаловажно для малозаселенных территорий. Основными недостатками дома из бруса является пожароопасность, появление трещин, обработка, трудность перепланировки.

Каркасные дома из структурных изолированных панелей (СИП) обладают низкими затратами на возведение конструкций, высоким сохранением тепла, стойкостью к влаге, благодаря защитным пропиткам, и легкостью отделки. Недостатками являются низкие звукоизоляционные свойства, повышенные требования к геометрической точности при возведении конструкций при строительстве.

Факторами для сравнения проектов малоэтажных зданий будут: фундамент, наружные стены, кровля, утепление для здания, отделочные работы, прочие работы.

Фундамент является основой каждого здания. Фундамент передает нагрузку от конструкций на грунты основания, помогает сохранять геометрию здания и предотвращает возникновение осадки [4].

Стены выполняют функцию несущих ограждающих конструкций. Дополнительно наружные стены должны соответствовать необходимыми прочностью, устойчивостью, жесткостью и другим [5].

Кровля является верхним элементом здания, защищающим внутренние помещения от дождя, снега и талой воды. Она удерживает теплый воздух здания внутри помещений в зимнее время, а в теплое время защищает от ультрафиолетового излучения.

Утепление применяется для сохранения теплого воздуха в зимнее время и для комфортного микроклимата в летнее. Утепление защищает стены от возникновения в них конденсата, имеет экологичный состав, долговечность.

Отделочные работы имеют одну из важных ролей при строительстве здания. Они являются завершающей технологической стадией возведения зданий, характеризующиеся повышенной трудоемкостью [6]. Отделочные работы повышают архитектурно-эстетическую и защитно-эксплуатационное качество дома.

К прочим работам будут отнесены работы по монтажу инженерного оборудования, включающие в себя системы кондиционирования, отопления, водоснабжения и водоотведения, установку воздухоочистителей, молниеотводов. Данные работы обеспечивают функционирования дома после строительства во время его эксплуатации.

Использование метода анализа иерархии для выбора проектов

малоэтажного строительства. Главная задача исследования состоит в выборе оптимального проекта дома с точки зрения основных факторов, таких как: стоимость фундамента, наружных стен и т.д. Чтобы решить такую задачу, необходимо использовать подходящий для этого метод. Таким методом будет метод анализа иерархии. Этот метод позволяет не только составлять оценку с учетом взаимосвязи факторов, но и сравнить разные варианты между собой на основе критериев [7].

Критериями, по которым будут сравниваться проекты, будут являться стоимость строительства: фундамента (A1), наружных стен (A2), кровли (A3), утепления для здания (A4), отделочных работ (A5) и прочих работы (A6).

Для сопоставления между собой критериев, необходимо составить для них матрицу парных сравнений. Полученная матрица приведена в табл. 1.

*Таблица 1*

**Матрица парных сравнений критериев**

Критерии	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	1,00	2,18	0,64	1,36	1,27	2,82
A2	0,46	1,00	0,29	0,63	0,58	1,29
A3	1,57	3,43	1,00	2,14	2,00	4,43
A4	0,73	1,60	0,47	1,00	0,93	2,07
A5	0,79	1,71	0,50	1,07	1,00	2,21
A6	0,35	0,77	0,23	0,48	0,45	1,00

Далее требуется сравнить все варианты домов по каждому критерию. Проекты будут обозначаться следующим образом: кирпичный дом (A), дом из газоблоков (B), дом из бруса (C); каркасный дом из плит ОСП (D). В результате будет построены матрицы парных сравнений по каждому критерию. Матрицы сравнений критериев показаны в табл. 2-7.

*Таблица 2*

**Сравнение проектов по критерию стоимости фундамента**

	A	B	C	D
A	1,00	0,47	0,16	0,41
B	2,15	1,00	0,33	0,88
C	6,45	3,00	1,00	2,64
D	2,44	1,14	0,38	1,00

Таблица 3

**Сравнение проектов по критерию стоимости наружных стен**

	A	B	C	D
A	1,00	0,77	0,53	0,77
B	1,30	1,00	0,70	1,00
C	1,87	1,43	1,00	1,43
D	1,30	1,00	0,70	1,00

Таблица 4

**Сравнение проектов по критерию стоимости кровли**

	A	B	C	D
A	1,00	0,35	0,70	0,85
B	2,87	1,00	2,00	2,44
C	1,43	0,50	1,00	1,22
D	1,17	0,41	0,82	1,00

Таблица 5

**Сравнение проектов по критерию стоимости утепления**

	A	B	C	D
A	1,00	0,87	0,47	0,81
B	1,15	1,00	0,53	0,93
C	2,15	1,88	1,00	1,74
D	1,23	1,08	0,57	1,00

Таблица 6

**Сравнение проектов по критерию стоимости отделочных работ**

	A	B	C	D
A	1,00	0,93	0,40	0,27
B	1,08	1,00	0,43	0,29
C	2,48	2,31	1,00	0,68
D	3,66	3,41	1,48	1,00

Таблица 7

**Сравнение проектов по критерию стоимости прочих работ**

	A	B	C	D
A	1,00	0,65	0,55	0,34
B	1,53	1,00	0,84	0,51
C	1,81	1,18	1,00	0,61
D	2,98	1,95	1,65	1,00

В процессе построения матриц рассчитываются локальные приоритеты для каждого элемента. Приоритеты определяются следующим образом: рассчитывается среднее геометрическое для каждого элемента матрицы, потом эта величина делится на общую сумму всех элементов. Итоги расчетов приоритетов приведены в табл. 8.

Таблица 8

**Расчет приоритетов проектов**

	1	2	3	4	5	6
A	0,08	0,18	0,15	0,18	0,12	0,14
B	0,18	0,24	0,44	0,21	0,13	0,21
C	0,54	0,34	0,22	0,39	0,30	0,25
D	0,20	0,24	0,18	0,22	0,45	0,41

Для получения глобального приоритета вычисляют функции полезности для каждого проекта в виде суммы производных для всех критериев. Данные функции позволят сравнить проекты между собой, так как наибольшая величина функции будет соответствовать лучшему варианту, а наименьшая – худшему. Итоги расчетов представлены в табл. 9.

Таблица 9

**Функции полезности проектов**

Название проекта	Значение функции полезности
Кирпичный дом	0,140
Дом из газоблока	0,268
Дом из бруса	0,336
Дом из панелей СИП	0,256

В результате сравнения результатов из табл. 9 был получен следующий вывод: наибольшей функцией полезности обладает проект дома из бруса, наименьшим обладает проект дома из кирпича.

*Обоснование результатов расчета и выводы.* В процессе исследования все проекты домов были расположены в соответствии с их величиной функции полезности. Лучшим вариантом на основе шести критериев является проект дома из бруса, а худшим оказался дом из кирпича. На основании вышесказанного, для коттеджных поселков рекомендуются дома из кирпича и газобетонных блоков, так как такие дома будут долговечными, энергоэффективными и прочными. Для домов из сельской местности подходящими вариантами будут дома из бруса и СИП плит. Данные варианты домов являются быстровозводимыми, при их строительстве используются экономичные материалы от местных предприятий, что благополучно скажется не только на скорости застройки территории, но и на доступность наибольшему слою населения.

**Библиографический список**

1. Шнейдерман И.М. Развитие малоэтажного жилья и его роль в повышении качества жизни населения / И.М. Шнейдерман. – Текст :

электронный // cyberleninka.ru : [сайт]. – 2020. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitiie-maloetazhnogo-zhilya-i-ego-rol-v-povyshenii-kachestva-zhizni-naseleniya> (дата обращения 15.02.2023).

2. Ивакин Е.К., Вагин А.В. Классификация объектов малоэтажного строительства / Е.К. Ивакин, А.В. Вагин. // cyberleninka.ru : [сайт]. – 2012. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-obektov-maloetazhnogo-stroitelstva> (дата обращения 15.02.2023).

3. Особенности применения газобетонных блоков в Тюменской области / О.А. Коркишко, А.Н. Коркишко. – Текст : электронный // cyberleninka.ru : [сайт]. – 2020. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-primeneniya-gazobetonnyh-blokov-v-tyumenskoj-oblasti> (дата обращения 15.02.2023).

4. Ерин Д.А. Поиск универсального фундамента под малоэтажные здания исходя из типа заложения. / Д.А. Ерин. – Текст : электронный // cyberleninka.ru : [сайт]. – 2020. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poisk-universalnogo-fundamenta-pod-maloetazhnye-zdaniya-ishodya-iz-tipa-zalozheniya> (дата обращения 15.02.2023).

5. Клюков Д.М. Обзор современных материалов и конструктивных типов несущих ограждающих конструкций, применяемых при строительстве малоэтажных домов. / Д.М. Клюков – Текст : электронный // cyberleninka.ru : [сайт]. – 2016. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-sovremennyh-materialov-i-konstruktivnyh-tipov-nesuschih-ograzhdayuschih-konstruktsiy-primenyaemyh-pri-stroitelstve> (дата обращения 15.02.2023).

6. Опанасюк, И.Л. Резервы повышения эффективности производства отделочных работ при возведении жилых и общественных зданий / И. Л. Опанасюк, Л. Г. Опанасюк, И. А. Реутский и др. – Текст : электронный // cyberleninka.ru : [сайт]. – 2013. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezervy-povysheniya-effektivnosti-proizvodstva-otdelochnyh-rabot-pri-vozvedenii-zhilyh-i-obschestvennyh-zdaniy> (дата обращения 15.02.2023).

7. Картвелишвили В.М., Лебедюк Э.А. Метод анализа иерархии: критерии и практика / В.М. Картвелишвили, Э.А. Лебедюк. – Текст : электронный // cyberleninka.ru : [сайт]. – 2013. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-analiza-ierarhiy-kriterii-i-praktika> (дата обращения 15.02.2023).

## К ВОПРОСУ ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ОСВОЕНИЯ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Старченко К.М., аспирант,  
Чернышева Н.В., д-р техн. наук, проф.  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Регион Крайнего Севера России обладает значительным экономическим потенциалом благодаря богатым природным ресурсам, обеспечивающим значительные экономические возможности [1–3]:

– Российский Арктический регион, по оценкам, содержит около 90 миллиардов баррелей нефти и 47,3 триллионов кубических метров природного газа. Крупные месторождения нефти и газа расположены на полуострове Ямал, в Карском и Баренцевом морях;

– Крайний Север России богат такими полезными ископаемыми, как никель, медь, железная руда, золото и алмазы. Рудник «Норильский никель» в российской Арктике – один из крупнейших никелевых рудников в мире;

– Тайга – Бореальные леса Крайнего Севера России, содержащие большое количество древесины, в том числе ели, сосны и пихты. Лесная промышленность является важным источником занятости и экономической активности во многих северных общинах;

– Рыба и морепродукты: Северный Ледовитый океан и окружающие моря являются домом для разнообразных видов рыбы и морепродуктов, в том числе трески, сельди и королевского краба. Коммерческое рыболовство и аквакультура являются важными отраслями во многих северных общинах;

– На данной территории находится самое большое и глубокое пресноводное озеро в мире – озеро Байкал и одна из самых длинных рек в России – река Обь. Пресная вода является жизненно важным ресурсом как для потребления человеком, так и для промышленного использования.

– Наиболее значимые существующие инфраструктурные центры Крайнего Севера (рис. 1) [5]:

– Мурманск – самый большой город в мире к северу от Полярного круга, расположенный на Кольском полуострове;

– Норильск – один из самых северных городов мира с населением более 100 000 человек, расположенный в сибирском регионе России;

– Воркута – это шахтерский городок, который расположен в Республике Коми;

– Тикси – небольшой портовый город на берегу моря Лаптевых (Республика Саха);

– Диксон – один из самых изолированных и суровых

климатических городов мира, расположенный на острове в Карском море;

– Анадырь – самый восточный город России, расположенный на побережье Берингова моря (в Чукотском автономном округе).

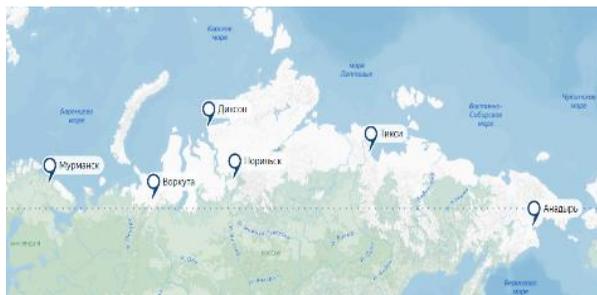


Рис. 1. Центральные города в Арктической зоне РФ [5]

Развитие Крайнего Севера России является приоритетом для правительства России, однако суровый климат и труднопроходимая местность создают значительные логистические и инфраструктурные проблемы. Для решения этих проблем российское правительство реализовало несколько стратегий развития [1–5], в том числе: вложение средств в развитие транспортной инфраструктуры, включая новые аэропорты, морские порты и дороги, для улучшения сообщения внутри региона и с другими частями России; развитие не сырьевых отраслей, таких как производство и технологии, и др.; вложение средств в проекты социального развития, включая жилье, здравоохранение и образование, для повышения уровня жизни и привлечения в регион квалифицированных кадров, с сохранением культурного наследия и устойчивого развития проживающих коренных народов. Развитие арктического региона может создать новые экономические возможности и улучшить связь между Россией и другими странами.

Но, наряду с многими возможностями, стоит важная проблема, связанная с изменением климата в Арктике, где температура повышается в два раза быстрее, чем в среднем по миру. Это привело к таянию вечной мерзлоты, что может повредить эксплуатируемые здания и инфраструктуру.

Мерзлые породы грунтов распространены в северо-восточных территориях Российской Федерации (рис. ), и при этом составляют около 11 млн. км<sup>2</sup>, или 2/3 земель всего государства. Постепенное вытаивание подземного льда и проседание грунтов создают вызовы для строительства в этих районах [6].



Рис. 2. Зоны вечной мерзлоты на территориях РФ [6]

В условиях вечной мерзлоты, строительство объектов представляет собой набор обстоятельств, связанных, прежде всего, с риском растепления многолетнемерзлых грунтов из-за изменения климата (увеличивающейся среднегодовой температуры воздуха). Для строительства требуется возведение конструкций, способных выдержать эти изменения [7]. При этом, от механического и температурного воздействия, основание начинает терять собственную несущую способность, что приводит к потере интегральной жесткости системы «грунт-здание» (рис. 33, *а*). Кроме того, конструкции постоянно подвергаются коррозии в условиях перепада температур (рис. 33, *б, в*), из-за чего теряют несущую способность. Это негативно сказывается на обслуживании зданий, так как появляются трещины, в том числе не допустимых значений, и, как следствие – риск обрушения (рис. 33, *з*) [8].

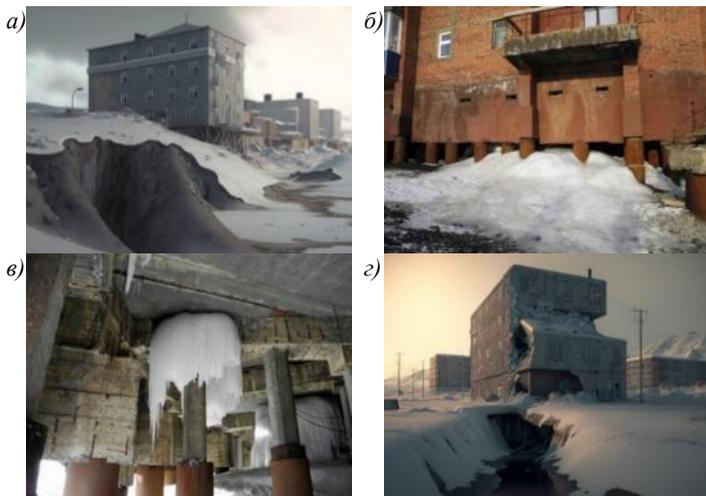


Рис. 3. Протаивание грунтового основания с негативным воздействием на фундаменты: *а* – неустойчивость системы «грунт-здание»; *б* – повреждение цоколя, *в* – изменение температурного режима в подвальном этаже; *з* – частичное разрушение здания [8]

Например, ПАО «ГМК «Норильский Никель» [9] представило в «Сколково» собственную корпоративную систему мониторинга зданий и сооружений на одном из самых суровых районах вечной мерзлоты, на полуострове Таймыр. Она состоит приблизительно из 1200 датчиков, данные от которых поступают в онлайн-режиме на специализированную платформу, которая эти данные обрабатывает, анализирует и собирает в отчеты (рис. 4). К окончанию этой программы, в 2025 г, в Арктике и Сибири будет 140 станций мониторинга мерзлоты.



Рис. 4. Система мониторинга ПАО «ГМК «Норильский Никель»:  
*а* – диспетчерская Центра мониторинга зданий и сооружений, *б* – установка датчиков под одним из зданий [9]

По данным проводимых исследований [10], на примере жилого многоквартирного дома, построенного в условиях вечномерзлых грунтов, здание относится к категории технического состояния «ограниченно-работоспособное», из-за относительной осадки, превышающей допустимую величину по ГОСТ Р 53778-2010.

Стоит задача недопущения подобных факторов, влияющих на устойчивость здания и вероятность его обрушения. В связи с этим, необходима оптимизация проектных решений фундаментов, причем для типологии всех видов строительства зданий.

В заключении следует отметить, что арктические зоны Российской Федерации обладают огромным потенциалом экономического, научного и стратегического развития. Однако суровые климатические условия требуют определенного подхода к развитию этого региона. Это включает в себя не только инвестиции в инфраструктуру, технологии и человеческие ресурсы, но и отслеживание изменений климатических факторов, влияющих на устойчивость объектов капитального строительства.

### **Библиографический список**

1. Указ Президента РФ от 05 марта 2020 г. № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период

до 2035 года» // СЗ РФ. – 2020. – № 10. – Ст. 1317.

2. Постановление РФ от 16 ноября 2021 г. № 1946 «Об утверждении перечня районов Крайнего Севера и местностей, приравненных к районам Крайнего Севера, в целях предоставления государственных гарантий и компенсаций для лиц, работающих и проживающих в этих районах и местностях, признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и признании не действующими на территории Российской Федерации некоторых актов Совета Министров СССР» // СЗ РФ. – 2021. – № 47. – Ст. 7853.

3. Горошко, Н.В. К вопросу о "северной" стратегии России: освоение или заселение / Н. В. Горошко, С. В. Пацала // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2020. – № 52. – С. 88-103. – DOI 10.17223/19988648/52/6.

4. Кондратов, Н.А. Стратегии зарубежных государств по освоению Крайнего Севера и Арктики: географический анализ / Н. А. Кондратов // Географический вестник. – 2020. – № 4(55). – С. 97-109. – DOI 10.17072/2079-7877-2020-4-96-109.

5. Библиотека практик развития и благоустройства среды Арктических поселений : Карта проектов : [Сайт]. – URL : <https://arctic-library.ru/map-projects/> (дата обращения: 24.03.2023).

6. Норникель : Карта вечной мерзлоты : [Сайт]. – URL : <https://www.nornickel.com/sustainability/climate-change/permafrost/> (дата обращения: 24.03.2023).

7. Старченко, К.М. Актуальность модернизации бетонной смеси для свайных фундаментов, применяемых в арктических зонах российской федерации / К. М. Старченко, Н. В. Чернышева // VI Международная научно-практическая конференция «Качество. Технологии. Инновации», 15-17 февраля – Новосибирск, 2023. – С. 90-95.

8. Таймырский телеграф : Термостабилизацию оснований трех жилых домов Норильска удалось выполнить в этом году : [Сайт]. – URL : <https://www.ttelegraf.ru/news/termostabilizacziyu-osnovanij-treh-zhilyh-domov-norilaska-udalos-vypolnit-v-etom-godu/> (дата обращения: 24.03.2023).

9. Таймырский телеграф : «Норникель» представил в «Сколково» систему мониторинга зданий и сооружений году : [Сайт]. – URL : <https://www.ttelegraf.ru/news/nornikel-predstavil-v-skolkovo-sistemu-monitoringa-zdanij-i-sooruzhenij/> (дата обращения: 24.03.2023).

10. Нигметов, Т.Г. Оценка возможных рисков для жителей многоэтажного жилого здания в условиях неустойчивых грунтов вечной мерзлоты / Т. Г. Нигметов // Технологии гражданской безопасности. – 2021. – Т. 18. – № S. – С. 199-202. – DOI 10.54234/CST.19968493.2021.18.S.27.199.

11. Разумова, А.А. Определение уровня качества свай железобетонных / А. А. Разумова, К. В. Жегера // Внедрение результатов инновационных разработок: проблемы и перспективы : сборник статей Международной научно-практической конференции, Волгоград, 12 января 2022 года. Том Часть 1. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2022. – С. 128-135.

## **АНАЛИЗ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

**Шарапов О.Н., ст. преп,  
Рябухина И.Е., магистрант,  
Скачкова Ю.В., магистрант,  
Лемешко А.С., магистрант**

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

Реформирование жилищно-коммунального хозяйства обусловило необходимость рационального использования энергетических ресурсов. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» предписывает снизить энергоёмкость валового внутреннего продукта Российской Федерации не менее чем на 40 % в период с 2007 по 2020 гг. [1].

Государственная программа по энергосбережению и повышению энергетической эффективности подтверждает значимость этого начинания. В течение десяти лет (с 2011 по 2020 гг.) на реализацию региональных программ в связи с этим проектом будет выделено 58,8 млрд руб. в виде субсидий. В период с 2011 по 2014 гг. из федерального бюджета было выделено 22,67 млрд руб.

Сфера жилищно-коммунального хозяйства обладает большим потенциалом для энергосбережения.

В случае дефицита бюджета необходимо обеспечить внебюджетные источники дохода для реализации мер по энергосбережению, основанное на самокупаемости вложенных средств.

Способом решения данной проблемы может являться система энергосервисных договоров, возможность заключения которых предусмотрена с 2009 года. Но в силу несовершенства нормативной базы должного распространения этот механизм не получил. Главным ограничением является необходимость заключения энергосервисного договора каждым собственником помещений в многоквартирном доме. Законопроект, устраняющий данное положение, готовится Правительством РФ. Количество заключенных договоров

энергосервиса составило всего 489 на предприятиях сферы ЖКХ и 1094 энергосервисных контрактов в многоквартирных домах [2].

Фонд содействия реформированию ЖКХ начал финансирование экспериментальных проектов в 2010 г. с целью строительства энергоэффективных домов взамен аварийного жилищного фонда. При разработке каждого энергоэффективного дома эксперты изучали, сколько времени потребуется, чтобы окупить все дополнительные затраты, связанные с ними, по сравнению с обычными домами.

При этом в расчет брали технологии, которые были внедрены в каждом конкретном доме [3].

Себестоимость строительства энергосберегающего жилья зависит от эффекта масштаба. Чем больше построено энергоэффективных жилищ, тем меньше их стоимость. Поскольку местная потребность в таком оборудовании ограничивает его изготовление отечественными производителями, это, соответственно, увеличивает стоимость. Если будет построено большее количество энергоэффективных домов, это приведет к необходимости крупномасштабного производства необходимого оборудования, что должно привести к реальному снижению цены и, следовательно, стоимости создания энергоэффективных домов. Применяемые технические решения оказывают значительное влияние на себестоимость строительства.

В целях достижения повышения энергоэффективности Правительство РФ с 2018 г. внесло изменения в ряд законов на основании постановления № 275 от 7.03.2017 г. «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам установления первоочередных требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений». Эти требования по энергосбережению были установлены с целью снижения энергопотребления в зданиях, строениях и сооружениях.

- оснащение строящихся домов интеллектуальными системами освещения и отопления;

- подогрев воды для бытовых нужд непосредственно в доме, а не в котельных или на центральных тепловых пунктах (ЦТП);

- устранение посредников между потребителями и поставщиками, обеспечение быстрого получения поставщиками оплаты за оказанные услуги и направление этих денег на инициативы по повышению энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве [4].

Главная тенденция учета электроэнергии в ЖКХ ненадежна из-за того, что показания снимаются в разное время. Это приводит к приблизительной оценке потерь электроэнергии от распределительного щита дома до квартир, а также потребления электроэнергии на общие

нужды.

Основные энергосберегающие мероприятия в сфере ЖКХ, которые на данный момент проводят в РФ, представлены на рис. 1.



Рис. 1. Основные энергосберегающие мероприятия в сфере ЖКХ [4]

Внедрение систем дистанционного снятия показаний позволит измерять потребление электроэнергии одновременно, что даст возможность оперативно принимать меры по снижению потерь электроэнергии и предотвращению несправедливых обвинений в адрес жильцов многоквартирных домов. Основная проблема, связанная с интеллектуальным учетом электроэнергии, заключается в том, как окупить затраты на установку, не создавая неудобств для жильцов.

Вторым шагом к повышению энергоэффективности в сфере ЖКХ должна стать интеграция множества «умных домов» в единое цифровое пространство, как когда-то управление системами разного назначения объединялось в границах одного здания.

Поэтому идеальной моделью энергосбережения в жилищном и коммунальном хозяйстве является контроль за состоянием инженерных коммуникаций в зданиях, учет расхода ресурсов, управление уличным освещением, сортировкой мусора, контролем безопасности, работой парковок и т.д. При этом анализ и защита массивных данных могут быть реализованы за счет использования модульной архитектуры ЦОД, не требующей больших капиталовложений и обладающей хорошей автономностью, и масштабируемостью.

Внедрение строгого учета энергоресурсов для высокотехнологичных квартир позволит устранить многие проблемы, связанные с человеческим фактором в жилищно-коммунальном

хозяйстве. Это позволит точно определить реальную стоимость ЖКХ, а энергоснабжающие организации будут знать и иметь дело с конкретными стойкими неплательщиками напрямую, а не распределять убытки по серьезным потребителям. Кроме того, подключение к счетчику является двунаправленным, поэтому нарушители могут дистанционно отключить подачу электроэнергии или ограничить ее потребление.

Таким образом, повышению энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве способствуют следующие энергосберегающие мероприятия:

1. Интеллектуальный учет энергоресурсов, то есть удаленный мониторинг состояния инженерной связи всех пользователей одновременно.

2. Снизить влияние человеческого фактора, связанного с недобросовестными нарушениями со стороны граждан (например, перемотка счетчиков и представление искаженных показаний счетчиков или неоплата предъявленных счетов).

3. Устранение посредников между гражданами и ресурсоснабжающими организациями, позволяющее своевременно получать оплату за оказанные услуги и направлять финансирование на реализацию программ энергосбережения жилищно-коммунального хозяйства.

Стоимость энергоэффективного дома во многом зависит от используемых технических решений. [5].

Можно выделить следующие наиболее удачные проекты по строительству энергоэффективных домов в РФ:

- строительство энергоэффективного квартала из пяти домов в городе Бийск Алтайского края;
- строительство энергоэффективного дома в городе Собинка Владимирской области.

Данные проекты характеризуются следующими показателями табл. 1. В рамках пилотного проекта в городе Бийск Алтайский построен энергоэффективный квартал, который характеризуется снижением затрат на строительство на 30% по сравнению с индивидуальными энергоэффективными домами, применением экологически чистых строительных материалов и оборудования, снижение энергопотребления и использование альтернативных источников энергии. Сокращение выбросов углекислого газа, контроль экологических показателей и показателей комфортности проживания [6].

Таблица 2

**Характеристики энергосберегающих проектов**

Показатели	г. Бийск	г. Собинка
Экономия затрат от мероприятий по энергосбережению от общего ее потребления в аналогичном доме	До 55%	До 40%
Основные виды энергоэффективного оборудования	Газопоршневая электростанция, тепловые насосы – шт., солнечные коллекторы, солнечные батареи, приточно вытяжные установки с рекуперацией тепла УВРК-50	Солнечный коллектор, солнечные батареи, тепловые насосы
Экономия затрат на оплату жилого помещения и коммунальных услуг в энергоэффективном доме относительно обычного многоквартирного дома в расчете на 1 м <sup>2</sup>	До 55%	До 40%

При анализе опыта строительства энергоэффективных домов в Российской Федерации можно выделить некоторые ключевые проблемы:

- отсутствие опыта обращения с энергосберегающим оборудованием;

При проверке и приемке установленного оборудования параметры оборудования должны быть проверены четко по проекту. Для снижения риска повреждения оборудования необходимо обучение и правила работы сотрудников дома и обслуживания жильцов с энергосберегающим оборудованием, а также следить за тем, чтобы оборудование не повреждалось в процессе эксплуатации.

- Отсутствие сертифицированных строительных материалов, необходимых для проектов в некоторых областях.

Необходимость в транспортировке увеличивает продолжительность и стоимость строительных работ, поэтому необходимо наладить производство необходимых материалов в каждом регионе.

По оценке правительства РФ, если энергосберегающие мероприятия достигнут 10 % эффекта после периода окупаемости, бюджеты всех уровней могут ежегодно экономить около 22,9 млрд долларов США на субсидиях на воду и электроэнергию рубль. В настоящее время 38 млн россиян получают жилищно-коммунальные субсидии на общую сумму 327 млрд руб [7].

### **Библиографический список**

1. Шарапов О.Н., Козлюк А.Г. Новации инженерных систем зданий // В сборнике: Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов. 2012. С. 171-179.
2. Косухин М.М., Шарапов О.Н. Комплексные системы обеспечения безопасности зданий и сооружений: учеб.пособие / М.М. Косухин, О.Н. Шарапов. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. - 248с.
3. Шарапов О.Н., Шугаева М.А. Энергосбережение и повышение энергоэффективности в образовательных учреждениях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 43-45.
4. Шарапов О.Н., Шугаева М.А., Долженков Д.Ю. Энергосбережение и повышение энергоэффективности в образовательных учреждениях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 43-45.
5. Косухин М. М., Шарапов О. Н., Богачева М. А., Косухин А. М.. Вопросы энергосбережения в условиях устойчивого функционирования, модернизации и развития жилищного фонда // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2016. - №10. - С. 51-44.
6. Постановление 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». Доступ из справ. правовой системы «Консультант Плюс».
7. Официальный сайт Фонда содействия реформирования ЖКХ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fondgkh.ru/>

### **ОБСЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ С ПОМОЩЬЮ ДЕТОНАЦИОННОЙ ВОЛНЫ**

**Юнусалиев Э.М., канд. техн. наук, доц.,  
Абдуллаев И.Н., канд. техн. наук, проф.**  
*Ферганский политехнический институт, г.Фергана, Узбекистан*

В соответствии с [1-3], в качестве предварительного метода подхода к определению парасейсмических воздействий, можно применять их характеристики аналогичные характеристикам реальных землетрясений, вызываемые различными видами деятельности человека.

Источники парасейсмических воздействий классифицируются следующим образом:

- подземные и надземные взрывы;
- подземные толчки от действующих (также недействующих) шахт;
- надземные взрывы (например, карьерные разработки);
- надземные толчки и удары (например, при забивании свай);
- вибрации, вызываемые движением транспорта и передаваемые через землю к зданиям (от шоссе и железных дорог, метро);
- другие источники, такие как работа промышленных предприятий, механизмов, оборудования и т.п.

В связи с этим, к парасейсмическим силам нами предлагается отнести и энергию детонационной волны, способную оказывать воздействие на конструкции зданий и сооружений (КЗиС). Влияние детонационной волны на КЗиС на протяжении многих лет изучалось нами с помощью разработанного газодетонационного агрегата дающего возможность вызывать искусственные колебания грунта [8].

В продолжение рабочей гипотезы, изложенной в [4], о том, что детонационная волна, вызываемая газодетонационным агрегатом, описанном в [5], создает искусственные колебания грунта, которые можно приравнять к парасейсмическим воздействиям. Исходя из выдвинутой гипотезы поставлена цель: с помощью искусственных колебаний грунта исследовать несущие конструкции зданий на сейсмостойкость и разработать повседневно доступную научно-практическую методику целесообразного и экономичного проведения технического обследования конструкций, эксплуатируемых зданий для проектировщиков, строителей и коммунальных служб, что чрезвычайно актуально в период реновационных процессов, протекающих в Узбекистане. Для достижения поставленной цели намечены следующие задачи:

- выбрать методику проведения исследований;
- выбрать и сгруппировать объекты исследования по сейсмическому районированию, грунтовым условиям, конструктивным решениям, примененным материалам;
- произвести привязку разработанного ранее в ФерПИ газодинамического аппарата к проводимым исследованиям с выбором наиболее оптимального состава горючего (или смеси), дающего возможность регулирования частоты и силы колебаний;
- разработать схему проведения экспериментов;
- разработать методику и средства дающие возможность экспресс изучения технического состояния несущих конструкций зданий.

С учетом изложенного для экспериментов выбраны 3 типа зданий, отличающиеся между собой конструктивно (рис. 1):

- 2х, 3х и 4х этажные кирпичные жилые дома (рис. 1, а);
- 4х, 5ти и 9ти этажные крупнопанельные жилые дома (рис. 1, б);
- 5ти этажное каркасное учебное здание с сеткой колонн 6×6 м (рис. 1, в);

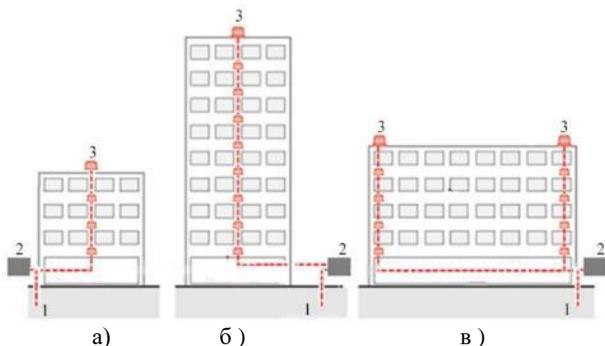


Рис. 1. Схемы расположения газодинамического агрегата и датчиков сейсмометрического контроля: 1 – детонатор; 2 – газодинамический агрегат; 3 – датчики.

На рис. 7 представлены сверхчувствительные датчики сейсмометрического контроля, использованные для наблюдений [4]:



Рис. 2. Датчики сейсмометрического контроля: а - пьезокерамический малогабаритный сейсмодатчик СД-2Э; б - датчик удара малогабаритный ДУМ-14К; в – датчик линейного ускорения ДЛУ-1Э

– пьезокерамический малогабаритный сейсмодатчик СД-2Э (рис. 2, а). Представляет собой пылевлагозащитный корпус, в котором находятся чувствительные пьезокерамические датчики и электронные системы предварительной обработки сигнала. Выходной сигнал – аналоговый, допускающий как обычную нагрузку, так и витую пару по каждой координате. Устанавливается на несущих конструкциях зданий при системах мониторинга;

– датчик удара малогабаритный ДУМ-14К применяется: в качестве

первичных преобразователей в сейсмо- и виброизмерительных системах и комплексах; в качестве датчика порогового уровня колебаний основания здания (рис. 2, б);

– датчик линейного ускорения ДЛУ-1Э предназначен для преобразования ускорений, действующих вдоль измерительной оси в пропорциональный электрический сигнал; для наблюдений за детонациями и вибрациями (рис. 2, в) [7].

Предлагаемый метод – это есть специализированный сейсмический мониторинг, в рамках которого выполняются непрерывные наблюдения за конструкциями зданий и сооружений, в целях обеспечения безопасности и предупреждения возможных негативных последствий.

Методы проверки и средства обеспечения сейсмостойкости строительных конструкций опираются на накопленный многовековой фактический материал по последствиям сильных землетрясений и опыт их предотвращения или хотя бы минимизации, максимального снижения угрозы сейсмических потрясений для жизни людей, продуктов их деятельности и окружающей среды. Расчетное определение сейсмостойкости конструкций зданий и сооружений является обязательным этапом при проектировании новых видов или модификаций существующих конструкций оборудования в сейсмостойком строительстве.

Действующими строительными нормами и правилами определяется подход по обеспечению сейсмостойкого исполнения конструкций по уровню ответственности. Так к нормальным и ответственным объектам предъявляются следующие требования: конструкция должна выдержать сейсмические нагрузки одного максимального землетрясения и нескольких проектных землетрясений, при этом жизнедеятельность конструкции не должна быть нарушена.

Непрерывный сейсмометрический контроль зданий и сооружений призван определять текущие сейсмические нагрузки на конструкции и сравнивать их со значениями, заложенными при проектировании. Даже при относительно слабых сейсмических воздействиях могут появляться визуально неидентифицируемые дефекты, которые могут привести к разрушению конструкции. Наличие таких дефектов приводит к изменению формы спектра реакции сооружения, что позволяет обнаружить их на ранних стадиях развития.

Для выполнения работ на объектах предполагается развертывание современной системы сейсмометрического контроля, обеспечивающая

безопасность объектам жизнедеятельности, экономическую целесообразность и полное соответствие строительным нормам и правилам Республики Узбекистан.

Настоящая работа обеспечивает: защиту жизни и здоровья населения и сведение к минимуму последствий от сейсмических воздействий на здания; учет сейсмогеологической обстановки; защиту населения при чрезвычайных ситуациях, связанных с сейсмической и техногенной активностью; эксплуатацию зданий и сооружений в сейсмически активных регионах; развитие технологий сейсмостойкого строительства.

### **Библиографический список**

1. ИСО 3010, Основы расчета конструкций – Сейсмические воздействия на конструкции. Издание второе – 01.12.2001г.
2. ИСО 3898, Основы расчета конструкций - Системы обозначений - Общие обозначения.
3. ИСО 8930, Общие принципы обеспечения надежности конструкций - Перечень эквивалентных терминов.
4. Tojiev R.Zh., Yunusaliev E.M., Abdullaev I.N. The Amerikan Ways To Study The Impact Of Ground Vibrations From Exhlosions On The Stability Of Buildings And Struktures. The Amerikan Journal Of Interdisciplinary Innovations And Research. Vol.2 Issue 11, 2020.
5. Tojiev R., Yunusaliev E., Abdullaev I. Comparability of estimates of the impact of gunpowder and gas – dynamic explosions on the stability of buildings and structures. E3S Web of Conferences 264, 02044 (2021)/ CONMECHYDRO-2021
6. Sagdiev Kh., Yunusaliev E.M. Investigation of the impact of seismic explosive waves on structures and soil environments in mountainous areas. "Machinalar mekanikasining hozirgi zamon muammolari" khorizhlik olimlar ishtirokidagi republic ilmiy-technician conference maruzalari teplami, Toshkent-2004, 7-8 October, 280-283 st.
7. Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР. М.: Наука, 1974, 242с.
8. Сагдиев Х., Юнусалиев Э. Оценка сейсмического эффекта промышленных взрывов, производимых в сложных горно-геологических условиях. Узбекский журнал «Проблемы механики», 2006г., №3, с.29-34.

# НАПРАВЛЕНИЕ 6 КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

## МОНИТОРИНГ КОРРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Захарова М.Ю., магистрант,  
Долженко А.В., ст. преп.**

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

Проведение обследований строительных конструкций зданий и сооружений показывает, что большинство конструкций подвержены возникновению коррозии. Коррозионный процесс составляет от 20 до 75 % в зданиях и сооружениях различного назначения [1].

Коррозия представляет собой разрушение материалов строительных конструкций под воздействием окружающей среды, данное разрушение сопровождается следующими воздействиями материалов с окружающей средой:

- химическими;
- физико-химическими;
- электрохимическими.

В зависимости от характера коррозионного процесса различают следующие виды коррозии:

1. Химическая коррозия, при возникновении которой появляются необратимые изменения материала, происходит окисление;

2. Электрохимическая коррозия, которая возникает в металлоконструкциях в результате взаимодействия с окружающей средой, агрессивными грунтами и т.д., приводит к разрушению [2].

Полная классификация видов коррозии представлена на рис. 1.

Результатом воздействия агрессивной окружающей среды на строительные конструкции может стать:

- коррозия конструкций;
- преждевременный износ конструкций;
- разрушение и гниение конструкций.

Ключевым негативным последствием данных явлений выступает именно снижение несущей способности конструкций зданий и сооружений.



Рис. 1. Виды коррозии

Вопросы, касающиеся коррозионных процессов, достаточно актуальны в настоящее время. Развитие монолитного высотного строительства, высокая степень изношенности основных фондов требуют разработки системы экспертной оценки состояния конструкций, выявления причин разрушения, прогноза остаточного ресурса, то есть необходим постоянный мониторинг состояния строительных конструкций с учетом коррозионных повреждений.

Мониторинг включает в себя сбор и обработку информации, обследование строительного объекта, по результатам которого принимается решение о проведении комплекса мер по улучшению ситуации (в случае необходимости).

Коррозионный мониторинг позволяет прогнозировать развитие коррозионных процессов и их последствия. Полученная информация позволяет принимать взвешенные решения по снижению коррозии и отложений, обеспечивать безопасную эксплуатацию оборудования, конструкций, сооружений, увеличивать срок службы и снижать эксплуатационные расходы на техническое обслуживание [3].

Мониторинг коррозионных процессов проводится на следующих основных этапах (рис. 2):

- проектирование;
- изготовление;
- эксплуатация;
- реновация.



Рис. 2. Виды коррозионного мониторинга

Основу мониторинга, который проводится на стадии проектирования объекта и на стадии изготовления, составляет правильный выбор оптимального строительного материала (с учетом различных особенностей эксплуатации, а также расчета долговечности возводимой конструкции). Несоблюдение данных требований в большинстве случаев может привести к явлениям, который способствуют возникновению коррозионных процессов, таких как: образование зазоров, образование застойных зон, концентрации напряжения и др. [4].

Цель проведения мониторинга во время эксплуатации определена проведением диагностики аппаратуры и оборудования. Могут быть применены следующие методы:

- визуальный осмотр при помощи телеметрических систем;
- определение технологических средств среды коррозии;
- определение электродного потенциала металла;
- магнитометрическая дефектоскопия;
- ультразвуковая дефектоскопия.

Мониторинг на этапе реновации (реконструкции, ремонта) определяется проведением контроля технических решений по проводимым работам, и прогнозированием дальнейшей эксплуатации (с учетом данных работ) [5].

Коррозионный мониторинг – важный процесс, который предоставляет возможность прогнозирования развития коррозионных процессов, а также их возможных последствий. Полученная информация позволяет принимать взвешенные решения по снижению коррозии и отложений, обеспечивать безопасную эксплуатацию оборудования, конструкций, зданий и сооружений. А также способствует увеличению сроков службы и снижению эксплуатационных расходов на техническое обслуживание.

### **Библиографический список**

1. Наумов, А.Е. Совершенствование технологии проведения строительно-технических экспертиз с использованием аппаратно-программного комплекса автоматизированной дефектоскопии / А.Е. Наумов, Д.А. Юдин, А.В. Долженко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 4. С. 61- 69.
2. Наумов, А.Е. Причины дефектов строительных конструкций / А.Е. Наумов, А.Е. Тартыгина // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения : Материалы IX Национальной конференции с международным участием, Саратов, 11–12 апреля 2019 года / Под ред. Ф.К. Абдразаков. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2019. С. 207-210.
3. Виноградова, С.С. Оценка состояния поверхности при коррозионном мониторинге оборудования / С.С. Виноградова, Р.Ф. Тазиева, А.Н. Ахметова // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства : Материалы 9-ой международной научно-технической конференции, Омск, 26–28 февраля 2019 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2019. С. 183-184.
4. Осипов, А.А. Наиболее эффективные решения в области коррозионного мониторинга / А. А. Осипов // . – 2013. – № 4. – С. 38-39.
5. Абакумов Р.Г., Наумов А.Е., Зобова А.Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №12. С. 233-238.

### **О ПРОБЛЕМЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТНОШЕНИЙ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕЧЕЙ И ДЫМОХОДОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ**

**Лазарев А.А.**, канд. пед. наук, канд. техн. наук, доц.  
*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново*  
**Пеньков И.В.**  
*Главное управления МЧС России по Ивановской области*

На территории Российской Федерации на основании [3] с 25.10.2006 г. было предусмотрено лицензирование в области производства трубо-печных работ.

За период выдачи лицензий в области пожарной безопасности на проведение трубо-печных работ (устройства печей, каминов и т.д.) из проведенного анализа [4] видно, что на территории Ивановской области было выдано всего 47 лицензий, а на территории Российской Федерации – 13318 лицензий. В целом динамика выдачи лицензий в Ивановской

области в период с 2003 по 2008 годы изображена на рис. 1. Несмотря на лицензирование услуг в рассматриваемой области, многие требования к созданию печей и дымоходов носили добровольный характер или частично отсутствовали.

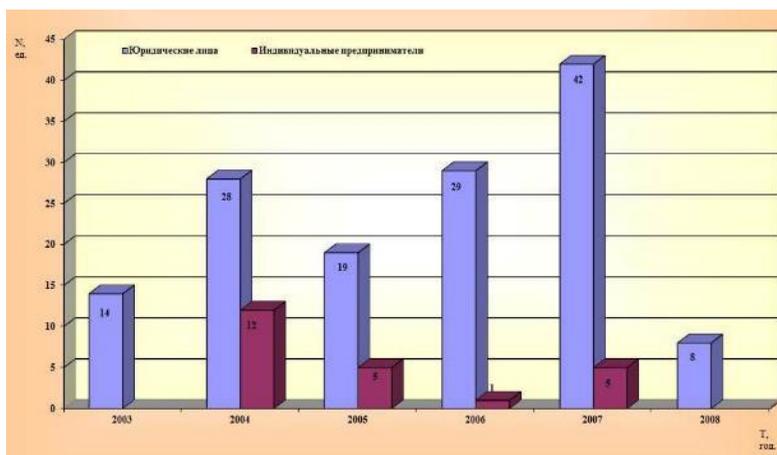


Рис. 1. Хронологическая последовательность получения в Ивановской области лицензий МЧС России в 2003-2008 гг.

С 2017 г в соответствии с новыми изменениями [2] лицензия в области пожарной безопасности на рассматриваемый вид деятельности больше не требуется. По версии разработчиков, изложенной в аннотации [2], необходимость исключения требования о наличии лицензии на проведение проверочных действий функционирования и состояния вентиляционных и дымовых каналов, их ремонт и (или) очистку обусловлена возможностью заключения соответствующего договора с осуществляющей указанные работы организацией.

Однако ранее указанный договор можно было заключать исключительно с имеющей на это лицензию организацией. Но, таковые работы не подлежали лицензированию. Тем самым эта норма фактически предусматривала ограничение круга лиц, которые имели законное право осматривать (проверять), производить очистку и ремонт дымовых и вентиляционных каналов.

Был также уточнен соответствующий перечень работ и услуг, в который входили монтаж, техобслуживание и ремонт автоматических систем (их элементов) противодымной вентиляции, в том числе диспетчеризация и проведение пусконаладочных работ.

Однако при этом наблюдается существенный рост возникновения пожаров, по причине неисправности каминов и печных установок, дымоходов и иных теплогенерирующих систем, ввиду отсутствия должного обслуживания и надлежащего контроля данной деятельности, а соответственно и ухудшение квалификации и добросовестности специалистов, производящих такие работы.

Исходя из анализа произошедших пожаров [5], было установлено, что во время лицензирования трубо-печных работ в период с 2009 по 2017 гг. по причине неправильной кладки (монтажа) и не своевременной очистки печного оборудования на территории Ивановской области произошло 1303 пожара, что в среднем составляет 145 пожаров в год. Приведенные данные заметно разнятся с теми, что были выявлены после отмены лицензирования [2] по устройству (кладке, монтажу), ремонту, облицовке, теплоизоляции и очистки печей, каминов и других теплогенерирующих установок и дымоходов, так как в течение последующих четырех лет в период с 2019 по 2022 гг. произошло 784 пожара по аналогичным причинам на территории Ивановской области, что в среднем составляет 196 пожара в год (увеличение на 35,17 %).

Указанный статистический показатель отражает прямую зависимость отсутствия государственного контроля при осуществлении работ по устройству (кладке, монтажу), ремонту, облицовке, теплоизоляции и очистки печей, каминов и других теплогенерирующих установок и дымоходов и указывает на угрозу причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям и (или) уже причинения вреда (не допущен) при надлежащем проведении работ лицензируемой организацией с надлежащим оборудованием, обучением, повышением квалификации и другими отличительными особенностями данных организаций, которые подлежали постоянному контролю со стороны лицензирующего органа. После отмены лицензирования в области трубо-печных работ указанную деятельность оставили на ответственность организациям с учетом принципа добросовестности ч. 5, ст. 10 [1]. Несмотря на то, что работы с печами, каминами и теплогенерирующими установками напрямую зависит от соблюдения норм в области пожарной безопасности. Приоритетными задачами в сфере пожарной безопасности являются жизнь и здоровье людей, в силу чего предотвращение возникновения пожара и иных опасных факторов в зданиях и сооружениях обеспечивается вследствие соблюдения всех

нормативов и правил в указанной сфере деятельности, за которой необходимо осуществлять должный контроль.

Безопасность жизни и здоровья людей, с точки зрения пожарной безопасности, обеспечивается комплексом мероприятий, направленных, с одной стороны, на минимизацию вероятности возникновения пожара, а с другой стороны на безусловное обеспечение безопасности людей в случае, его возникновения.

Указанное положение дел требует иных подходов к обеспечению пожарной безопасности печей и дымоходов при строительстве зданий. Представляется наиболее целесообразной выработка типовых решений для создания печей и дымоходов из новых материалов на основе теории тепломассопереноса.

### **Библиографический список**

1. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон от 30.11.1994 г. № 51-ФЗ «Гражданский кодекс Российской Федерации»: [принят Государственной Думой Российской Федерации 21.10.1994] – Москва.

2. Российская Федерация. Законы. Постановление Правительства РФ от 06.10.2017 № 1219 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам лицензирования отдельных видов деятельности». [Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 6.10.2017 г. № 1219] – Москва.

3. Российская Федерация. Законы. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.10.2006 г. № 625 «О лицензировании производства работ по монтажу, ремонту и обслуживанию средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений» [Утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 25.10.2006 г. № 625] - Москва.

4. Единая информационная среда цифровизации процессов предоставления государственных услуг в сфере обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах физическим лицам, субъектам малого и среднего предпринимательства, индивидуальным предпринимателям, а также мониторинга пожарной безопасности объектов защиты (предоставленные данные о лицензировании в сфере трубо-печных работ на территории Российской Федерации и Ивановской области) – Загл. с титул. экрана. – Электронная программа: электронная.

5. Электронная база данных учета пожаров и их последствий

«СтатПож 2009»/разработчик ВНИИ ПО МЧС России. – Загл. с титул. экрана. – Электронная программа: электронная.

## **ПРОВЕДЕНИЕ И АНАЛИЗ АНКЕТИРОВАНИЯ ЭКСПЕРТОВ ПО ПРОБЛЕМАТИКЕ РЕАЛИЗАЦИИ «РЕГУЛЯТОРНОЙ ГИЛЬОТИНЫ» В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Лазарев А.А., канд. пед. наук, канд. техн. наук, доц.,  
Румянцева В.Е., д-р техн. наук, проф.,  
Торопова М.В., канд. техн. наук, доц.,  
Шенберева А.В., аспирант**

*Ивановский государственный политехнический университет, Ивановская  
пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России*

Основная цель «регуляторной гильотины» – выработать современную, соответствующую условиям времени и технологического развития, действенную систему регулирования в соответствующей сфере общественных отношений, основанной на поиске самых значимых общественных рисков и их понижения до нужного уровня, в том числе путем выбора соответствующих методов воздействия на риски и установления таких требований, которые в большей степени действуют на предотвращение отрицательных результатов реализации рисков [1-3].

В рамках работы проведено анкетирование государственных инспекторов по пожарному надзору по вопросу проведения контрольных надзорных мероприятий (далее КНМ) в области пожарной безопасности и анализ ее результатов.

По итогам анкетирования можно сделать следующие выводы: при повышении категория риска при проведении плановых КНМ в соответствии с механизмами «регуляторной гильотины», необходимо повышение затрат рабочего времени у государственных инспекторов по пожарному надзору на подготовку к данным КНМ.

Мероприятия по подготовке личного состава ФГПН к КНМ в целях повышения их качества, большинство инспекторов предложили проводить 2 раза в месяц.

В целях анализа ответов инспекторов (табл. 1) расставлены ранги от 1 до 4, после чего произведен расчет коэффициента конкордации Кендалла [1].

Способ расчета коэффициента конкордации Кендалла [1] при проведении эксперимента:

$$W = \frac{12S}{m^2 + (n^3 - n)} \quad (1)$$

где  $m$  – число инспекторов в группе,  $n$  – число факторов,  $S$  - сумма квадратов разностей рангов (отклонений от среднего).

Таблица 1

**Экспертная оценка затрат времени на КНМ в области ПБ на  
корректировку деятельности в соответствии с механизмами  
«регуляторной гильотины»**

Вопрос	Баллы	Вариант ответа	Ответы экспертов
Сколько часов рабочего дня (в среднем) Вы затрачиваете при проведении планового КНМ объекта чрезвычайно высокого риска (в области ПБ) на корректировку деятельности в соответствии с механизмами «регуляторной гильотины»?	0	1 ч и менее	0
	1	более 1 ч, но менее 8 ч	0
	2	свыше 8, но до 16 ч	0
	3	свыше 16, но до 24 ч	0
	4	свыше 24, но до 40 ч	15
Сколько часов рабочего дня (в среднем) Вы затрачиваете при проведении планового КНМ объекта высокого риска (в области ПБ) на корректировку деятельности в соответствии с механизмами «регуляторной гильотины»?	0	1 ч и менее	0
	1	более 1 ч, но менее 4 ч	0
	2	свыше 4, но до 8 ч	0
	3	свыше 8, но до 16 ч	0
	4	свыше 16, но до 24 ч	15
Сколько часов рабочего дня (в среднем) Вы затрачиваете при проведении планового КНМ объекта значительного риска (в области ПБ) на корректировку деятельности в соответствии с механизмами «регуляторной гильотины»?	0	1 ч и менее	0
	1	более 1 ч, но менее 4 ч	0
	2	свыше 4, но до 8 ч	0
	3	свыше 8, но до 16 ч	0
	4	свыше 16, но до 24 ч	15
Сколько часов рабочего дня (в среднем) Вы затрачиваете при проведении планового КНМ объекта среднего риска (в области ПБ) на корректировку деятельности в соответствии с механизмами «регуляторной гильотины»?	0	1 час и менее	0
	1	более 1 ч, но менее 2 ч	0
	2	свыше 2, но до 4 ч	0
	3	свыше 4, но до 8 ч	0
	4	свыше 8, но до 16 ч	15
Сколько часов рабочего дня (в среднем) Вы затрачиваете при проведении планового КНМ объекта умеренного риска (в области ПБ) на корректировку деятельности в соответствии с механизмами «регуляторной гильотины»?	0	1 ч и менее	0
	1	более 1 ч, но менее 2 ч	0
	2	свыше 2, но до 4 ч	0
	3	свыше 4, но до 8 ч	0
	4	свыше 8, но до 16 ч	15
Сколько рабочего времени (в среднем) Вы затрачиваете на проверку качества планирования КНМ 1 объекта (в области ПБ) подчиненным личным составом?	0	до 1 ч	14
	1	свыше 1, но до 5 ч	1
	2	свыше 5, но до 10 ч	0
	3	свыше 10, но до 15 ч	0
	4	свыше 15 ч	0
Как Вы считаете: мероприятия по подготовке личного состава ФГПН к КНМ в целях повышения их качества (результативности) как часто необходимо проводить?	0	1 раз в год	0
	1	5 раз в месяц	0
	2	4 раза в месяц	0
	3	3 раза в месяц	0
	4	2 раза в месяц	15

Разберем на примере, в котором с 15 инспекторами проведен опрос по 7 вопросам проранжированными 4 рангами. Результаты представлены в табл. 2.

Остается найти сумму квадратов разностей рангов (S). Ее можно найти по любой из следующих формул:

$$S = \sum_{j=1}^n (\sum_i^m A_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1))^2 \quad (2)$$

$$S = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m R_{ij})^2 - \frac{(\sum_{i=0}^n \sum_{i=0}^n R_{ij})^2}{n} \quad (3)$$

Таблица 2

**Экспертная оценка затрат времени на КНМ в области ПБ на корректировку деятельности в соответствии с механизмами «регуляторной гильотины»**

Участники опроса	Экспертная оценка затрат времени при ответе на вопрос:						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Инспектор 1	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 2	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 3	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 4	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 5	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 6	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 7	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 8	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 9	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 10	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 11	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 12	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 13	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 14	4	4	4	4	2	0	4
Инспектор 15	4	4	4	4	2	1	4

Для вычисления нам нужно добавить пару новых строк в исходную таблицу (Сумма по столбцу и квадрат этой суммы).

Таблица 3

**Экспертная оценка затрат времени на КНМ в области ПБ на корректировку деятельности в соответствии с механизмами «регуляторной гильотины»**

Участники опроса	Экспертная оценка затрат времени при ответе на вопрос:							
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	
Инспектор 1	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 2	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 3	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 4	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 5	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 6	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 7	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 8	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 9	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 10	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 11	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 12	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 13	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 14	4	4	4	4	2	0	4	
Инспектор 15	4	4	4	4	2	1	4	
Сумма	60	60	60	60	30	1	60	331
Квадрат суммы	3600	3600	3600	3600	900	1	3600	18901

По формуле (2) получаем:  $S = 18901 - 3312 / 7 = 3249$

Теперь рассчитаем коэффициент конкордации Кендалла по формуле (1):  $W = (12 * 3249) / (225 * (343 - 7)) = 0,516$

Если  $W < 0.2 - 0.4$ , значит слабая согласованность экспертов, если  $W > 0.6 - 0.9$ , то согласованность экспертов сильная.

Эта оценка необходима, в первую, очередь, потому что мнения экспертов могут сильно расходиться по оцениваемым параметрам. Изначально оценку проводят по ранжированию показателей и присвоению им определенного коэффициента значимости (весомости). Несогласованное ранжирование приводит к тому, что данные коэффициенты будут статически недостоверными. В нашем случае,  $W = 0,516$  говорит о наличии средней степени согласованности мнений экспертов. Согласованность ранжирования, осуществленного экспертами, необходимо определять для подтверждения правильности гипотезы о том, что эксперты производят точные измерения.

### **Библиографический список**

1. Максимова Т.В. «Регуляторная гильотина» как способ реформирования контрольно-надзорной деятельности // В сборнике: правовая система России: история, современность, тенденции развития. Сборник материалов VIII заочной всероссийской научно-практической конференции. Благовещенск. 2021. С. 105-112.

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 02.09.2021 № 1473 "О внесении изменений в Положение о лицензировании деятельности по проведению экспертизы промышленной безопасности" // Собрание законодательства Российской Федерации, N 37, 13.09.2021, ст.6505.

3. Федеральный закон от 11 июня 2021 г. N 170-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона "О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями) // Собрание законодательства Российской Федерации, N 24 (ч.1), 14.06.2021, ст.4188 Российская газета, N 132, 17.06.2021.

4. Губенко А.В. Вопросы совершенствования контрольно-надзорной деятельности // Академический вестник Ростовского филиала Российской таможенной академии. 2021.№2(43).

5. Федосов С.В., Лазарев А.А., Маличенко В.Г., Торопова М.В. Мониторинг пожарной безопасности как средство дистанционного контроля // В сборнике: Современная наука: теория, методология, практика. Материалы III-ей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Тамбов, 2021.

## **О ПРИЧИНАХ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ И МЕТОДАХ УСИЛЕНИЯ СТЕН НА ПРИМЕРЕ 5-ЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА ПО УЛ. ТОЛСТОГО В Г. АЛЕКСЕЕВКА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Литовкин Н.И., ст. преп.**

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

Предметом настоящих исследований является установление степени дальнейшего развития или стабилизации трещинообразования строительных конструкций здания после их ремонта и усиления по рекомендациям разработанной и ранее выданной технической документации.

Их целями является выявление новых или увеличения длины и ширины ранее образовавшихся трещин в стенах и новых осадок фундаментов здания, а также установление причин образования, степени опасности трещин и разработка, в случае необходимости, мероприятий по корректировке ранее запроектированных методов и конструкций его усиления [1].

В объемно-планировочном отношении 5-этажный жилой дом представляет достаточно сложное здание, в плане приближающееся к «Г-образному» и состоящее из двух неравнозначных объемов: первого - «Г-образного» размерами 11,4х16,8 м и второго блока - прямоугольного размерами 12,3х34,9 м, соединенных между собой деформационным температурно-усадочным швом. Таким образом, общая длина здания составляет 51,7 м.

Жилой дом оборудован подвалом, расположенным под всем зданием, чердаком со скатной крышей и четырьмя лестничными клетками. Общая высота здания до верха парапетов 16,5 м. Водоотвод с кровли - наружный, организованный.

В планировочном отношении оба блока устроены с секционно-анфиладным расположением квартир. На каждом этаже из каждой лестничной клетки устроены 2-3 входа в отдельные изолированные квартиры, переходы в которых выполнены из комнаты в комнату. Высота каждого этажа – 2,8 м.

Конструктивное решение здания является смешанным, но весьма жестким, поскольку сборные железобетонные многопустотные плиты монолитичных междуэтажных и чердачного перекрытий опираются по-разному: в первом блоке – на наружные и одну внутреннюю продольные жесткие несущие стены, во втором блоке – на часто расположенные поперечные и продольные жесткие несущие стены.

Пространственная жесткость здания обеспечивается

частрасположенными жесткими поперечными и продольными внутренними стенами, жесткими дисками междуэтажных и чердачного перекрытий, а также несколькими горизонтальными армокирпичными и монолитными железобетонными поясами.

Основными конструктивными элементами здания являются:

– фундаменты под стены - ленточные из сборных железобетонных подушек;

– стены подвала – сборные бетонные блоки;

– наружные и внутренние несущие стены – из силикатного кирпича;

– междуэтажные и чердачное перекрытия – из сборных железобетонных многопустотных плит;

– крыша – вальмовая по деревянным наслонным стропилам с обрешеткой;

– кровля – из металлочерепицы.

Ранее были проведены первичные обследования в доме в связи с существенным трещинообразованием в стенах, в результате чего в основном были определены их причины, разработаны методы и конструкции усиления [1, 2].

При последующих детальных визуальных натуральных обследованиях наружных и внутренних несущих и ограждающих стен здания установлено, что каких-либо работ по ремонту и устройству усиления стен здания, разработанных ранее, выполнено не было.

По сведениям жильцов дома, через 2 года были выполнены частичные работы по зачеканке отдельных трещин с наклейкой армирующей ленты и внутренней отделкой стен первого подъезда. В местах расположения заделанных трещин каких-либо деформаций и раскрытия их не происходило. В дальнейшем в заделке трещин в стенах этого подъезда начали появляться вначале волосяные трещины, а потом уже раскрытием до 0,5 мм. На трещинах в стенах 2-3-4 этажей первого подъезда по штукатурке были установлены тригипсовых «маяка» (по одному на каждом этаже).

В «маяке» на 4-м этаже появилась волосяная трещина, «маяк» на 3-м этаже отслоился от штукатурки и часть его упала, а трещина в «маяке» на 2-м этаже не произошло. Такое состояние в «маяках» сохранилось в течение года. Осмотр «маяков» показал, что ширина раскрытия трещин в «маяке» на 4-м этаже не увеличилась и составляла 0,3-0,5 мм.

В период максимальных значений низких температур наружного воздуха (до -30 °С) в зимний период трещины в стенах начали раскрываться до 0,5 мм, а на участках стен 3-го и 4-го этажей у оконных проемов – до 2-3 мм. В подоконной части стен 3-го и 4-го этажей ранее

зачеканенные трещины в этот период раскрылись, и их ширина составляет 0,3-0,5 мм [3].

Установлено, что какого-либо скопления воды на полах подвала в этот период утечек из инженерных систем не было. Влажность стен подвала не превышала нормативные пределы и составляла 1,12-2,30 %.

При осмотре фасадов здания новых трещин не обнаружено. Ранее раскрытые трещины в основном ширину не увеличили, только на отдельных участках фасадов ширина раскрытия волосяных трещин увеличилась до 0,5-1,0 мм [2].

При проведении обследований установлено, что каких-либо следов повышенных осадок стен и фундаментов здания нет. Как и ранее, все основные трещины в наружных продольных стенах сосредоточены в местах соединения блоков 1 и 2 здания.

При осмотре технического состояния конструкций квартир первого подъезда установлено, что кв. № 2 на 1-м этаже есть трещины по всей длине продольных швов плит междуэтажного перекрытия над 1-м этажом. Здесь в наружной продольной стене трещина, распространяющаяся от плиты междуэтажного перекрытия до верхнего угла оконного проема. В кв. № 13 на 5-м этаже в продольной внутренней несущей стене на участке от верха перемычки над входным дверным проемом в квартиру есть сквозная трещина, переходящая в продольный шов плиты чердачного перекрытия в направлении наружной продольной стены.

Трещины в поперечных стенах обследуемых квартир не обнаружены.

Бетонная отмостка, устроенная по периметру здания, растрескалась и не выполняла своих защитных функций от проникновения атмосферных осадков к фундаментам и их грунтам оснований.

Таким образом, совершенно очевидно, что в зависимости от времени года (температурно-влажностных условий эксплуатации наружных стен здания), существенно влияющего на деформативность их каменной кладки, происходят и должны происходить заметные деформации наружных стен здания с естественным уменьшением ширины раскрытия трещин, нерасшитых и качественно незачеканенных ранее, в теплое время года и соответствующих раскрытием в холодные периоды.

Естественно, что в небольшом увеличении ширины раскрытия волосяных трещин наружных стен здания могли сыграть свою роль и ежегодные сезонные изменения уровня грунтовых вод, приводящие к существенным структурным изменениям, соответственно, несущей способности грунтов, залегающих в глубине сжимаемой толщи

под фундаментами здания [8].

Необходимо было вновь провести исследование состояния грунтов под фундаментами здания, которые в отсутствие качественной отмостки могли изменить свою структуру, прочность и влажность.

Установлено, что участок местности вокруг здания расположен на надпойменной террасе р. Тихая Сосна. Территория участка выровнена. На поверхности водной или иной эрозии не наблюдается.

Для определения физико-механических характеристик грунтов и уточнения инженерно-геологических элементов и их состояния основания под фундаментами здания в его подвале у продольной стены на расстоянии 6-7 м от ранее пробуренной скважины №2 был устроен новых шурфы пробурена новая скважина.

Геологическое строение грунтов было определено по скважине глубиной 2,25 м, пробуренной из шурфа, пройденного в подвале [4].

Установлено, что здесь сверху вниз залегают следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ):

- ИГЭ-1 – насыпной глинистый грунт, мощностью до 0,75-0,80 м;
- ИГЭ-2 – глины темно-бурые до черного цвета, мощностью 0,20-0,25 м;
- ИГЭ-3 – мел глиноподобный, пластичный, мощностью до 0,75 м;
- ИГЭ-4 – суглинок светло-коричневый, пастообразный, текучий пластичный [10].

Для повышения надежности исследований проведены дополнительные инженерно-геологические изыскания, которые показали новые обстоятельства – линзы мела в отдельных участках здания.

На основании полученных усредненных данных физических характеристик с доверительной вероятностью 0,85 можно констатировать, что: ИГЭ-2 – это глина легкая, полутвердая, высокопористая; ИГЭ-3 – мел глиноподобный, мягкопластичный, водонасыщенный, пастообразный; ИГЭ-4 – суглинок тяжелый, текучепластичный, пористый, водонасыщенный. Уровень грунтовых вод находится ниже.

Мягкопластичность и текучепластичность нижележащих под фундаментами грунтов может в дальнейшем приповерхностном замачивании вызывать повышенные неравномерные просадки, что обычно приводит к трещинообразованию стен. Вместе с тем, с течением времени в отсутствие дальнейшего поверхностного замачивания грунтов возможна стабилизация осадков фундаментов здания и прекращение растрескивания стен.

Сравнение результатов физико-механических и деформативно-прочностных свойств инженерно-геологических элементов разных лет

показало, что в скважине под слоем темно-буровой глины обнаружен дополнительный (ранее не определенный) слой глиноподобного, пластичного мела, подстилаемого темно-коричневым суглинком.

Таким образом, учитывая результаты ранее прошедших и нынешних инженерно-геологических исследований грунтов, не исключена возможность, что не только под одним отдельным участком, а и во многих местах под подошвами ленточных фундаментов могут находиться тонкие слои-блюдца (толщ. от 50 до 750 мм) глиноподобного мягкопластичного, водонасыщенного, пастообразного мела (ИГЭ-3), способствующие неравномерным осадкам фундаментов на низзалегавшем тяжелом текучепластичном пористом, водонасыщенном суглинке (ИГЭ-4).

При этом, условно принятая нижняя граница сжимаемой толщи грунта по-прежнему будет находиться в текучепластичном суглинке, переходящем в текучий ниже отметки уровня грунтовых вод.

В целом, на основании вновь проведенных исследований можно констатировать, что техническое состояние всех несущих наружных и небольшой части внутренних поперечных стен здания по-прежнему является неудовлетворительным, но не аварийным, хотя разработанные ранее методы и конструкции усиления здания не проводились.

Но за прошедшие 7 лет не было в нашем регионе резких климатологических катаклизмов, способствующих развитию трещинообразования и разжижению, и изменению структуры грунтов оснований.

Однако, от подобных погодных неприятностей в будущем гарантий нет и надежность, и долговечность несущих конструкций здания для его дальнейшей безаварийной эксплуатации должны быть повышены. С этой целью были проанализированы разработанные и запроектированные ранее методы усиления несущих конструкций этого здания и подтверждены обоснованные выводы об их действенности и надежности [5].

Эти вновь открывшиеся обстоятельства, равно как и продолжающиеся сезонные раскрытия и закрытия мелких трещин в стенах здания, в наилучшей степени подтверждают правильность выводов и рекомендаций о необходимости усиления фундаментов и стен здания [6].

В настоящее время с учетом всего выше изложенного, учитывая сложные инженерно-геологические условия площадки строительства и эксплуатации жилого дома по ул. Толстого в г. Алексеевка, работы по усилению стен здания целесообразно разделить на два этапа.

*Этап 1. Весенний период.* На всех этажах подъездов жилого дома на оголенные от штукатурки участки стен с трещинами установить

гипсоцементные «маяки» и осуществлять тщательный контроль за их состоянием с ведением специального журнала. На участках стен каждого подъезда главных и дворовых фасадов закрепить в кладку стальные маркеры для возможности ведения специалистами геодезического контроля за осадками стен и фундаментов здания относительно отметки неподвижного стационарного репера (люка колодца инженерных систем здания), устроенного на территории жилого дома [7]. Учитывая сложность и водонасыщенность слабых грунтов оснований и явные недостатки их первичных инженерно-геологических исследований, не выявивших разжиженного мела на отдельных участках фундаментов, считать целесообразным на 1-2 года ограничиться только усилением продольных и торцевых стен в подвале и на чердаке здания. В подвале выполнить усиление продольных наружных и внутренних несущих стен здания, поясами из прокатных стальных профилей-швеллеров №16. При этом, усиление выполнить по продольной внутренней стене на отметке -2,5 м (пол подвала), а наружных продольных и поперечных стен – на отм. -0,8 м (под перекрытием над подвалом) [6]. Аналогичное усиление необходимо выполнить по всем этим же стенам на отм. +14,05 м, т.е. поверху чердачного перекрытия (перекрытия над 5-м этажом). В случае продолжающегося раскрытия существующих или образования новых трещин в стенах здания, а также появления сверхнормативных неравномерных осадок его отдельных участков, необходимо выполнить работы 2-го этапа усиления.

*Этап 2. Летне-осенний периоды.* В теплое время произвести работы по усилению стен здания:

- поперечных внутренних капитальных стен в подвале;
- поперечных внутренних стен 5-го этажа под плитам чердачного перекрытия;
- наружной поперечной стены лестничной клетки первого подъезда металлическим корсетом и поперечных стен «сшивкой» трещин (усиление трещин стержнями) [9].

### **Библиографический список**

1. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений Госстрой России, М. 2004 г.
2. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния - М., Стройстандарт, 2011 г.
3. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*.
4. Правила оценки физического износа жилых зданий. ВСН58-88р, Госгражданстрой-М., 1988 г.

5. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. М., Стандартинформ, 2019 г.

6. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции (актуализированная редакция СНиП II-23-81\*) (взамен СНиП II-В.3-72, СНиП II-И.9-62, СН 376-67).

7. Бойко М. Д. «Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий» Ленинград, СИ, 1995 г., - С. 252

8. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений». Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*.

9. Литовкин Н.И. О техническом состоянии, несущей способности и надежности несущих конструкций здания медицинского училища железнодорожного транспорта в связи с его реконструкцией под учебный корпус НИУ «БелГУ» по ул. Железнодорожной, 26 в г. Белгороде / Н.И. Литовкин // Наука и инновации в строительстве. - Белгород, 2021. – С. 199-206.

## **УСИЛЕНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ФУНДАМЕНТОВ**

**Пириев Ю.С., ст. преп.,**

**Мирошников Д.А., студент**

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

Одним из конструктивных элементов при возведении объекта капитального строительства является фундамент. Он воспринимает все нагрузки от конструкций, которые находятся на нем, а также распределяет их на грунтовое основание. В процессе реконструкции возникает необходимость проведения обследования оснований и фундаментов здания и сооружения и зачастую выявляется, что конструкция фундамента имеет недостаточные несущие способности и требуется их усиление. При этом важно выбрать рациональный, целесообразный способ усиления фундамента [9].

Основными причинами, которые предполагают необходимости усиления фундаментов являются:

- деформации оснований и фундаментов вследствие ошибок при проектировании и строительстве;
- периодические колебания уровня грунтовых вод;
- вымывание более мелких частиц грунта в процессе фильтрации через него паводковых вод (суффозия);
- износ фундаментов старых построек под воздействием промораживания, перепадов температур, производства земляных работ

вблизи фундаментов, пучения грунтов, превышения проектных нагрузок в ходе эксплуатации, вибрационного воздействия оборудования т. п. [2].

Известны различные технологии усиления фундаментов зданий, которые дают возможность существенно повысить показатели по несущей способности фундамента любого здания.

Между усилением фундаментов индивидуальных домов и многоэтажных зданий, независимо от назначения (производственное здание или жилое), имеющие ленточные фундаменты, существенной разницы нет. Методы усиления их зависят от типа усиливаемого фундамента и характеристик грунтов.

Основными способами усиления ленточных фундаментов, которые применяются сегодня на практике строителями являются:

- усиление фундаментов торкретированием. Вдоль фундамента участками (захватками) отрывается траншея, поверхность фундамента тщательно очищается, на ней делаются насечки, глубиной не менее 15 мм, а затем наносится бетон с применением бетонной пушки;

- укрепление фундаментов цементацией. Без проведения земляных работ специальными механизмами через каждые 0,5-1 м по периметру (или только на определенном проблемном участке) бурят шурфы в грунте и фундаменте, и с помощью специальных иньекторов под большим давлением подают раствор бетона. Он заполняет пустоты и трещины фундамента и частично пространство между фундаментом и грунтом;

- усиление фундаментов железобетонными обоймами. Фундамент открывается участками, очищается, грунт основания уплотняется домкратами, монтируется каркас арматуры и заливается бетоном;

- усиление фундамента буронабивными сваями. Производится вертикальное бурение скважин сквозь опорную плитную часть фундамента, закладывается и перевязывается арматура сваи с арматурой фундамента, заливается и трамбуется бетон;

- усиление фундамента сваями. Под основание фундамента домкратом вдавливаются составные железобетонные сваи;

- усиление фундаментов буроиньекционными сваями. Фундамент пробуривается в нескольких местах насквозь скважинами небольшого диаметра под углом к вертикали и не проектную глубину. Закладывается арматура и под давлением закачивается бетон [3].

Есть и другие способы, которые скорее можно назвать разновидностью перечисленных выше.

В случае необходимости можно усилить и свайные фундаменты, применив следующие способы:

- усиление свай железобетонной обоймой, стенки которой должны быть не менее 100 мм толщиной, а углубление в грунт - не менее 1 м;
- усиление свай «бетонной рубашкой», путем нагнетания раствора в заранее пробуренные по периметру сваи скважины;
- усиление сваи второй сваей (забивной или буронабивной), вплотную с первой;
- усиление ростверка торкретированием;
- усиление ростверка нагнетанием раствора в предварительно устроенные в нем шпурсы;
- усиление фундамента дополнительным бурением скважин [1, 4, 6].

Часто усиление свайных и ленточных фундаментов сочетается с усилением грунтов основания способами цементизации, силикатизации, битумизации, смолизации, глубинного уплотнения, термоусилением (обжигом) [2, 8].

Выделяют монолитные, устроенные посредством заливки бетоном опалубки с арматурным каркасом и сборные, возведенные из блочных железобетонных конструкций железобетонные фундаменты [7].

В строительной практике применяются следующие способы усиления железобетонных оснований.

*Усиление железобетонных фундаментов посредством обустройства железобетонной обоймы.* Выделяют два вида железобетонных обойм - с уширением опорной пяты основания, и обоймы без уширения. К использованию обоймы без уширения прибегают при необходимости укрепления поврежденных железобетонных фундаментов с достаточной несущей способностью. Обойму с уширением обустраивают при недостаточных несущих характеристиках основания либо при надстройке здания. Особенности технологии:

1. По периметру основания копается траншея, оголенный фундамент очищается от грунта и промывается цементным молоком. По всей высоте основания в шахматном порядке просверливаются отверстия, в которые забиваются арматурные прутья диаметром 15-20 мм (они должны выходить из стены как минимум на 15 см) (рис. 1).

2. На забитых в фундамент стержнях формируется арматурный каркас, к которому приваривается листовая металл. В пустоты кладки фундамента через инъекционные трубки нагнетается бетон до полного

заполнения всех существующих трещин. После отвердевания бетона в фундаменте производится заполнение бетоном металлической опалубки и обрезка верхних частей инъекционных трубок.

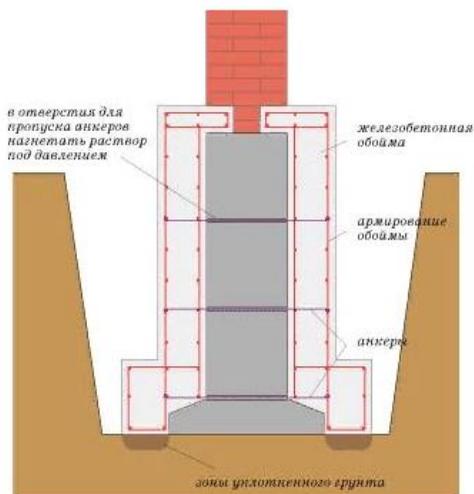


Рис. 1. Схема железобетонной обоймы

*Усиление фундамента железобетонной рубашкой.* Метод обустройства железобетонной рубашки идентичен технологии усиления обоймой, единственным отличием является охват основания (рис. 2). Обоймы представляют собой замкнутые конструкции, которые оцепляют весь периметр фундамента, тогда как рубашки используются для усиления одной из его поврежденных частей.

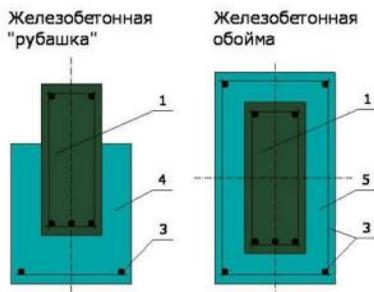


Рис. 2. Схема отличий железобетонных обойм и рубашек

*Усиление фундамента посредством увеличения площади опирания на грунт.* Увеличение опорной площади производится с помощью наращивания толщины основания железобетонными отливками (рис. 3). После откопки фундамента в нем сверлятся сквозные отверстия, в которые проводятся стальные тяжи для фиксации железобетонных отливок. По завершению крепления отливов между ними и стеной размещаются гидравлические домкраты и осуществляется разжатие опалубки. Образовавшееся пространство заполняется бетоном, выжидается время до его схватывания и домкраты убираются. Происходит уплотнение бетона, в результате чего фундамент обжимается как самим отливом, так и бетонной прослойкой.

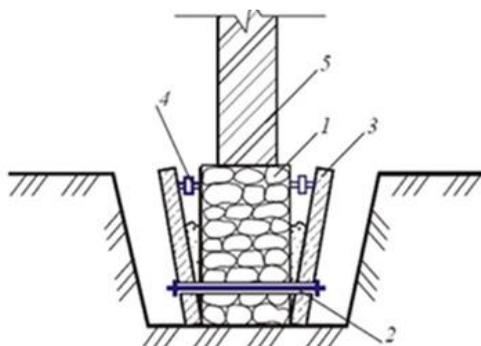


Рис. 3 Схема увеличения площади опирания фундаментов с помощью железобетонных отливок: 1 – фундамент; 2 – стальной трос; 3 – железобетонный отлив; 4 – домкрат; 5 – стена

*Усиление фундамента увеличением глубины его заложения.* При необходимости переноса опорной подошвы фундамента в нижерасположенный слой грунта, под основанием дома формируются бетонные блоки [5]. Фундамент разгружается с помощью рандбалок и гидравлических домкратов, поднимающих стены дома. После чего вокруг фундамента участками по 2-2,5 м откапываются шурфы глубиной на 1 м ниже глубины заложения основания. Стенки и дно шурфов укрепляется деревянной забиркой (рис. 4). Под опорной пятой фундаментом роется колодец, размер которого соответствует глубине увеличения основания.

Колодец бетонируется так, чтобы между поверхностью бетона и нижней стенкой опорной пяты фундамента оставался зазор в 3-4 см.

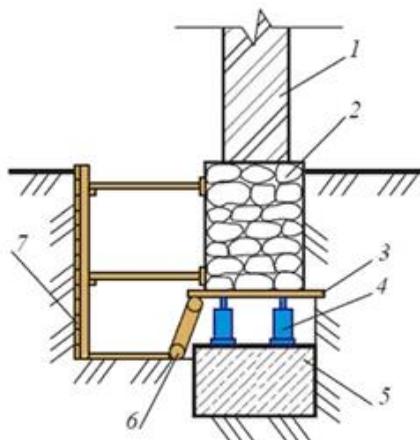


Рис. 4. Схема углубления фундамента бетонными блоками: 1 – стена; 2 – фундамент; 3 – заборки; 4 – домкрат; 5 – бетонный блок; 6 – деревянная рама; 7 – инвентарные шины

После отвердевания бетона в зазоре размещаются гидравлические домкраты и производится обжатие бетона в колодце. По завершению обжатия зазор бетонируется, и траншея отсыпается грунтом.

*Усиление фундамента второй свайей.* Усиление фундамента буронабивными сваями не требует откопки основания, что значительно сокращает сроки проведения реконструкции. Данный метод применяется при необходимости усиления фундаментов с недостаточной несущей способностью из-за неправильно проектирования, необходимости надстройки здания либо уменьшения плотности грунтов. Дополнительные сваи могут размещаться как вплотную к уже существующим опорам фундаментам, так и выноситься за периметр контура основания. В таком случае нагрузка на дополнительные сваи передается с помощью горизонтальных балок, которыми они объединяются с ростверком дома (рис. 5). При усилении фундаментов редко используются забивные железобетонные сваи, поскольку их погружение сопровождается деструктивными динамическими нагрузками на уже существующее основание, которые могут привести к его разрушению [4, 6].

*Усиление фундамента посредством подкладки опорных элементов под подошву основания.* Данная технология позволяет усилить мелкозаглубленные фундаменты, не увеличивая их глубину и ширину. В качестве подкладываемого опорного элемента используются монолитные железобетонные плиты либо столбы, с помощью которых

достигается увеличение площади опоры фундамента и увеличение его несущей способности (рис. 6).

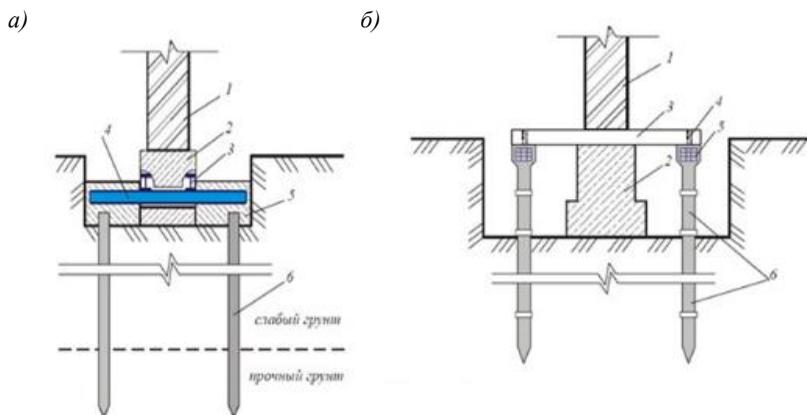


Рис. 5. Схема усиления фундамента дополнительными сваями: *а* – с помощью выносных свай: 1 – стена; 2 – фундамент; 3 – продольная балка; 4 – поперечная балка; 5 – железобетонный пояс (ростверк); 6 – сваи; *б* – с помощью задавливаемых металлических свай: 1 – стена; 2 – фундамент; 3 – монолитная железобетонная балка; 4 – отверстие для подачи бетонной смеси; 5 – армокаркас; 6 – металлические трубчатые сваи

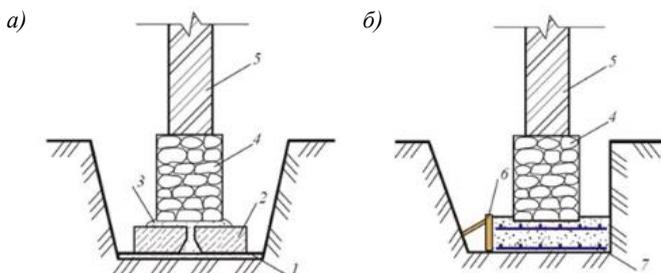


Рис. 6. Схема усиления фундамента с помощью подводки и формирования железобетонных плит: *а* – подводкой железобетонных плит; *б* – устройством монолитной железобетонной подушки; 1 – уплотненная грунтовая подготовка; 2 – железобетонные плиты; 3 – цементно-песчаный раствор; 4 – фундамент; 5 – стена; 6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

*Усиление железобетонного фундамента опускным колодцем.* Опускные колодцы представляют собой сборные конструкции из железобетонных плит, которыми обжимается грунт вокруг стенок

фундамента. Погружение колодца выполняется в процессе последовательной выемки грунта под бетонными плитами. Образованная вокруг стенок фундамента траншея засыпается песком, который поливается водой и послойно уплотняется (рис. 7). Глубина заложения опускного колодца должна быть в два-три раза большей глубины заложения самого основания.

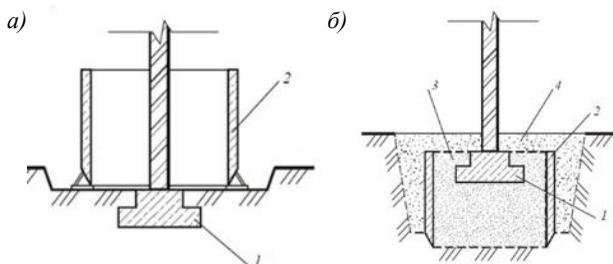


Рис. 7. Схема опускного колодца для усиления фундамента: а – установка колодца в приямке опоры; б – колодец в проектном положении: 1 – фундамент; 2 – опускной колодец; 3 – обжимаемое основание; 4 – котлован

*Усиление фундамента переустройством его конструкции.* Нередки случаи, когда для усиления столбчатого основания из него формируют ленточный фундамент, а при необходимости усиления ленточного, из него, в свою очередь, делают плитный фундамент. К данному методу прибегают при серьезных деформациях фундамента, когда остальные способы его усиления не способны обеспечить требуемый результат [3].

Таким образом, рассмотрев несколько методов по усилению фундаментов, можно сделать вывод, что каждый метод является эффективным в определенных условиях. Приведенные и рассмотренные выше методы являются наиболее экономичными и представляют собой эффективные решения по увеличению надежности реконструируемого здания.

### Библиографический список

1. Грушин Н.В. Анализ методов работ по усилению фундаментов существующих зданий / Н.В. Грушин. // Молодой ученый. – 2019. – № 16 (254). – С. 24-26. – URL: <https://moluch.ru/archive/254/58303/> (дата обращения: 12.02.2023).
2. Жугин И.Н. Усиление и реконструкция фундаментов / И. Н. Жугин. // Молодой ученый. – 2021. – № 50 (392). – С. 53-55. – URL: <https://moluch.ru/archive/392/86420/> (дата обращения: 12.02.2023).

3. Коробова О.А. Усиление оснований и реконструкция фундаментов: учеб. пособие / О. А. Коробова ; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2008. – 332 с.

4. Кочерженко В.В., Лукьянов А.И., Тюфанов В.А., Чечиль И.П. Фундаментные системы на основе модульных свай таврового сечения // Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 30-33.

5. Кочерженко В.В., Рудчук В.М. Обоснование и выбор эффективного метода усиления фундамента с помощью свай // Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов III Международной научно-практической конференции к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 200-202.

6. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А. Инновационные свайные технологии в современном фундаментостроении // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2022. № 4. С. 57-67.

7. Меркулов С.И., Татаренков А.И., Стародубцев В.Г. Усиление железобетонных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. БСТ: Бюллетень строительной техники. 2017. № 4 (992). С. 41-43.

8. Стасишина А.Н., Абу Махади М.И. Некоторые аспекты реконструкции фундаментов // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2016. № 2. С. 82-90.

9. Федулов В.К. Проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений: учеб. пособие / В.К. Федулов, Л.Ю. Артемова. – М.: МАДИ. 2015. – С. 84.

## **МЕТОДЫ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Пириев Ю.С., ст.преп.,**

**Мирошников Л.А., студент**

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

Железобетон является одним из самых распространенных материалов, который используется в строительстве для возведения зданий и сооружений, как небольших жилых и гражданских, так и крупных промышленных и транспортных объектов.

Отличительной особенностью железобетонных конструкций зданий и сооружений является использование в качестве несущих элементов двух компонентов – стали и бетона. Они обладают разными физико-механическими свойствами: прочностью, деформативностью,

коррозоустойчивостью и т.д., что обуславливает значительную зависимость их совместной работы от технологических факторов и условий эксплуатации [2, 9].

Со временем железобетонные конструкции вследствие эксплуатации и влияния природно-климатических факторов теряют свои эксплуатационные характеристики. Эти факторы связаны с износом, старением, коррозией арматуры или бетона и другие, которые могут привести к повреждениям и выхода из строя железобетонных элементов зданий и сооружений в целом. В таких случаях требуется их реконструкция с усилением.

Коррозионное разрушение бетона и арматуры, дефекты монтажа и изготовления (отсутствие закладных деталей, пониженная прочность бетона, недостаточное армирование и прочее), трещинообразование бетона от развития начальных трещин и перегрузок, разрушение опорных участков, являются наиболее распространенными повреждениями железобетонных конструкций, которые вызывают необходимость их усиления.

Усиление железобетонной конструкции представляет собой комплекс конструктивных мероприятий и технологических работ, выполняемых в процессе ремонта, направленных на сохранение или повышение несущей способности и эксплуатационных свойств строительных конструкций [1]. Если не провести его своевременно, здание может разрушиться, и повлечь за собой материальные издержки и возможные человеческие жертвы.

Потребность в усилении несущей конструкции можно представить в следующей классификации (рис. 1).



Рис. 1. Потребность в усилении несущей конструкции

Выбор метода усиления зависит от целого ряда факторов:

- продолжительности реализации, необходимости остановки процесса, протекающие в нем, использования специального грузоподъемного оборудования;
- вида усиления (временное, аварийное, постоянное или перспективное);
- необходимости привлечения сторонних организаций для выполнения работ;
- сложности конструктивного решения, трудоемкости реализации, стоимости;
- условий эксплуатации усиленных конструкций, их прогнозируемый ресурс долговечности [3].

Необходимость усиления следует определять на основании результатов обследования и поверочных расчетов, выполняемых по действующим, на момент проведения обследования, нормативным документам [1].

Таким образом, выбор способов и схем усиления, определение целесообразности, возможности усиления нужно рассматривать для каждого конкретного случая с учетом фактического состояния конструкции, возможности выполнения усиления без остановки основного производства, агрессивности среды.

Схема усиления железобетонных конструкций устанавливается по результатам проведенных обследований зданий при разработке технического задания на реконструкцию:

- возведение новых разгружающих или заменяющих конструкций, которое полностью или частично воспринимают дополнительные нагрузки;
- увеличение несущей способности существующих конструкций (без изменения и с изменением расчетной схемы и напряженного состояния или с применением специальных методов усиления) [7].

На рис. 2 приведена общая классификация способов усиления железобетонных конструкций [3].

Усиление железобетонных конструкций может производиться с использованием различных методов, которые в свою очередь подразумевают под собой ряд определенных мероприятий [6,10]:

- увеличение поперечного сечения различных элементов железобетонной конструкции, которое производится путем инъектирования бетонного раствора в опалубку, торкретирования или бетонирования слоями с арматурным каркасом;
- увеличение прочности несущих элементов за счет установки

дополнительных, с целью перераспределения воздействия нагрузок на основную деталь;

- повышение технических характеристик железобетона, в виде монтажа дополнительных армирующих каркасов или других усиливающих элементов;

- перенос нагрузки с основного элемента на дополнительные, за счет добавления в конструкцию консолей, подмены некоторых элементов на детали с меньшим весом, модификаций имеющихся элементов;

- повышение стойкости элементов, расположенных ниже уровня земли, которое производится за счет установки специальных свай или подошв.



Рис. 2. Классификация способов усиления железобетонных конструкций

Из всех вышеперечисленных способов усиления железобетонных элементов следует, что в качестве материала усиления чаще всего используется металл, который необходимо включить в совместную работу с усиливаемой железобетонной конструкцией [9].

Наиболее распространенными методами усиления железобетонных конструкций являются [13]:

- метод увеличения площади поперечного сечения элемента конструкции, который является одним из старейших и заключается в увеличении площади поперечного сечения конструкции (рис. 3).

Метод способствует увеличению жесткости железобетонных конструкций. Оставшаяся возможность дальнейшего развития коррозии арматуры и разрушения бетона является его недостатком. В целом метод простой и экономичный.

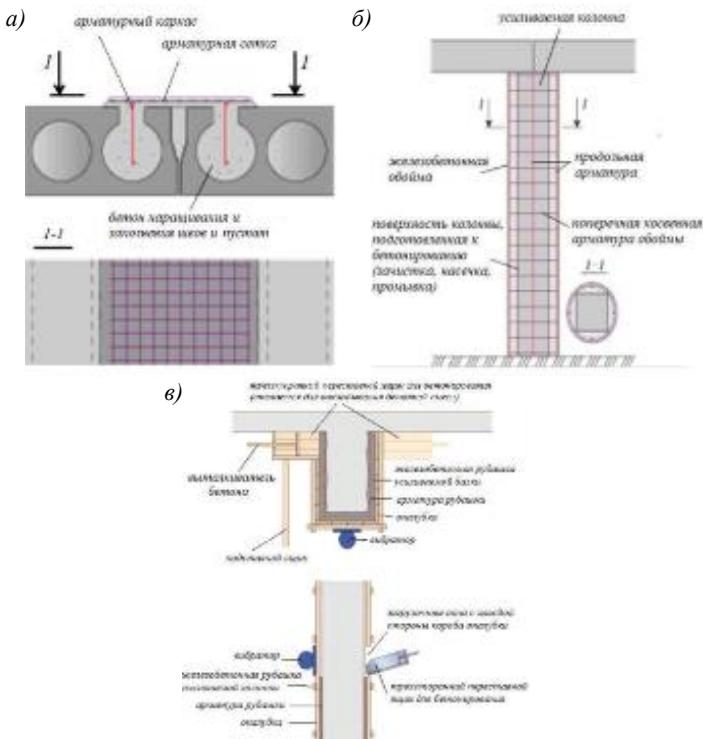


Рис. 3. Увеличение площади поперечного сечения:

а – усиление плит перекрытия; б – усиление колонн; в – усиление балок

– метод с помощью предварительно напряженных затяжек, который позволяет обеспечить уменьшение недопустимых прогибов конструкций и повысить их несущую способность и трещиностойкость. Недостатки метода проявляются в низкой огнестойкости и возможности коррозии металла напряжения прядей (рис. 4).

– метод установки дублирующих элементов, который заключается в установке дублирующих элементов рядом или в промежутке между существующими конструкциями, разгружающие несущие конструкции и воспринимающие всю или часть нагрузки на себя. Преимуществом метода является простая техника производства работ и включение в работу непосредственно после выполнения работ. Недостатком - ограничение области его применения (рис. 5).

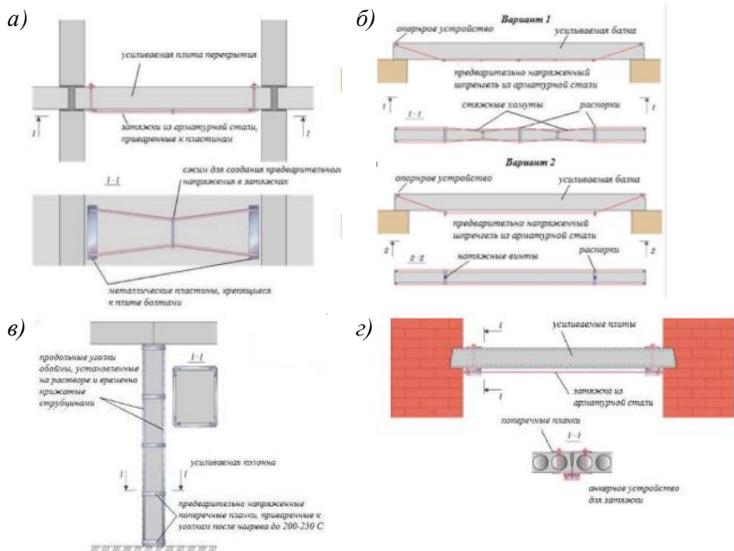


Рис. 4. Предварительное напряжение (затяжки): а – усиление плиты перекрытия; б – усиление балок; в – усиление колонн; г – усиление плит

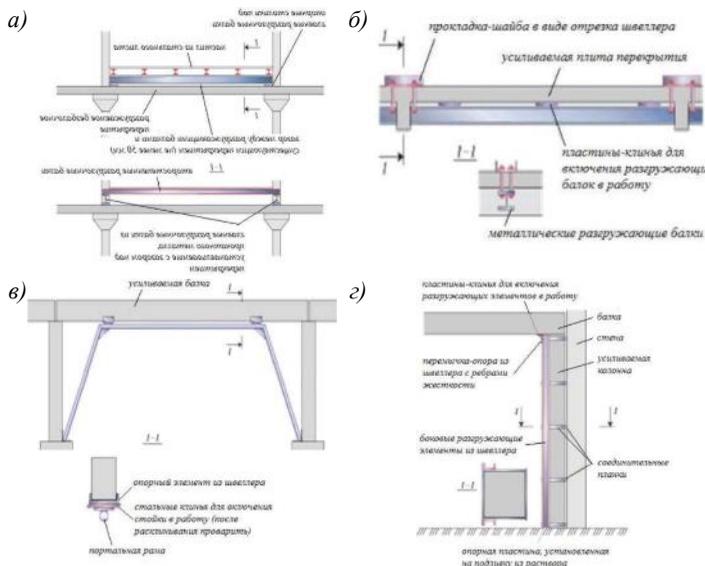


Рис. 5. Установка дублирующих элементов: а – усиление разгружающими балками сверху перекрытия; б – усиление разгружающими балками снизу перекрытия; в – усиление балок; г – усиление колонн

– метод установки стальных элементов, имеющих сцепление с бетоном, который заключается в приклеивании бетоном или эпоксидным клеящим составом к поверхности стальных листов, укладке арматурных элементов в заранее подготовленные штробы, за счет чего образуя трехкомпонентную систему «бетон – клеящий состав – сталь». Дополнительные элементы позволяют увеличить сопротивление имеющихся элементов изгибу и повышают изгибную жесткость конструкции в целом (наиболее часто применимо к балкам).

Недостатки данного метода заключаются в низкой огнестойкости, ограниченном использовании при усилении сложных геометрических профилей, в подверженности коррозии стали (рис. 6).

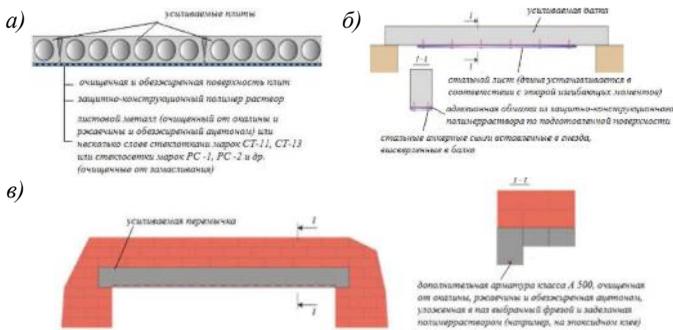


Рис. 6. Установка стальных элементов и усиление:  
а – плит; б – балок; в – перемычек

– метод изменения расчетных и геометрических схем конструкции, который эффективен для превращения однопролетных схем в многопролетные (рис. 7). При соединении однопролетных подкрановых балок на опорах накладками создаются неразрезные балки расчетные, усилия которых от тех же крановых нагрузок будут на 30-40 % меньше (рис. 8).

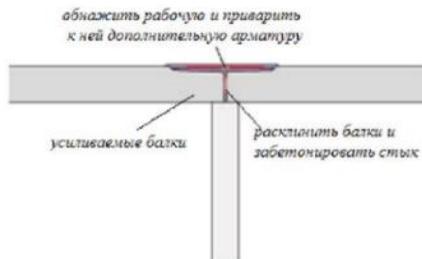


Рис. 7. Изменение геометрической схемы балок

Более современным решением вопроса усиления железобетонных конструкций является усиление с использованием композитных материалов. На микроуровне они состоят из двух или более компонентов. Волокна называются наполнителем, а второй компонент связующим [4].

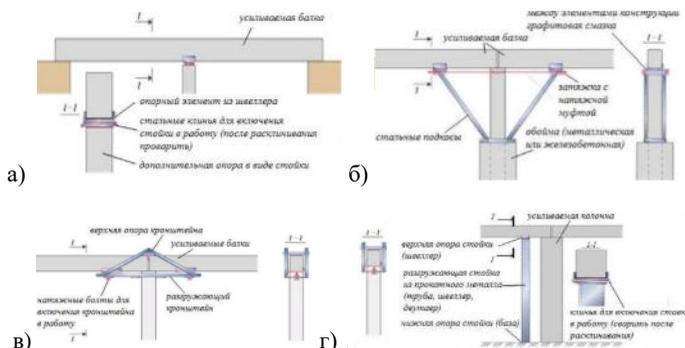


Рис. 8. Изменение расчетных и геометрических схем конструкций: *а* – усиление балки дополнительными опорами; *б* – усиление балки подкосами; *в* – усиление балки кронштейном; *г* – усиление колонны дополнительной опорой

В строительстве применяются композитные материалы на основе высокопрочных волокон: углеродных, арамидных, стеклянных и др. В основе стекловолокон используются кварцевые стекла, относительно невысокая стоимость является их преимуществом. В основе арамидных волокон лежат волокна схожие по структуре нейлону. Они, по сравнению со стеклянными, имеют более высокую прочность и модуль упругости, более пластичны под действием растягивающих нагрузок, но при сжатии остаются упругими до разрушения, обладают низкими электро- и теплопроводностью, хорошей выносливаемостью и жесткостью.

Наиболее широкое применение в строительстве нашли композитные материалы на основе углеродных волокон, которые обладают исключительными физико-механическими характеристиками, а также стойкостью к различным агрессивным средам. В основе усиления строительных конструкций полимербетоном и композитными материалами лежит увеличение площади поперечного сечения элемента. Недостатки проявляются в низкой огнестойкости, изменении свойств под действием ультрафиолетового излучения, возможном трещинообразовании при изменении объема в условиях

ограничения свободы деформации, развитию при высоких температурах значительной деформационной ползучести [8, 12].

Использование самовосстанавливающегося бетона при строительстве зданий позволяет производить усиление железобетонной конструкции еще до начала работ по их монтажу [10]. Такой бетон в сравнении с обычным его составом имеет меньший вес, большую гибкость и обладает способностью «саморегенерироваться», что исключает саму необходимость мероприятий по усилению, восстановлению, реставрации.

Следует отметить, что для корректного исполнения задачи по продлению срока эксплуатации железобетонных элементов необходимо правильно подобрать способ усиления, который будет применим к конкретным условиям, так как методы классифицируются по ряду признаков в зависимости: от назначения конструкции; от специальных условий эксплуатации; от типа конструкции; от состояния конструкции и др. [10]. Любые методы усиления железобетонных конструкций предполагают проведение ответственных и важных строительных операций, для реализации которых нужны определенные навыки проектирования, знания для совершения расчетов.

#### **Библиографический список**

1. СП 349.1325800.2017. Свод правил. Конструкции бетонные и железобетонные. Правила ремонта и усиления. / Росстандарт.– М., 2018.
2. Байков В.М., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс: 5-ое изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1991.- 766 с.
3. Кондратчик А.А. Железобетонные конструкции. В 6 ч. Ч. 6. Усиление строительных конструкций зданий и сооружений: конспект лекций / А.А. Кондратчик. – Брест: Издательство БрГТУ, 2019. – 178 с.
4. Кракович И. А. Обзор композитных материалов для усиления железобетонных конструкций / И. А. Кракович. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 20 (310). – С. 115-117. – URL: <https://moluch.ru/archive/310/70074/> (дата обращения: 07.02.2023).
5. Лукашов А.В., Кочерженко В.В. Усиление железобетонных и каменных конструкций композитными материалами на основе углеродного волокна // Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции.

Белгород. 2020. С. 163-167.

6. Меркулов С.И., Есипов С.М. Методы усиления железобетонных конструкций композитными материалами. // Современные наука и образование: материалы Всерос. научн.- практ. конф. Центр содействия развитию научных исследований. Новосибирск: ООО «ЦСРНИ». 2015. С.26-34.

7. Меркулов С.И., Есипов С.М. Усиление железобетонных колонн внешним армированием из композиционных материалов // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: сб. докладов Международных академических чтений РААСН. / Курск. гос. ун-т. Курск: Изд-во КГУ. 2014. С. 191-199.

8. Неволин Д.Г. Усиление железобетонных конструкций зданий и сооружений различного назначения полимерными композиционными материалами : монография / Д.Г. Неволин, Д.Н. Смердов, М.Н. Смердов. – Екатеринбург : УрГУПС, 2017. – 151,[1] с.

9. Овчинников Д.Э. Основные методы усиления железобетонных конструкций в промышленном и гражданском строительстве, их достоинства и недостатки / Д.Э. Овчинников. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2021. – № 6 (348). – С. 55-57. – URL: <https://moluch.ru/archive/348/78430/> (дата обращения: 07.02.2023).

10. Петров М.И. Сравнительное исследование методов усиления железобетонных конструкций / М. И. Петров. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – № 3 (450). – С. 137-140. – URL: <https://moluch.ru/archive/450/99110/> (дата обращения: 07.02.2023).

11. Параничева Н.В., Назмеева Т.В.. Усиление строительных конструкций с помощью углеродных композиционных материалов// Инженерно-строительный журнал. № 2. 2010. С. 19-22.

12. Смоляго Г.А., Обернихина Я.Л. Обзор эффективности усиления полимеркомпозитными материалами. Огнестойкость конструкций. // Вестник БГТУ им. Шухова, 2021. № 2. С. 15-27.

13. Усиление железобетонных конструкций - online presentation / МГТУ им.: <https://ppt-online.org/204874?ysclid=ldwocc8n7m876986049>

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИУРЕТАНОВОГО КЛЕЯ В КЛАДКЕ ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,

Рябчевский И.С., аспирант,

Се Ди, аспирант,

Кутоманов Д.Е., студент

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

*Хулуنبуирский институт, г. Хайлар, Китай*

Ячеистобетонные блоки являются одним из наиболее востребованных современных строительных материалов благодаря своей прочности и теплоизоляционным свойствам. Они используются при возведении стен как малоэтажных частных домов, так и в высотных многоквартирных. Одним из важных аспектов применения ячеистобетонных блоков в кладке является выбор заполнителей швов, который обеспечит надежную и долговечную связь между блоками. [1-5].

При кладке на цементно-песчаном растворе толщина шва составляет 10-12 мм, являющимся температурным мостом. Поскольку теплопроводность цементно-песчаного раствора выше, чем теплопроводность газобетона, это приводит к значительным теплотерям, составляющим до 30 %. А при использовании полиуретанового клея через швы кладки теряется до 10 % тепловой энергии. В связи с чем обосновано применение заполнителей швов, характеризующихся низкой теплопроводностью, при этом обеспечивающих требуемое сцепление между блоками, при этом не ухудшающих другие важные показатели ограждающих конструкций, такие как прочность, трещиностойкость, огнестойкость и другие [6].

Одной из возможностей повышения теплоизоляционных свойств кладки из ячеистобетонных блоков является использование в качестве заполнителя швов однокомпонентных полиуретановых клеев.

Полиуретановый клей – адгезионный состав из изоцианитов, обладающий хорошей адгезией к различным поверхностям, в том числе к изделиям из автоклавного газобетона, а также высокой прочностью, устойчивостью к влаге, теплу и химическим воздействиям.

Кладка из ячеистобетонных блоков на полиуретановом клее имеет несколько преимуществ по сравнению с кладкой на цементно-песчаном растворе (рис. 1).



Рис. 1. Преимущества кладки ячеистобетонных блоков с применением полиуретанового клея

Авторами [7] разработана двухрядная энергоэффективная кладка стен из ячеистобетонных блоков с применением полиуретанового клея (рис. 2), обладающая минимальным количеством сквозных швов, что позволяет уменьшить продуваемость кладки и повысить энергоэффективность стеновых конструкций на 10-30 %. Кладка блоков на полиуретановом клее позволяет уменьшить толщину стен и улучшить теплоизоляционные свойства здания.

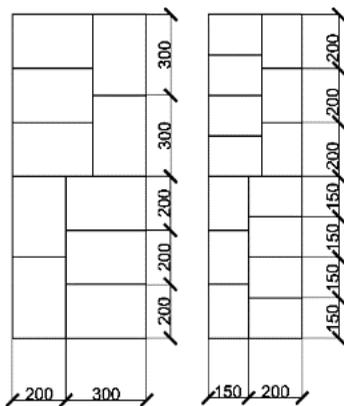


Рис. 2. Двухрядная энергоэффективная кладка стен из ячеистобетонных блоков с применением полиуретанового клея

Использование полиуретанового клея в кладке обеспечивает надежность конструкции за счет прочного соединения

ячеистобетонных блоков между собой и к поверхности стены. В публикации [8] так же представлены результаты испытаний, которые показывают, что прочность кладки на полиуретановых швах при растяжении и при изгибе параллельно и перпендикулярно горизонтальным швам на 40 % выше прочности кладки на обычных минеральных растворах.

Однако полиуретановый клей обладает низкой сдвиговой жесткостью, снижая трещиностойкость кладки, что ограничивает применение данного заполнителя шва, позволяя использовать его только при устройстве ненесущих стен зданий [9]. В связи с чем авторами [10] разработаны энергоэффективные кладки стен из ячеистобетонных блоков, позволяющие снизить деформативность ограждающей конструкции на полиуретановом клее за счет устройства фиксаторов в виде стеклокомпозитных стержней в вертикальные швы кладки и непосредственно в блоки.

Энергоэффективная кладка стен из ячеистобетонных блоков с их фиксацией представлена на рис. 3.

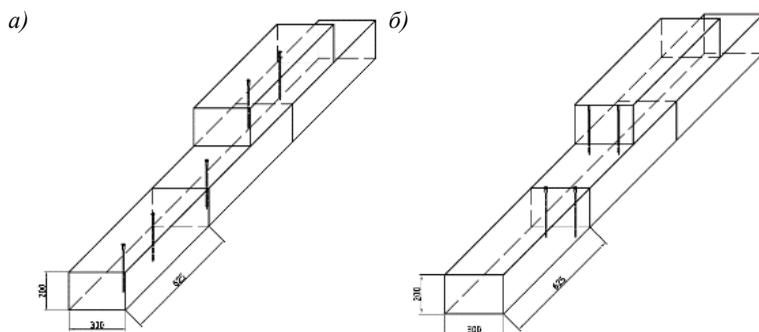


Рис. 3. Кладка стен из ячеистобетонных блоков с их фиксацией:  
*а* – по блоку; *б* – по шву

Внедрение разработанного энергоэффективного решения при устройстве ограждающих конструкций из ячеистобетонных блоков при возведении гражданских зданий позволит оптимизировать экономические и технологические факторы проектных решений современных объектов капитального строительства.

Возведение кладки на полиуретановых клеевых составах позволяет исключить мокрые процессы на строительной площадке и примерно в 2 раза увеличить скорость кладочных работ по сравнению с традиционной технологией, когда кладка производится на

цементных клеевых составах или растворах [8].

В статье [6] по результатам эксперимента было установлено, что время выполнения монтажных работ при сборке четырех экспериментальных фрагментов стен различной толщины составило:

375 мм – 45 мин при монтаже 1 м<sup>3</sup> кладки;

300 мм – 40 мин при монтаже 1 м<sup>3</sup> кладки;

200 мм – 40 мин при монтаже 1 м<sup>3</sup> кладки;

100 мм – 80 мин при монтаже 1 м<sup>3</sup> кладки.

Интервалы времени, указанные выше, учитывают только процесс сборки фрагментов, нанесение клеевого состава на поверхности блоков, установку блоков в проектное положение, их выравнивание в кладке. Использование полиуретанового клея позволяет уменьшить время на установку блоков и улучшить качество работ.

Одним баллоном, которого достаточно для выполнения 1-1,25 м<sup>3</sup> кладки, можно заменить 1,5 мешка цемента, либо 25-килограммовый мешок сухой смеси. При данном расходе полиуретанового клея кладка оказалась экономически более целесообразной по сравнению с кладкой на цементный клей [8]. Кладка блоков на полиуретановый клей позволяет сократить количество используемых материалов и уменьшить затраты на строительство.

Также использование полиуретанового клея не приводит к выделению токсичных веществ и не загрязняет окружающую среду. Однако факторам, ограничивающим его применение, является низкая стойкость к воздействию УФ-излучения [11].

Таким образом, кладка из ячеистобетонных блоков на полиуретановом клее является эффективным и надежным методом склеивания блоков, который обеспечивает улучшенные теплоизоляционные свойства здания, снижение затрат на отопление, ускорение процесса установки блоков и экономию материалов и затрат при соблюдении технологии и правил возведения ограждающих конструкций и эффективной эксплуатации.

### **Библиографический список**

1. 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.

2. Сулейманова Л.А., Марушко М.В., Лукьяненко А.К. Строительная система из газобетона для реконструкции зданий // Университетская наука. 2018. № 1 (5). С. 21–24.
3. Сулейманова Л.А., Коломацкий А.С., Погорелова И.А., Марушко М. В. Повышение эффективности производства и применения ячеистых бетонов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2017. № 11. С. 34–42.
4. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Suleymanov K.A. Energy efficiency improvement of aerated concrete block wall fences // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Buildintech bit 2020. Innovations and technologies in construction. 2020. P. 012006.
5. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Рябчевский И.С. Заполнение швов ячеистобетонной кладки несущих и самонесущих стен зданий // Университетская наука. 2019. № 2 (8). С. 33-36.
6. Глумов А.В. Кладка на полиуретановых составах: как устранить мостики холода // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. №4. С. 30–31.
7. Сулейманов К. А., Погорелова И. А., Рябчевский И. С. Повышение теплотехнической однородности стен из ячеистобетонных блоков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. - 2022. - №5. - С. 17–24.
8. Горшков А. С., Ватин Н. И. Свойства стеновых конструкций из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения на полиуретановом клею // Magazine of Civil Engineering. 2013. №5. С. 5–19.
9. Gorshkov A.S., Rymkevich P.P., Vatin N.I. Properties of the Wall Structures Made of Autoclaved Cellular Concrete Product on the Polyurethane Foam Adhesive. Magazine of Civil Engineering. 2013. No 5, Pp. 5–19.
10. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Ryabchevskiy I.S. Energy efficient stone cellular concrete masonry on polyurethane adhesive // Lecture Notes in Civil Engineering, 2021, 151 LNCE. Pp. 55-65.
11. Селяев В.П., Низина Т.А., Егунова Е.А. Анализ изменения эксплуатационных характеристик пигментированных полиуретановых композитов, подвергающихся воздействию УФ - облучения // Известия ТулГУ. Технические науки. 2011. №5. С. 103-110.

# НАПРАВЛЕНИЕ 7

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

### ПРИМЕНЕНИЕ ДИСПЕРСНО АРМИРОВАННЫХ БЕТОНОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Богачева М.А., ассистент**

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

Современное строительство напрямую связано с задачами повышения эффективности строительного производства, снижения стоимости и трудоемкости технологических процессов, экономного использования материальных и энергетических ресурсов, применения новых прогрессивных материалов и технологий [1-4].

Одними из перспективных конструкционных материалов являются дисперсно армированные бетоны. Такие бетоны представляют собой одну из разновидностей обширного класса композиционных материалов, которые на сегодняшний день все более широко применяются в различных отраслях промышленности. Дисперсное армирование осуществляется волокнами - фибрами, равномерно распределенными в объеме бетонной матрицы [3].

Первый в мире патент на фибробетонную конструкцию был получен российским ученым Некрасовым В.П. в 1909 г. Широкое развитие исследований по разработке фибробетонов и методов расчета конструкций на их основе начались с 60-х годов XX-го века. Первое масштабное практическое применение фибробетона в России можно датировать 1976 г., когда его впервые использовали для строительства взлетно-посадочной полосы. Но в то время данный материал не получил широко применения в нашей стране, так как технология производства фибробетона и сама фибра на тот момент были несовершенны [4].

В настоящее время интерес к применению волокон как основы строительных конструкций заметно возрос, особенно при использовании таких волокон в качестве арматуры [5]. Такой интерес вызван стремлением специалистов существенно повысить физические показатели бетонных конструкций, к которым современное строительство предъявляет все более высокие требования. Также, учитывается непрерывное увеличение потребления природных ресурсов, повышение расхода энергии, увеличение образующихся отходов, загрязнение окружающей среды из-за роста производства. Известно, в частности, что количество энергии, требующейся для

производства бетонов, оказывается минимальным по сравнению с количеством энергии, необходимой для изготовления стали, алюминия, стекла. Армирование бетонов приводит к соответствующему повышению энергоемкости материала.

Использование волокон в качестве арматуры с целью преодоления недостаточной прочности при растяжении бетонных материалов может создать предпосылки для получения бетонов нового типа, с более широкими возможностями их применения в строительстве. Как и в традиционно армированных структурах, упрочнение волокнами основывается на предположении, что материал бетонной матрицы передает волокнам приложенную нагрузку посредством касательных сил, действующих по поверхности раздела, и таким образом, основную долю напряжений воспринимают волокна.

Мировой опыт исследования и применения дисперсно армированных бетонов показывает, что введение волокон обеспечивает:

- улучшение прочностных характеристик бетонов, повышение трещиностойкости, ударо- и износостойкости, статической прочности при различных силовых воздействиях;

- повышение эксплуатационной надежности конструкций при воздействии агрессивной среды за счет улучшения структуры бетона;

- возможность сокращения рабочих сечений конструкций, в ряде случаев уменьшение расхода или полный отказ от использования стержневой арматуры.

- Анализ технической литературы позволил определить эффективные области использования различных видов волокон в качестве дисперсной арматуры и выделить некоторые закономерности, которые могут считаться общепризнанными:

- свойства фибробетона определяются видом применяемых волокон и бетона, их количественным соотношением и во многом зависят от состояния контактов на границе раздела фаз;

- существенное повышение прочностных характеристик композита по сравнению с исходным бетоном с сохранением достигнутого уровня во времени обеспечивается использованием высокотехнологичных волокон, химически устойчивых по отношению к матрице и с большим, чем у нее, модулем упругости;

- вид волокон, их относительная длина и процентное содержание в смеси должны назначаться, исходя из требований к изделиям и конструкциям с учетом принятой технологии, отступление от оптимальных значений указанных параметров в большую или меньшую сторону снижает эффективность дисперсного армирования;

– при оптимальных параметрах армирования введение волокон способствует улучшению структуры и свойств исходного бетона, повышению его стойкости и долговечности.

Отмечаются множественные преимущества фибробетона: снижение затрат на строительство при использовании фибры для армирования вместо армирующей сетки или каркаса; расход бетона с применением фибры значительно меньше; в отличие от остальных видов бетона фибробетон не теряет своих технических характеристик даже после окончания срока службы, поскольку благодаря фибре материал становится вязким; фибра может применяться как в газо-, так и в пенобетонных конструкциях [6].

Из недостатков можно подчеркнуть только одно, это высокая стоимость по сравнению с обычным бетоном, но вопросы долговечности и износостойкости более приоритетны.

Конструкции и изделия, в которых применяются дисперсно армированные бетоны представлены на рис. 1.



Рис. 1. Применение дисперсно армированных бетонов в конструкциях и изделиях

Экономический эффект фибробетона в основном наблюдается благодаря его высокой прочности, высокой износоустойчивости, удобству эксплуатации, более длительному межремонтному периоду и более надежной технике безопасности в строительстве в условиях сейсмических нагрузок, ударных нагрузок и пожаров. Однако, одним из

важнейших факторов, определяющих распространение этого строительного материала, является его технологичность, которая имеет ряд существенных особенностей, отличающих от обыкновенного бетона и требующих их неукоснительного соблюдения.

В свете вышеперечисленных факторов использование фибробетона в элементах и конструкциях многоэтажных и высотных зданий, особенно тех, что построены в сейсмической зоне, обосновано и эффективно, что объясняется укреплением дисперсионной фиброй, обеспечивающим диссипацию энергии к структуре, элементу или объему площади благодаря более высокой энергии деформации и деструкции по сравнению с обычным бетоном дискретного укрепления [7].

Перспективами в области дисперсного армирования является изучение различных комбинаций наполнитель+фибра+добавки, для достижения наилучших показателей прочности, морозостойкости, трещиностойкости и т.д. Кроме того, возможно исследование, в котором в качестве заполнителей для бетонов являются отходы производств и другие нестандартные для этой области материалы.

#### **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. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов // Изд. 5. Общие вопросы. Москва: Издательство АСВ, 2002. 500 с.
3. Волков И.В. Фибробетон. Особенности и перспективы применения в строительных конструкциях / И.В. Волков, Э.М. Газин // Стройпрофиль. 2003. № 2. С. 62-63.
4. Морозов В.И. К расчету фиброжелезобетонных конструкций, подверженных совместному воздействию кручения с изгибом / В.И. Морозов, И.В. Бахотский // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 109.
5. Богачева М.А. Сулейманова Л.А. Фибробетон и его применение в строительной индустрии / VII Международный студенческий строительный форум – 2022: сб. докл.: в 2 т. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. – Т.2. С. 213-220.
6. Пухаренко Ю.В. Оптимизация параметров армирования мелкозернистого бетона синтетическими волокнами / Ю.В. Пухаренко, В.Ю. Лезов // Технология бетона. 2011. № 1. С. 28-29.
7. Ключев С.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон с использованием полипропиленового волокна / С.В. Ключев, Р.В. Лесовик // Бетон и железобетон. 2011. № 3. С. 24-28.

## ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Богусевич Г.Г.**, канд. техн. наук, доц.,

**Сопин Д.М.**, канд. техн. наук, доц.,

**Айыдов Д.Н.**, аспирант,

**Гасанова Т.П.**, магистрант

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

В настоящее время можно наблюдать рост строительной отрасли, что подразумевает, в том числе и использование передовых строительных материалов, отличающихся высокой технологичностью, используемых в процессе постройки зданий и сооружений различного функционала.

К наиболее широко используемым в строительстве современным эффективным материалам можно отнести неоднородные, которые были созданы искусственным способом и включающие в себя ряд составляющих с четкой границей раздела [1].

В основном составляющими композита являются его матрица и армирующее вещество, матрица позволяет дать изделию необходимую форму, а материал, из которого она состоит, закрепляет арматуру, которая в свою очередь осуществляет передачу физико-механических свойств, которыми обладает, непосредственно изделию увеличивая сопротивляемость матрицы механическим воздействиям. За счет подобного симбиоза составляющих с разнообразными свойствами происходит образование совершенного иного материала, который обладает свойствами, отличающимися от характеристик исходных составляющих.

Виды композитов ранжируются по типу армирующего компонента: слоистые, насыпные, волокнистые, скелетные, наполненные. Характеристики конечного материала зависят от физико-механических свойств каждого отдельного компонента.

Использование дисперсного армирования и непрерывной дисперсной арматуры приводит к изменению свойств цементного камня, способствуя увеличению его стойкости к образованию трещин, повышению прочности на изгиб и разрыв, увеличивая тем самым запас прочности [2-4].

В современной строительной отрасли используется разнообразная номенклатура синтезированных армирующих волокон природного и искусственного происхождения, которые включаются в состав бетонных и растворных смесей для увеличения их конструктивно-эксплуатационных свойств (рис. 1).

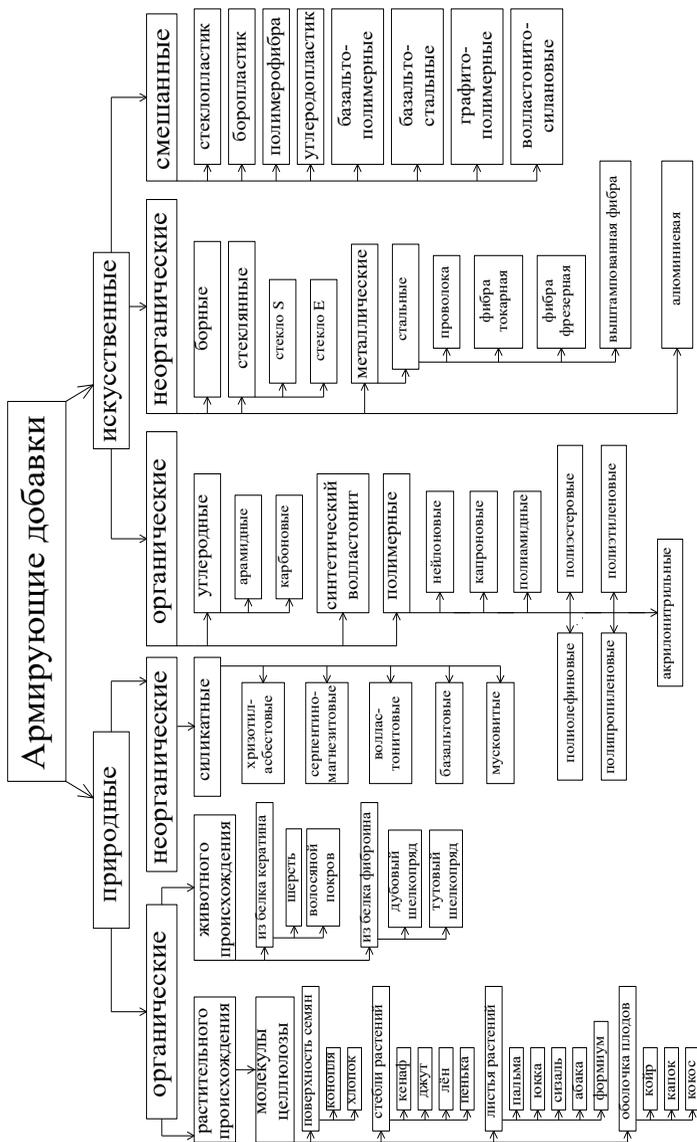


Рис. 1. Классификация армирующих добавок

Большой интерес вызывает использование базальтовых волокон из природного минерального сырья, относящиеся по своему минеральному составу экструзивным магматическим горным породам.

К факторам, замедляющим широкое использование волокон при армировании современных композитов, можно отнести их невысокую стойкость к химическим воздействиям в процессе гидратации цементного камня дефицит фибры из металла, относительно низкую эффективность при высокой стоимости [5, 6].

Следует также обратить внимание что полипропиленовая и стеклянная фибра, полученная искусственным путем, уступает по своим показателям базальтовой фибре (табл. 1). К отрицательным моментам ее использования можно отнести: вред, наносимый окружающей среде, невысокой стойкостью к химическим воздействиям, повышенное водопоглощение, невысокое сопротивление растягивающим воздействиям.

Таблица 1

### Механические характеристики волокон

№	Характеристика	Разновидности волокна			
		Стекловолокно	Минеральное волокно	Базальтовое волокно	
1	Кажущаяся плотность, кг/м <sup>3</sup>	12–25	24–40	15–23	
2	Диаметр элементарного волокна, мкм	4–12	4–10	1–3	
3	Модуль упругости, кгс/мм <sup>2</sup>	до 7200	5400–8000	9100–11000	
4	Коэффициент уплотнения при эксплуатации	1,6	1,8	1,2	
5	Остаточная плотность при растяжении, % при температуре, °С:				
		20	100	100	100
		200	92	95	98
		400	52	60	85
		600	спекание	20	76

Для обеспечения необходимых теплозащитных свойств требуется увеличить количество минерального волокна более чем в два раза, что связано с ее плотностью. Стеклянные и минеральные волокна по температурным свойствам показывают более худший результат по сравнению с волокнами из базальта, которые обладают значительно

более высоким интервалом изменения температур, характеризуются высокой температурой спекания и низкой теплопроводностью.

В нейтральной и щелочной среде базальтовые волокна обладают в два три раза более высокой стойкостью к химическим воздействиям в нейтральной и щелочной среде и до двадцати раз выше в кислотной среде, при этом их водопоглощение ниже на 85 %, что увеличивает их повышению их сопротивляемости при эксплуатации (табл. 2).

Таблица 2

**Химическая стойкость волокон**

№	Характеристика	Разновидности волокна		
		Стекловолокно	Минеральное волокно	Базальтовое волокно
1	Химическая устойчивость (потеря массы), %			
	в нейтральной среде	6,2	4,5	1,6
	в щелочной среде	6	6,4	2,75
	в кислотной среде	38,9	24	2,2
2	Водопоглощение за 24 ч, %	1,7	0,95	0,02

Введение небольшого количества базальтового волокна повышает стойкость материала к изгибающим воздействиям, что в свою очередь увеличивает его долговечность, уменьшает деформации усадки, повышает ударную вязкость и трещиностойкость. За счет этого увеличивается область использования данного композита за счет снижения веса строительных конструкций ввиду уменьшения сечения элементов при аналогичной прочности, что является еще одним доводом перспективности использования дисперсного армирования, а также будет способствовать снижению затрат на сырье и энергетических ресурсов.

**Библиографический список**

1. Богусевич Г.Г., Сопин Д.М., Милькина А.С., Богусевич В.А. К вопросу о возможности микроармирования мелкозернистого бетона // Проблемы и перспективы развития России: молодежный взгляд в будущее. сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции. Юго-Западный государственный университет; Московский политехнический университет; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. 2019. С. 217-220.

2. Ильинская Г.Г., Черкесов М.Ф., Смальченко М.Ю. Современные композиты армированные базальтовыми волокнами // Эффективные строительные композиты. Научно-практическая конференция к 85-

летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 193-200.

3. Ильинская Г.Г., Козлов В.А. О выборе армирующих добавок для сухих строительных смесей // Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережение. Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции. Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова. 2014. С. 257-261.

4. Лесовик В.С., Ильинская Г.Г. Базальтовое волокно как армирующий материал для сухих строительных смесей // Сухие строительные смеси. 2011. № 6. С. 9.

5. Лесовик Р.В., Агеева М.С., Клюев С.В., Лесовик Г.А., Сопин Д.М. Фибро-текстиль бетоны на основе техногенных песков белгородской области // 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.Г. Шухова. 2017. С. 156-169.

6. Клюев С.В. Особенности формирования фибробетонных композитов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 32-35.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ . ПОЛЫХ СТЕКЛЯННЫХ МИКРОСФЕР**

**Бочарников А.Л., студент,  
Загороднюк Л.Х., д-р. техн. наук, проф.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Стратегия устойчивого развития, направленная на снижение выброса парниковых газов, становится главной задачей развития человека в строительной отрасли. Сокращение выбросов парниковых газов, связанных с потреблением энергии во время эксплуатации здания, имеет решающее значение с точки зрения энергоэффективности зданий и сооружений.

Именно для этого необходимо строительство все большего количества энергосберегающих зданий, которые требуют новых строительных и отделочных материалов с функцией теплоизоляции. Надлежащая теплоизоляция материалов, способна обеспечить приемлемый комфорт для жителей здания при снижении нагрузки на

охлаждение или обогрев, экономит огромную энергию и затраты, а также уменьшит уровень выбросов в окружающую среду от электростанций. Благодаря хорошим механическим свойствам материалы и их композиты на основе цемента играют доминирующую роль в конструкциях и зданиях, но в настоящее время это приводит к большим проблемам из-за заметного углеродного следа при производстве цемента, имеющий относительно высокий показатель теплопроводности вследствие чего, вызывающий огромные теплопотери. Поэтому оптимизация теплоизоляционных композитов на основе цемента крайне необходимы и обеспечивают как научный, так и инженерный интерес для их будущего применения для создания энергоэффективных зданий и повышения экологической устойчивости.

В последние годы повышенное внимание уделяется разработке стеклянных микросфер для использования в авиастроении, судостроении, космонавтики и в строительных композитах, что связано с их низкой плотностью, высокой прочностью и отличными теплоизоляционными свойствами [1-7].

Рассмотренные результаты научных исследований по применению полых стеклянных микросфер при создании теплоизоляции летательных аппаратов, а также применения их в судостроении, космонавтики и в строительных композитах показал, что стеклянные микросферы являются перспективным материалом благодаря уникальному сочетанию их свойств.

Полые стеклянные микросферы, (далее – МС) известные как стеклянные пузырьки, представляют собой стеклянный материал, наполненный воздухом, заключенный в тонкую сферическую стеклянную оболочку. МС изготавливаются из натрий-известкового боросиликатного стекла и в зависимости от характерных свойств обладают разной прочностью и плотностью. Они непористые, химически инертны, устойчивы к воде и маслу.

Общий способ улучшить теплоизоляционную эффективность материала или композита состоит в том, чтобы встроить в цементную матрицу полые стеклянные микросферы для сопротивления теплового потока через материал.

МС в строительных материалах изучены и применяются при создании строительных композитов во многих странах. Проведено множество исследований тепловых характеристик композитов на основе цемента, включающих полые стеклянные микросферы [8-9]. Некоторые результаты показывают, что теплопроводность композитов на основе цемента может быть значительно снижена за счет включения полых стеклянных микросфер, что приводит к повышению

энергоэффективности строительных конструкций [4].

Кроме того, использование полых стеклянных микросфер в композитах на основе цемента также может улучшить механические свойства композитов, такие как прочность на сжатие, прочность на изгиб и ударопрочность [5]. МС делают материалы более прочными и долговечными, что особенно важно в строительной отрасли. Кроме того, использование полых стеклянных микросфер позволяет повысить огнестойкость материалов, сделав их более пожаробезопасными [6].

Следует учитывать, что при разработке композиций необходимо ориентироваться на свойства исходных компонентов, так как долговечность и прочность композиции можно обеспечить лишь соблюдая следующие условия:

- материалы матрицы и наполнителя не должны агрессивно воздействовать друг на друга, так как это вызывает химическую коррозию компонентов и потерю прочности композиции;

- матрица и наполнитель должны быть прочно сцеплены друг с другом, чтобы материал представлял собой единое целое.

Помимо этих условий существуют и другие факторы, влияющие на прочность композиции и обеспечивающие эффективную совместную работу ее структуры.

Таким образом литературный анализ показал, что добавление полых стеклянных микросфер в композиты на основе цемента может значительно снизить теплопроводность материала, что приводит к созданию энергоэффективных зданий. Кроме того, включение полых стеклянных микросфер в композиты на основе цемента может улучшить механические свойства материала, такие как прочность на сжатие, прочность на изгиб и ударопрочность. Использование МС делает материалы более прочными и долговечными, что имеет решающее значение в строительной отрасли. Вдобавок, использование полых стеклянных микросфер повышает огнестойкость материалов, делая их более пожаробезопасными.

В заключение следует отметить, что использование полых стеклянных микросфер в строительной отрасли представляет собой многообещающее решение растущей проблемы энергоэффективности и устойчивости. Поскольку сокращение выбросов парниковых газов в результате энергопотребления зданий становится все более важным, растет спрос на теплоизоляционные материалы, которые могут обеспечить комфорт при одновременном снижении нагрузки на отопление и охлаждение. Включение полых стеклянных микросфер в композиционные отделочные материалы на основе цемента дает множество преимуществ поэтому для полного использования

потенциала этих полых стеклянных микросфер необходимы дальнейшие исследования и разработки, использование полых стеклянных микросфер открывает большие перспективы для будущего строительной отрасли.

### Библиографический список

1. 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.
2. Brzeski D., Hia I.L., Chauvette J. F., Farahani R. D., Piccirelli N., Ross A., Therriault D. Design of thermoset composites for high-speed additive manufacturing of lightweight sound absorbing micro-scaffolds // Additive Manufacturing. 2021. Vol. 47. P. 102245. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2021.102245>.
3. Sokolov I.I. Application of sphere plastics in different branches of industry // Polymer Science, Series D 8. 2015. Pp. 223–226. <https://doi.org/10.1134/S1995421215030144>
4. Бочарников, А. Л. Создание теплоизоляционных материалов с учетом закона родства структур / А. Л. Бочарников, Д. А. Сумской // VII Международный студенческий строительный форум - 2022 : Сборник докладов VII Международного студенческого строительного форума, Белгород, 24 ноября 2022 года. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 117-120.
5. Liang J.Z., Li F.H. Measurement of thermal conductivity of hollow glass-bead-filled polypropylene composites // Polymer Testing. 2006. Vol. 25. Iss. 4. Pp. 527-531. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2006.02.007>.
6. Edwin Raja Dhas J., Arun M. A review on development of hybrid composites for aerospace applications // Materials Today: Proceedings. 2022. Vol. 64. Part 1. Pp. 267-273. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.511>.
7. Kudryavtsev O. A., Olivenko N. A., Sapozhnikov S. B., Ignatova A. V., Bezmelnitsyn A. V. Characterization of Damages and the Residual Flexural Strength of Layered Composites After Low-Velocity Impacts Using Indicator Coatings // Mech Compos Mater. 2021. Vol. 57. Pp. 587–596 <https://doi.org/10.1007/s11029-021-09981-y>
8. Медведев, Е. Ф. Изготовление стеклянных микросфер из синтетических составов / Е. Ф. Медведев, Н. И. Минько // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 7. – С. 167-174.
9. Морфология и свойства полых стеклянных микросфер. Часть 2. О взаимосвязи геометрии полых стеклянных микросфер и их потребительских свойств / Л. В. Плешков, А. Н. Трофимов, А. В. Байков, А. А. Смирнов // Пластические массы. – 2021. – № 1-2. – С. 33-37. – DOI 10.35164/0554-2901-2021-1-2-33-37.

## ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ С ОРТОТРОПНЫМ АРМИРОВАНИЕМ СТАЛЬНОЙ СПИРАЛЕВИДНОЙ ФИБРОЙ

**Бочкарева О.С., ассистент**  
*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия*

Напряжения и деформации в бетоне могут возникнуть как вследствие воздействия внешней механической нагрузки, так и в результате действия физико-химических процессов твердения цементного камня, изменения его влажностного состояния. При этом возникновение трещин в бетоне как от внешних, так и от внутренних факторов обусловлено превышением предельной растяжимости бетона. В этой связи дисперсное армирование оказывает существенное влияние на зарождение и кинетику трещинообразования на всех структурных уровнях цементных систем [1-5].

В данной работе рассмотрено влияние ортотропного армирования стальной спиралевидной фиброй на усадочную трещиностойкость цементного камня и вязкость разрушения бетона.

Усадочная трещиностойкость дисперсно-армированного цементного камня оценивалась с помощью кольцевого метода. Для этого из цементного теста с  $V/C=0,30$  контрольного состава и с двумя видами стальной фибры в равной дозировке-спиралевидной и линейной, фрезерованной из стального листа, имеющей анкеры на концах, были заформованы образцы-кольца в формах со стальным сердечником диаметром 5 см, ширина формуемого образца-кольца – 1 см. После снятия наружного кольца через 5 ч от момента затвердения цемента водой образцы оставались насаженными на стальной цилиндрический сердечник. Влажностная усадка цементного камня способствовала обжатию стального сердечника и возникновению растягивающих напряжений с образованием трещин. Трещиностойкость по данному методу характеризуется временным интервалом до появления трещины, количеством трещин, шириной раскрытия трещин. Ориентация фибры была преимущественно горизонтальной и под углом до  $45^\circ$ . Ширина раскрытия трещин оценивалась с помощью микроскопа МПБ-2, обеспечивающего увеличение  $24 \pm 5$  %.

Через 24 ч от момента затвердения цемента на образце контрольного состава было констатировано образование одной магистральной сквозной усадочной трещины (рис. 1), ширина раскрытия трещины составила 0,85 мм.

Через 48 ч от момента затвердения цемента были диагностированы две усадочные трещины на образце со спиралевидной фиброй с максимальной шириной раскрытия 0,05 мм (рис. 2) и три трещины на

образце со стальной линейной фиброй с отгибами на концах с максимальной шириной раскрытия 0,1 мм (рис. 3).

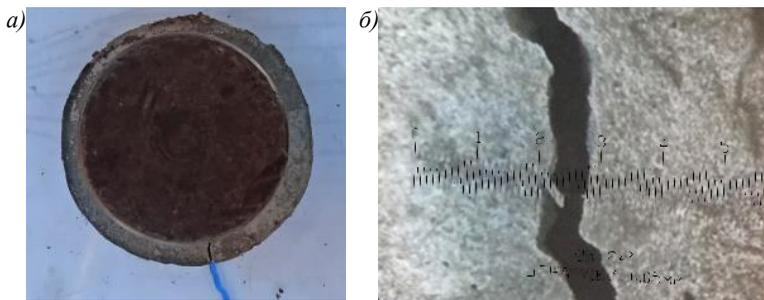


Рис. 1. Образец контрольного состава (а) и ширина раскрытия трещины (б)

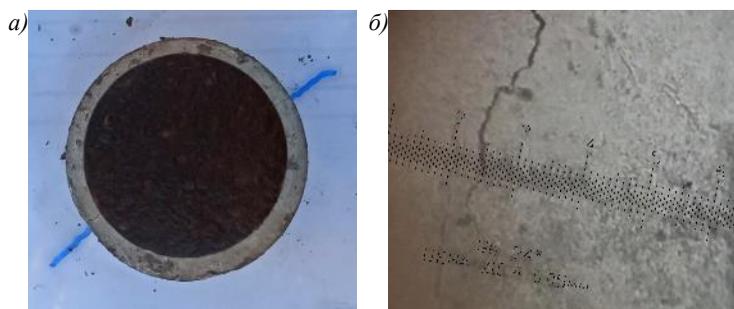


Рис. 2. Образец со стальной спиралевидной фиброй (а) и ширина раскрытия трещины (б)

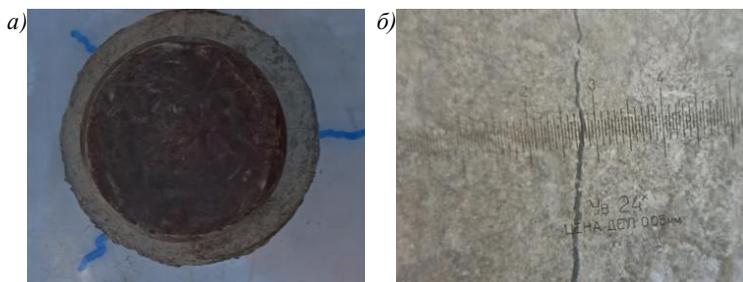


Рис. 3. Образец со стальной линейной фиброй, имеющей анкеры на концах (а) и ширина раскрытия трещины (б)

Применение стальной линейной фибры не обеспечивает объемного армирования структуры, ограничивая развитие трещинообразования только в какой-то одной плоскости в зависимости от ориентации фибры.

Включение в структуру цементного камня спиралевидной фибры способствует компенсации усадки за счет перераспределения внутренних напряжений вследствие ограничения свободного развития объемных деформаций. Самопроизвольное распространение усадочных деформаций замедляется, носит затухающий характер за счет диссипации энергии движения трещины. Торможение роста трещины обусловлено тем, что ее движущийся край попадает в область низких растягивающих напряжений. Уменьшение деформаций усадки цементного камня (микробетона) позволяет прогнозировать повышение трещиностойкости бетона ортотропно армированного спиралевидной фиброй.

На втором этапе исследования была проведена оценка вязкости разрушения бетона с ортотропным армированием стальной спиралевидной фиброй.

Характеристики трещиностойкости контрольного неармированного бетона и сталефибробетона с применением спиралевидной фибры были определены при проведении неравновесных механических испытаний бетонных призм  $10 \times 10 \times 40$  см, имеющих начальный надрез. Характеристикой трещиностойкости выступал условный критический коэффициент интенсивности напряжений  $K_{сc}$ , значение которого прямо пропорционально нагрузке, отвечающей динамическому началу движения магистральной трещины. Полученные результаты коэффициентов интенсивности напряжений  $K_{сc}$  представлены в табл. 1.

Таблица 1

#### Характеристика трещиностойкости

Тип фибры	Условный критический коэффициент интенсивности напряжений $K_{сc}$ , МПа·м <sup>0,5</sup>
-	0,352
Стальная фибра, фрезерованная из стального листа	0,458
Стальная спиралевидная фибра	0,857

Отношение длины фибры к ее диаметру оказывает существенное влияние на трещиностойкость фибробетона. Для бетона с применением стальной спиралевидной фибры коэффициент интенсивности напряжений превысил в 2,43 раза данный показатель контрольного неармированного состава. Применение стальной линейной фибры с отгибами на концах способствовало росту коэффициента интенсивности напряжений в 1,3 раза. Характер разрушения контрольного образца и образца со стальной спиралевидной фиброй представлены на рис. 4 и 5.



Рис. 4. Разрушение неармированного образца



Рис. 5. Разрушение образца фибробетона со стальной спиралевидной фиброй

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что ортотропное армирование стальной спиралевидной фиброй вносит существенный вклад в обеспечение трещиностойкости бетона.

### Библиографический список

1. Магдеев, У.Х. Трещинообразование дисперсно-армированных бетонов с позиций механики разрушения / У.Х. Магдеев, В.И. Морозов, Ю.В. Пухаренко // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 1 (19). С.110-117.
2. Фионов, Р.И. Влияние видов фибр на трещиностойкость фибробетона // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 160-летию со дня рождения В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. С. 305-308.
3. Flexural creep of steel fiber reinforced concrete in the cracked state / Garcia-Taengua E., Arango S., Marti-Vargas J.R. [et al.] // Construction and Building Materials. 2014. Vol. 65. Pp. 321-329.
4. Пухаренко Ю.В., Пантелеев Д.А., Морозов В.И., Магдеев У.Х. Прочность и деформативность полиармированного фибробетона с применением аморфной металлической фибры // Academia. Архитектура и строительство. 2016. № 1. С. 107-111.
5. Пухаренко, Ю.В. Оценка эффективности дисперсного армирования бетонов по показателям прочности и трещиностойкости / Ю.В. Пухаренко, Д.А. Пантелеев, М.И. Жаворонков // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2022. Т. 19, № 5(87). С. 752-761. – DOI 10.26518/2071-7296-2022-19-5-752-761.

## ВЛИЯНИЕ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

Губарев С.А., ст. преп.,  
Черских Д.Ю., студент,  
Чуйко К.К., студент

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

В настоящее время одной из важнейших задач в отрасли строительства является разработка эффективных материалов и внедрение новых ресурсосберегающих технологий. Это можно достичь путем применения промышленных отходов из природных материалов.

Так, например, повышение качества портландцемента можно достичь путем внедрения в его состав различных добавок без изменения способа его производства. Эти добавки могут значительно повлиять на структуру и физико-механические свойства цементного камня. В результате этого можно получить бетон лучшего качества.

Микронаполнители – тонкомолотые инертные добавки, которые вводят в состав бетона для повышения его физико-механических свойств. Их частицы практически нерастворимы в воде, а размеры достигают 150 мкм. В качестве микронаполнителей для бетона могут служить граниты, базальты, микрокремнезем, полимеры, зола уноса, микрокальцит, шлаки и молотый известняк.

При введении в состав бетонной смеси микронаполнителей возникают некоторые трудности. Они связаны с сушкой и помолом добавок. Поэтому возникла необходимость в нахождении наиболее эффективных материалов, при введении которых не возникают вышеизложенные трудности. Одним из таких веществ является тонкодисперсных карбонат кальция, то есть мел. Он состоит из слабощементированных частиц кальцита, которые можно измельчать мокрым способом, тем самым не тратить время на сушку.

Свойства мела во многом зависят от его происхождения, составом, структурой и текстурой. Благодаря высокой удельной поверхности частиц можно достичь повышения прочности бетона и сократить расход цемента.

По результатам исследований [1, 2] введение карбоната кальция в состав бетонной смеси оказывает благоприятное воздействие на свойства бетона. Рассмотрим это подробнее.

Исследования проводились на зависимость прочности бетона от количества микронаполнителя, введенного в состав вяжущего. Эксперименты проводились на образцах естественного твердения и после термовлажностной обработки. Использовался цемент различного минералогического состава (табл. 1).

Таблица 1

### Минералогический состав цемента

№ П/П	Наименование цемента	Содержание некоторых компонентов в % по массе			
		$C_3S$	$C_2S$	$C_3A$	$C_4AF$
1	Портландцемент ПЦ I 400-Н	60,7	16,5	6,2	13,8
2	Шлакопортландцемент ШПЦ Ш/А-400	40,8	8,3	3,5	6,9
3	Сульфатостойкий портландцемент ССПЦ-400	47	35,1	4,8	11
4	Быстротвердеющий портландцемент ПЦ II/Б Ш-400	64,8	13,8	6,5	13

Для проведения испытаний использовали портландцемент ПЦ I 400-Н, шлакопортландцемент ШПЦ Ш/А-400, сульфатостойкий портландцемент ССПЦ-400 и быстротвердеющий портландцемент ПЦ II/Б Ш-400.

В процессе исследований применяли тонкодисперсный мел, который вводили вместо части песка (рис. 1).

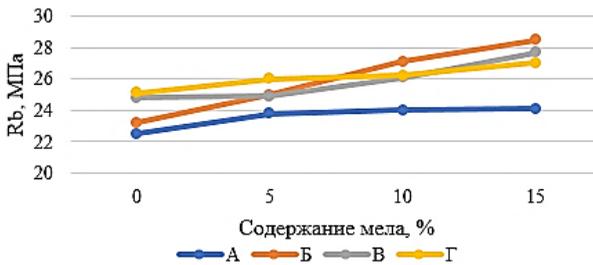


Рис. 1. Изменение прочности на сжатие бетона при разном содержании мела: (А – шлакопортландцемент ШПЦ Ш/А-400; Б – быстротвердеющий портландцемент ПЦ II/Б Ш-400; В – портландцемент ПЦ I 400-Н; Г – сульфатостойкий портландцемент ССПЦ-400)

Анализируя полученные результаты можно сделать выводы, что с увеличением процентного содержания мела в составе бетона увеличивается прочность на сжатие бетона. Это связано с тем, что при добавлении мела происходит уплотнение структуры, которое приводит к сближению частиц, образованию контактных кристаллизационных мостов и переплетению гидратных фаз, имеющих различные геометрические размеры и структуру.

Однако явление увеличения прочности бетона на сжатие при добавлении мела наблюдается не всегда. Если продолжить увеличивать процентное содержание микронаполнителя в бетоне, то можно наблюдать совсем иную картину (рис. 2) [3].

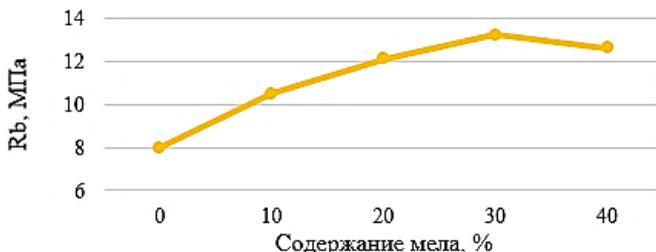


Рис. 2. Изменение прочности бетона на примере портландцемента ПЦ I 400-Н

Исследуя данную диаграмму можно заметить, что добавление мела в количестве до 30 % ведет к повышению прочности бетона, если же добавить больше 30 %, то прочность будет уменьшаться.

Следует обратить внимание на характер разрушения бетона. Испытываемые образцы раскалывались по зернам заполнителя, что свидетельствует о значительном сцеплении цементного камня с заполнителем [4].

Исследования наглядно показали, что внедрение добавки мела в состав бетона является ресурсосберегающей технологией. Добавка не только повышает прочность бетона на сжатие, но и позволяет сократить расход цемента. Однако, следует понимать, что необходимо подбирать правильное количество мела в бетоне, чтобы конечный продукт соответствовал требованиям по прочности и долговечности.

В данный момент в лаборатории инженерных изысканий при БГТУ им. В. Г. Шухова проходят исследования свойств мела, для установления закономерностей, способствующих повышению прочности мелкозернистого бетона при добавлении в него мела и иных полимерных добавок [5].

Из проведенных исследований видно, что некоторые полимеры в связке с мелом увеличивают прочность бетонной смеси за счет увеличения времени твердения. Для выведения точных зависимостей процентного содержания каждого из веществ, необходимо и далее проводить исследование, чтобы наглядно показать эффективность карбоната кальция.

### Библиографический список

1. Ахмед А.А.А., Лесовик Р.В., Аль-Бу-Али У.С., Лесовик Г.А. Влияние тонкодисперсной добавки из бетонного лома на структурообразование портландцемента // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021 № 1. С. 20–28. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-1-20-28.
2. Карпиков Е.Г., Лукутцова Н.П., Соболева Г.Н., Головин С.Н., Черенкова Ю.С. Влияние микрозаполнителей из природного волластонита на свойства мелкозернистого бетона. Строительные

материалы и изделия. Том 2 №6. 2019 С. 20–28.

3.Татьянина О.А. Исследование влияния тонкодисперсных карбонатных добавок на свойства растворов и бетонов // Успехи в химии и химической технологии. 2008. №7 (87).

4.Хозин, В.Г. Карбонатные цементы низкой водопотребности// Технологии Бетонов №11-12, 2009 - С. 25-26.

5.Губарев С.А., Калачук Т.Г. Сравнение прочностных характеристик мела при проведении инженерно-геологических изысканий // Вектор ГеоНаук. – 2020. – Т. 3, № 4. – С. 4–7. – DOI: <https://doi.org/10.24411/2619-0761-2020-10037>.

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ДОБАВОК НА ФОРМИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОНОВ**

**Дмитриева М.А., д-р физ.-мат. наук, проф.,  
Когай А.Д., аспирант**  
*Балтийский федеральный университет  
им. И. Канта, г. Калининград, Россия*

В основе структурообразования бетона лежит реакция гидратации цемента, определяющая характер твердения и набора прочности материала. Влияние на процесс формирования структуры и развитие физико-механических характеристик композита возможно путем проектирования его состава с учетом модифицирующих добавок, которые, взаимодействуя с фазами цемента, способны изменять состав продуктов гидратации.

Можно выделить две основных группы добавок: химические модификаторы, вводимые в бетон в небольших количествах от 0,1 % до 2 % по массе цемента, являющиеся поверхностно-активными веществами, и тонкомолотые добавки, замещающие вяжущее в количестве от 5% в целях сокращения расхода цемента и повышения плотности. Спектр действия модифицирующих добавок крайне широк: среди них можно выделить замедлители схватывания, пластифицирующие, водоредуцирующие и стабилизирующие добавки, ускорители твердения, а также модификаторы, регулирующие сохраняемость подвижности, воздухововлечение, коррозионную и противоморозную стойкостью. Характер поведения добавок определяется механизмом их действия: они могут изменять растворимость минеральных вяжущих веществ, не вступая с ними в химические реакции, реагировать с вяжущими и образовывать труднорастворимые соединений, некоторые же добавки являются готовыми центрами кристаллизации или способны к адсорбции на поверхности твердой фазы [1].

Механизм действия добавок является не единственным критерием

выбора в технологии улучшения характеристик бетона: необходимо параллельно обеспечивать критерии доступности, эффективности, экологической безопасности, экономической целесообразности, энерго- и ресурсосбережения [2]. Крайне актуальными являются техногенные добавки, получаемые, например, из отходов металлургической и энергетической промышленности, а также материалы, учитывающие особенности местной сырьевой базы различных регионов строительства.

Целый ряд исследований посвящен изучению добавок, определяемых экологической значимостью, в рамках развития регионального техногенного сырья для производства современных бетонов.

В исследовании С. Одеями и др. [3] рассматривалась возможность использования золы бамбуковых листьев в качестве вяжущего материала высокофункциональных бетонов. Основопологающей идеей стало снижение расхода цемента и повышение экологической эффективности строительного производства. Бамбуковые листья обжигали в электрической печи при  $700^{\circ}\text{C}$  в течение 2 часов, после чего полученную золу просеивали. По результатам энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии в составе добавки было зафиксировано присутствие более 70% оксида кремния, что обуславливает наличие пуццолановых свойств. Частичная замена портландцемента полученной золой позволила авторам добиться прироста прочности бетона на сжатие и ускорения процессов гидратации системы при 5% вводе добавки от массы цемента.

Наиболее распространенной добавкой, обладающей пуццолановой активностью, является зола-уноса. Она удаляется из топки с дымовыми газами и улавливается при их очистке в циклонах и электрофильтрах [4]. Менее изученной является зола-уноса совместного сжигания возобновляемой биомассы с углем. Подобная технология позволяет сократить объемы использования угля и, как следствие, количество выбросов  $\text{CO}_2$  в атмосферу [4]. Так, в работе канадских исследователей [6] изучались свойства бетона, полученного с применением золы совместного сжигания угля и древесины. Совместное сжигание биомассы с углем не привело к заметному изменению состава золы-уноса из-за низкого содержания золы части в древесных гранулах. Образцы, изготовленные с заменой цемента полученной добавкой до 40 % показали прирост прочности на сжатие до 75 % по сравнению с беззолными составами в возрасте 28 сут. Полученные результаты позволяют судить о золе-уноса совместного сжигания угля и древесины как о перспективной добавке для бетонов.

Одной из разновидностей золы, получаемой при работе тепловых электростанций, является золошлаковая смесь, синтезируемая

вследствие совместного гидроудаления золы и шлака. Влияние данной смеси, а также горелых шахтных пород на свойства бетонов было исследовано в работе [7]. Отмечено, что данные компоненты являются высокоактивными, так как содержат в составе активный глинозем в виде радикалов дегидратированных глинистых минералов. При этом, горелые породы проявляют свойства активного глиниста, а золы - среднеактивной силикатно-железистой добавки. Исследуемые образцы продемонстрировали рост прочности на сжатие при добавлении модификаторов, а также улучшение качества структуры бетона.

В последнее время можно заметить рост количества публикаций, посвященных изучению влияния микрокремнезема на свойства высокофункциональных бетонов, хотя тенденция использования данной добавки в строительных материалах берет начало с 70х годов прошлого века. В работе [8] отмечается положительное действие микрокремнезема на формирование прочной структуры, в особенности в зонах контакта цемента с заполнителем. Было зафиксировано увеличение показателей прочности на сжатие, сокращение водоотделения и усиление адгезионного взаимодействия цементного камня и заполнителей в бетоне. Исследователи из Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности [9] установили рост показателя удельной поверхности частиц в цементной смеси с добавлением микрокремнезема. Высокая дисперсность компонента способствует развитию водопотребности частиц для достижения оптимальной густоты теста, что было подтверждено опытами. Было также установлено, что предельно допустимое содержание микрокремнезема, способствующее набору максимальной прочности, ограничивается 20 % по массе цемента. При дальнейшем увеличении доли микрокремнезема в смеси до 30-40 % наблюдается снижение прочности на сжатие, что может быть объяснено ослаблением контактов адсорбционно связанной воды с частицами.

В МГСУ проводились испытания по определению свойств бетонов, модифицированных комплексной органоминеральной добавкой на основе золы-уноса, микрокремнезема и золы рисовой шелухи [10]. Зола рисовой шелухи из Вьетнама обладает химическим составом и свойствами, отвечающими всем требованиям, предъявляемым к кремнеземной неорганической части добавки. Было доказано, что применение комплексного модификатора способствует более интенсивному набору прочности и плотности, при этом дорогостоящий микрокремнезем может быть заменен золой рисовой шелухи без потери свойств. Однако введение добавки существенно увеличивает водопотребность смеси, что приводит к необходимости использования суперпластификаторов. Уникальные свойства золы рисовой шелухи были подробно рассмотрены в рамках проектирования

состава гидротехнического бетона [11]. Благодаря формированию более плотной упаковки частиц бетонной структуры, наблюдался рост прочности на сжатие от 9 до 30 % в зависимости от процента ввода добавки и усиление сопротивляемости к проникновению ионов хлора.

Одним из перспективных экологических решений является утилизация изношенных шин и использование резиновой крошки в качестве наполнителя [12]. В ходе испытаний были получены положительные результаты, например, высокая устойчивость к динамическим и статическим нагрузкам, повышение прочности на изгиб и улучшение показателей динамической вязкости. Однако, значительное повышение пластичности негативно повлияло на прочностные характеристики при сжатии. В этой связи группа ученых из Палестины предложила новый метод получения сажи, как побочного продукта пиролиза шин, который может быть применен для улучшения свойств бетона [13]. В ходе исследования были изготовлены образцы с частичной заменой цемента полученной добавкой. Было зафиксировано снижение осадки смеси, что может быть вызвано агрегацией частиц сажи, однако полученные значения находились в допустимых пределах. Наблюдался рост прочности при сжатии с добавлением сажи до 9 % по массе цемента. Результаты испытаний на водопоглощение и сопротивление истиранию показали, что свойства затвердевшего бетона улучшались при использовании добавки в количестве 3-5 %.

Еще одной экологической проблемой является рост отходов алюминия. В 2021 г. были опубликованы наработки по использованию отходов алюминиевых композитных панелей с полиэтиленом низкой плотности в качестве компонента бетона [14]. Было установлено, что в отобранных образцах среднее процентное содержание алюминиевого шлака и полиэтилена составляет 36 % и 64 % соответственно. Цемент был заменен отходами алюминиевого шлака с различным процентным содержанием по массе, а соответствующий полиэтилен был использован в качестве добавки. Испытания продемонстрировали значительное снижение удобоукладываемости модифицированных смесей. Это может быть объяснено тем, что алюминий вступает в реакцию с гидроксидом кальция в течение первых 24 ч с образованием дополнительного  $C_3A$  и выделением газообразного водорода. Реакция трехкальцевого алюмината с водой интенсивна и приводит к мгновенному затвердеванию пасты, что обуславливает более высокое снижение подвижности с увеличением отходов алюминиевого шлака в бетоне [15]. Выделение водорода также объясняет расширение полученного бетона. Положительный эффект наступает в поздние сроки твердения бетона: для испытываемых образцов рост прочности на сжатие был зафиксирован через 210 сут твердения за счет уплотнения продуктов гидратации двухкальцевого силиката  $C_2S$ .

Научный интерес представляют разработки добавок на основе отходов нефтепереработки. Авторы [16] отмечают, что подобные исследования имеют экологическую и экономическую важность для регионов с большим количеством нефтеотходов. Полученное вещество представляло собой водную эмульсию, технический эффект которой оценивался по результатам достижения гидрофобизирующих и пластифицирующих свойств. Добавка вводилась в составы в количестве от 1 до 3 % по массе цемента, образцы испытывались на прочность при сжатии и изгибе, плотность и водопоглощение. В работе было показано, что использование данного модификатора приводит к двукратному росту прочности, вызванному химической фиксацией молекул и образованием более крепких связей. Было зафиксировано меньшее количество макропор в исследуемых составах, повышение плотности и снижение показателя водопоглощения.

Основным отходом нефтяной отрасли на сегодняшний день является техническая сера. В 2018 г. содержание серы в российской экспортируемой нефти достигло предельного значения в 1,7 %, что сделало актуальным вопрос ее утилизации. В 2019 г. была предложена концепция разработки многофункционального модификатора на основе технической серы для бетонных смесей [17]. Изготовление добавки производилось по золь-гель-технологии [18]. В полученной суспензии отбирался выпавший осадок, который и использовали в качестве модификатора. Исследования проводили на бетонах на основе как цементного, так и гипсового вяжущего. В обоих случаях наблюдался прирост прочности на 5-20 % по сравнению с контрольным составом и повышение водостойкости на 10-20 %.

На основании изученного опыта применения техногенных добавок в производстве современных бетонов было проведено исследование, направленное на получение торфяного термообработанного модификатора из сырья Калининградской области [19]. Технология термомодификации, предложенная исследователями из ТГАСУ [20], была скорректирована и позволила получить материал с удельной поверхностью свыше 5000 см<sup>2</sup>/г, при добавлении которого в бетон наблюдались рост прочности, подвижности и водоудерживающей способности. При введении в состав добавки в количестве 8 % по массе цемента в возрасте 21 сут был достигнут прирост прочности мелкозернистого бетона на изгиб и на сжатие в размере 9 % и 23 % соответственно.

Таким образом, использование добавок техногенного происхождения в производстве современных бетонов обусловлено экономической и экологической эффективностью, а также возможностью целенаправленного формирования заданных физико-механических свойств композитов. Сокращение расхода цемента,

утилизация производственных отходов и расширение сырьевой базы строительных материалов способствуют развитию ресурсосберегающих тенденций в строительной индустрии, что позволит повысить эффективность производств современных бетонов до качественно нового уровня.

### **Библиографический список**

1. Юхневский П.И. Влияние химической природы добавок на свойства бетонов // Минск: БНТУ. 2013. 310 с.
2. Демьяненко О.В., Копаница Н.О., Саркисов Ю.С., Горшкова А.В. Цементные композиции, модифицированные комбинированными нанодисперсными добавками // Строительные материалы и изделия: цементные композиции. 2017. С. 101-106.
3. S.O. Odeyemi, O.D. Atoyebi, O.S. Kegbeyale, M.A. Anifowose, O.T. Odeyemi, A.G. Adeniyi, O.A. Orisadare, Mechanical properties and microstructure of High-Performance Concrete with bamboo leaf ash as additive. *Cleaner Engineering and Technology*. Volume 6. 2022. 100352.
4. Боцман Л.Н., Строкова В.В., Ищенко А.В., Боцман А.Н. Модифицирование бетона за счет введения различных видов добавок // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 90-94.
5. Senneca O. Characterization of meat and bone mill for coal co-firing. *Fuel*. 2008. Volume 87. P. 3262 –3270.
- A. Johnson, Lionel J.J. Catalan, Stephen D. Kinrade, Characterization and evaluation of fly-ash from co-combustion of lignite and wood pellets for use as cement admixture. *Fuel*. Volume 89. Issue 10. 2010. P. 3042- 3050.
6. Буравчук Н.И., Гурьянова О.В. Влияние техногенного сырья на свойства бетона // *Инноватика и экспертиза*. № 2 (23). 2018. С.159 –172.
7. Лыткина Е.В., Шипулин А.С. Высокопрочные бетоны с минеральными добавками // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Наука и социум»*. 2020. С.185-187.
8. Джаббарова Н.Э. Свойства цемента и бетонов на его основе с добавлением микрокремнезема // *Просвещение и познание*. 2021. С. 14-20.
9. Чинь Н.Д., Винь Н.Т., Баженов Ю.Н. Высокопрочные бетоны с комплексным применением золы рисовой шелухи, золы уноса и суперпластификаторов // *Вестник МГСУ*. №1. 2012. С. 77-82.
10. Копаница Н.О., Калашникова М.А. Исследования вяжущих свойств низинных торфов при производстве теплоизоляционных материалов // *Вестник ТГАСУ*. №1. 2007. С. 210-216.
11. G. Skripkiūnas, A. Grinys, B. Černius, Deformation properties of concrete with rubber waste additives, *Materials Science*. Volume 13 (3). 2007. P. 219-223.

12. O. Abdulfattah, H. Alsurakji, A. El-Qanni, M. Samaaneh, M. Najjar, R. Abdallah, I. Assaf, Experimental evaluation of using pyrolyzed carbon black derived from waste tires as additive towards sustainable concrete. Case Studies in Construction Materials. Volume 16. 2022. e00938.

A. Paktiawal, M. Alam, An experimental study on effect of aluminum composite panel waste on performance of cement concrete. Ain Shams Engineering Journal. Volume 12. Issue 1. 2021. P. 83-98.

13. Neville AM. Properties of concrete, fourth ed.. Pearson Education, Inc. and Dorling Kindersley Publishing Inc.; 2012. P. 1–844.

14. T.K. Akchurin, V.D. Tukhareli, O.Yu. Pushkarskaya, The Modifying Additive for Concrete Compositions Based on the Oil Refinery Waste. Procedia Engineering. Volume 150. 2016. P. 1485-1490.

15. Гуменюк А.Н., Яковлев Г.И., Полянских И.С., Гордина А.Ф., Грахов В.П. Термопластичная добавка техногенного происхождения для бетонов и растворов // Интеллектуальные системы в производстве. Изд-во: ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова. Т.17. №1. 2019. С. 126-130.

16. Książek M. The experimental and innovative re- search on intensity of corrosion processes influenced by tensile stress for reinforcing steel covered with sulphur polymer composite applied as industrial waste material, Advanced Science Letters. 2013. Volume 19. Issue 1. P. 247- 251.

17. Дмитриева М.А., Когай В.В., Лейцин В.Н., Панфилова А.Д., Пузатова А.В., Сокольникова С.Р. Термомодифицированная торфяная добавка для цементных систем из сырья Калининградской области // Строительство: наука и образование. 2022. Т. 12. Вып. 4. Ст. 5.

18. Копаница Н.О., Кудяков А.И., Саркисов Ю.С., Касаткина А.В. Влияние термомодифицированного торфа на свойства цементных систем // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов: сб. тр. Белгород. 2010. С. 65–68.

## **МОДИФИЦИРОВАННЫЙ НАПОЛНИТЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ**

**Дудченко В.А., аспирант,  
Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

В последние годы было представлено множество исследований и разработок в области древесных полимерных и композитных материалов, и изучением характеристик материалов с использованием наполнителей из древесины и методов их испытаний занимаются не только отечественные, но и зарубежные ученые.

Исследования показывают, что в зависимости от характера

древесных наполнителей (щепа, стружки, опилки) и типа адгезивов (клеи, цемент) используются подходящие технологии для формования древесно-полимерных композиционных материалов. Существует множество различных технологических решений, способствующих повышению активности взаимодействия вяжущих в силикатной смеси с получением высококачественной и конкурентоспособной продукции, один из которых использование древесных наполнителей [1].

Древесные наполнители, как и многие другие материалы, содержат целлюлозу растительного происхождения. Им присущи такие ценные свойства, как низкая плотность, хорошая гидратация, простота в обработке, но при всех достоинствах существуют и недостатки, которые влияют на ключевые характеристики строительных материалов [2]. К недостаткам наполнителей из органической целлюлозы относят: значительное деформирование древесного наполнителя в процессе создания и использования строительных материалов; влияние влажности и давления; наличие эластично-пластических свойств; относительно высокая проницаемость и электропроводность; низкая адгезия к цементному камню; анизотропия; значительная конденсация смеси. В качестве древесного наполнителя можно использовать не только хвойную древесину, но также практически все виды древесины, а также различные отходы лесопилок и деревообрабатывающей промышленности (рейки, обрезка, шпон, опилки, опилки) [3].

Основная проблема древесных материалов, в том, что в процессе полимеризации и сушки древесно-цементных композиционных материалов, а также в процессе эксплуатации, древесный наполнитель будет подвергаться объемной деформации, и может попеременно сжиматься и расширяться в зависимости от погодных условий, меняя форму [4]. В процессе проникновения воды в клеточную стенку образуется большая внутренняя поверхность, и древесина взаимодействует с водой. Наличие изменения влажности в древесине приведет к дальнейшей деформации, что отрицательно повлияет на процесс конструктивного формования, и в целом на качество изготавливаемого материала. Чтобы избежать впитывания и обезвоживания, необходимо предварительно обработать древесину пропитывающей смесью [5].

В данной работе для повышения эксплуатационных свойств строительных материалов на основе отходов деревообработки предлагается использовать модификацию деревянной стружки.

До начала модификации необходимо высушить древесину, так как излишняя влага могла бы деформировать материал еще до того, как на него воздействует приготовленная смесь. Для пропитки

использовалась известково-глиняная смесь. Сухую массу готовили путем измельчения супеси, извести и опилок в ступке. Полученную массу увлажняли водой, тщательно перемешивали и помещали в чашку с протертой пробкой. Смеси оставили в банках на ночь, затем поместили в автоклав (в соответствии с требованиями и инструкциями ГОСТ20022.1).

Согласно ГОСТ20022.1, механическая обработка древесины проводится до момента пропитки, влажность сырья не должна превышать 25%, пропитка должна равномерно распределиться по всей поверхности материала. Если процесс проводится в холодное время года, древесину необходимо предварительно прогреть. Технология автоклавной пропитки подразумевает глубокое проникновение защитного средства в структуру обрабатываемого сырья. Для этого в автоклаве создается вакуум, после чего создается давление жидкости (10 атмосфер), затем снова вакуум для удаления излишков жидкости с древесины.

Исследуемый материал имеет слоисто-волокнистое строение, для получения результатов исследования необходимо иметь четкое представление о структуре исследуемого материала и процессе формирования возникших новообразований. Поэтому полученные образцы отправили на микроскопию. Проведение структурных исследований методом растровой электронной микроскопии были произведены сканирующим электронным микроскопом Tescan MIRA 3 LMU.

Образцы строительных материалов. стружки, изучены поверхности и среза образца на предмет наличия новообразований.

Результаты исследований представлены на рис. 1.

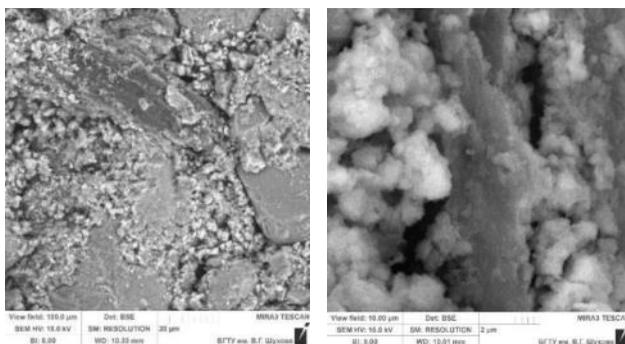


Рис. 1. Микроструктура образцов стружки, обработанная известково-глинистой смесью

По результатам проведенных исследований, были обнаружены новообразования, которые равномерно покрывают изучаемые образцы.

Известняково-глиняная смесь полностью обволокла опилки, что положительно повлияло на характеристики стружки, а именно, приведет к уменьшению водопоглощения и проницаемости, за счет этого повысится стойкость материала к деформациям. В результате получаем древесный наполнитель с улучшенными свойствами.

Анализируя проведенные исследования, мы можем сказать, что использование модифицированных добавок может существенно повлиять на основные свойства и характеристики древесных композиционных материалов и термопластичных полимеров. Поскольку древесина не является техническим материалом, требования к растительным наполнителям очень малы: достигается однородность состава и структуры, благодаря чему может быть обеспечена непрерывность технического процесса изготовления древесных термопластичных композиционных материалов и производства полимеров.

Исследуемые характеристики рассматриваемых образцов существенно отличаются от образцов, без использования известково-глиняной смеси, так как защищены оболочкой, которая не допускает изменения влажности древесных опилок.

Данный метод позволяет модифицировать свойства древесных наполнителей для получения дешевых строительных материалов, которые могут быть использованы в строительном производстве.

### **Библиографический список**

1. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Лесовик В.С., Дороганов Е.А. Оптимизация свойств силикатных материалов на основе известково-песчано-глинистого вяжущего // Строительные материалы. 2007. № 4. С. 66-69.
2. Хасаншин, Р.Р. Древесный наполнитель и его влияние на качество композиционного материала / Р. Р. Хасаншин, П. А. Кайнов, Р. Т. Хасаншина // . – 2014. – Т. 17, № 21. – С. 58-61.
3. Обливин, А.Н. Теоретические основы формирования композиционных материалов на древесных наполнителях / А.Н. Обливин, М.В. Лопатников // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2014. – Т. 18, № 2. – С. 103-107.
4. Наумова, Л.Н. Волокнистые полимерные композиционные материалы / Л.Н. Наумова, Э.Р. Лобанова // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сборник докладов II Международной научно-технической конференции, Белгород, 06–08 декабря 2016 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский

государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2016. – С. 27-30.

5. Юрченко, В.В. Анализ модифицирующих добавок, применяемых в композиционных материалах с наполнителем из отходов древесины и термопластичных полимеров / В.В. Юрченко, В.А. Хлебородова // . – 2018. – № 48. – С. 39-45.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ: АНАЛИЗ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА**

**Ерашев Б. И., студент,  
Симченко О. Л., канд. экон. наук, доц.**  
*Ижевский государственный технический  
университет им. М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия*

Теплоизоляция является одним из ключевых аспектов энергосбережения в современном строительстве. С целью обеспечения комфортной температуры внутри зданий и снижения энергозатрат на отопление, требуется использовать эффективные теплоизоляционные материалы. Несмотря на большое количество уже существующих видов теплоизоляции, все еще проводятся исследования и разработки новых материалов с улучшенными характеристиками.

Целью настоящей работы является рассмотрение существующих современных видов теплоизоляционных материалов, проведение анализа и сравнительной характеристики.

Учитывая большое разнообразие теплоизоляционных материалов, важным вопросом является рассмотрение их области применения и технологии производства работ.

В исследовании представлены следующие строительные материалы, используемые для теплоизоляции зданий и сооружений:

- минеральная вата;
- пенополистирол;
- каменная вата;
- пористая стеклокерамика.

Рассмотрим особенности каждого материала.

*Область применения и технология производства минеральной ваты.* Минеральная вата используется в качестве изоляции для различных типов зданий, как горизонтальных, вертикальных, так и наклонных ограждающих конструкций. Она также применяется в системах наружного утепления штукатурного типа, в навесных вентилируемых фасадах, а также в системах с утеплителем с внутренней или внешней стороны ограждающей конструкции, включая трехслойные бетонные или железобетонные панели, сэндвич-панели с металлическими обшивками и слоистую кладку.

Минеральная вата также широко используется в промышленности, как тепловая изоляция для различных видов оборудования, резервуаров и трубопроводов тепловых сетей, магистральных нефте- и газопроводов, технологических трубопроводов электростанций, металлургических, нефтехимических и других промышленных предприятий.

Технология производства минеральной ваты включает подготовку сырьевой смеси, ее расплавление и переработку в нити, из которых затем образуется минеральная вата. Для производства минеральной ваты используются различные виды горных пород, такие как базальт, диабаз, дунит, перидотит и другие. Основные операции производства включают подготовку и загрузку сырьевых материалов, плавку сырья для получения расплава, переработку расплава в волокно, осаждение минеральных волокон ваты, формирование минераловатного ковра, тепловую обработку для полимеризации связующего, резку ковра и упаковку готовой продукции. Шихта, смесь из определенных пропорций исходных материалов, применяемая для производства каменной ваты, предварительно подготавливается и поступает в плавильный агрегат. Тип плавильного агрегата может варьироваться в зависимости от используемого минерального сырья и энергетического топлива. Каждое предприятие выбирает уникальный состав шихты для получения волокна высокого качества, используя местную природно-сырьевую базу [1].

При плавлении сырьевой шихты в плавильных агрегатах общего типа выделяются три зоны: зона подогрева, зона плавления (при достижении температуры 1500 °С) и зона охлаждения. В минераловатном производстве наиболее распространенным плавильным агрегатом является вагранка, которая использует твердое кусковое минеральное сырье и литейный кокс для плавления. Затем расплав с заданной вязкостью проходит на узел волокнообразования, который состоит из многовалковых центрифуг и камеры волокноосаждения. Здесь на вращающиеся валки с высокой скоростью наносится расплав, что приводит к формированию волокна, которое выдувается воздушным потоком под высоким давлением. На этом этапе также добавляются различные связующие вещества (например, гидрофобизаторы и обеспыливатели), чтобы обеспечить равномерное распределение органических веществ по всему объему материала и сделать его более однородным. Затем волокно направляется в камеру волокноосаждения, где формируется ковер и задаются его предварительные размеры.

*Область применения и способ изготовления пенополистирола.* Пенополистирол используется в различных отраслях, включая военную промышленность в качестве утеплителя и амортизатора в шлемах, в таре и изотермической упаковке для замороженных продуктов. В

строительной отрасли он применяется для утепления фасадов и ограничен государственными стандартами в качестве среднего слоя строительной ограждающей конструкции из-за его потенциальной пожароопасности, требующей предварительных испытаний. В последние десятилетия пенополистирол также нашел применение в строительстве дорог и насыпей, устройстве искусственных рельефов, создании дизайнерской мебели и предметов интерьера, а также в современном декоративно-прикладном и концептуальном искусстве.

Существует три метода производства пенополистирола (ППС): прессовый, беспрессовый и экструзионный. Наиболее распространены методы беспрессового и экструзионного производства. С помощью этих методов производят блоки и плиты, пленки и листы, изделия разнообразной формы и трехслойные конструкции.

Прессовый метод включает в себя три стадии: смешение порошкообразного эмульсионного ПС с газообразователем, прессование композиции и вспенивание заготовки. При этом частицы порошка сплавляются в монолитную массу, а газообразователь выделяет газ, который равномерно распределяется в полимерной массе. После охлаждения пресс-формы до 25-35 °С заготовку вынимают, и она подвергается окончательному вспениванию до размеров изделия.

Беспрессовый метод также включает три стадии: предварительное вспенивание гранул, хранение гранул и окончательное вспенивание гранул формированием изделия.

Пленки и листы из ППС шириной 400-2100 мм, толщиной 0,1-4 мм и поверхностной плотностью 60-300 г/м<sup>2</sup> производятся непрерывным методом экструзии. Это может быть выполнено как экструзией специально приготовленных гранул ПС на установках производительностью 30-50 кг/ч, так и экструзией ПС с введением в расплав полимера вспенивающих агентов на установках производительностью свыше 100 кг/ч. Для производства пленок и листов используются ПС или смеси ПС с 20-50 % УПС, которые смешиваются с остальными компонентами в необогреваемых барабанных или скоростных турбинных смесителях и затем экструдированы в гранулы или перерабатываются в порошок [2].

*Область применения и способ изготовления каменной ваты.*  
Каменная вата – универсальный теплоизоляционный материал, который может использоваться в различных областях:

- Строительство: каменная вата используется для теплоизоляции крыш, стен, перекрытий, фасадов, межэтажных перекрытий и других элементов зданий и сооружений.

- Промышленность: каменная вата применяется в различных отраслях промышленности для тепло- и звукоизоляции трубопроводов, аппаратов, оборудования, технологических линий и других объектов.

- Автомобильная промышленность: каменная вата используется

для теплоизоляции кабины автомобиля, двигателя, глушителя и других элементов автомобиля.

– Кроме того, каменная вата может использоваться для упаковки и защиты товаров при транспортировке.

Способ производства каменной ваты обычно включает в себя следующие этапы:

**Подготовка сырья:** Для производства каменной ваты используются различные виды камня или породы, такие как базальт, диабаз, гранит, долерит, керамзит, шлак, мелкозернистый кварцит и другие. Сырье сначала дробится на куски нужной размерности, после чего отправляется на сортировку по размеру и качеству.

**Плавка:** Для получения каменной ваты сырье плавится в специальных печах при очень высокой температуре (от 1300 до 1600 °С). В печах используется различное топливо, включая газ, нефть, уголь и другие, в зависимости от доступности и экономической целесообразности. При плавке камень или порода расплавляются и превращаются в лаву [3].

**Формование:** Расплавленная лава вытекает из печи через отверстия и попадает на специальные вращающиеся барабаны, где она формируется в волокна. Процесс формования осуществляется за счет быстрого охлаждения расплавленной лавы под действием воздуха или пара. При этом формируются микроскопические волокна, которые затем собираются в большие куски каменной ваты.

**Обработка:** Полученные куски каменной ваты проходят дополнительную обработку, включая разделение на слои нужной толщины, нарезку на нужный размер и форму, обработку поверхности (например, применение водоотталкивающего покрытия), упаковку и транспортировку.

*Область применения и способ изготовления пористой стеклокерамики.* Пористая стеклокерамика находит широкое применение в строительстве благодаря своим уникальным свойствам. Ниже перечислены некоторые области ее применения:

**Теплоизоляция:** Пористая стеклокерамика является отличным теплоизоляционным материалом благодаря ее низкой теплопроводности. Она используется в качестве теплоизоляционного материала для наружных и внутренних стен, крыш, полов и потолков.

**Звукоизоляция:** Пористая стеклокерамика также обладает отличными звукоизоляционными свойствами. Она используется для создания звукоизоляционных стен, потолков и полов в зданиях.

**Декоративные элементы:** Пористая стеклокерамика используется для создания декоративных элементов в зданиях, таких как керамические панели, фасады зданий, колонны и т.д.

**Фильтрация воды:** Пористая стеклокерамика используется в качестве фильтра для очистки воды от загрязнений. Она может

использоваться в системах очистки питьевой воды, а также в промышленности и другое [4].

Изготовление пористой стеклокерамики – это процесс, включающий в себя несколько этапов.

**Составление сырьевой смеси.** Для этого берутся порошки оксидов металлов и стекловидных материалов, которые смешиваются в определенных пропорциях.

**Формование.** Полученная сырьевая смесь загружается в специальную форму, которая может быть круглой, прямоугольной или другой формы.

**Сушка.** Форма с сырьевой смесью помещается в сушильную камеру, где происходит высыхание материала. Во время сушки удаляется большая часть влаги.

**Обжиг.** Сухая форма с сырьевой смесью помещается в печь для обжига. Температура и время обжига зависят от состава сырьевой смеси и требований к конечному продукту.

**Охлаждение.** После обжига форма с готовой пористой стеклокерамикой вынимается из печи и охлаждается.

**Обработка поверхности.** Полученное изделие может быть дополнительно обработано для придания определенных свойств. Например, может быть произведено полирование, глазурирование и т.д.

**Готовый продукт.** Полученная пористая стеклокерамика может быть использована в различных отраслях промышленности, например, для изготовления фильтров, катализаторов, теплоизоляционных материалов и др.

В табл. 1 произведем сравнение теплоизоляционных материалов по ключевым характеристикам.

*Таблица 1*

**Сравнительная характеристика материалов**

Параметр	Минеральная вата	Каменная вата	Пено-полистирол	Пористая стеклокерамика
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	10-200	30-250	10-50	180-600
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С	0,033-0,045	0,035-0,05	0,03-0,04	0,055-0,115
Прочность при сжатии, кПа	10-50	50-250	150-400	(2,5-10,5)*103
Стойкость к воздействию плесневых грибов	Достаточно хорошая	Хорошая	Плохая	Отличная
Максимальная температура эксплуатации, °С	+250	+700	+75	+900
Толщина материала, при котором тепло-изоляционные характеристики равны кирпичной стене толщиной 1 м, мм	48	52	43	105

Современный рынок теплоизоляционных материалов предлагает широкий выбор продуктов, что позволяет подобрать наиболее подходящий вариант при возведении зданий и сооружений в соответствии с заданными условиями. Для оптимального выбора теплоизоляционного материала могут использоваться созданные в данной работе таблицы [5].

Из проведенного сравнения теплоизоляционных материалов можно сделать вывод, что пористая стеклокерамика, несмотря на то что имеет в 2 раза большую материалоемкость, но при этом обладает рядом преимуществ перед другими материалами. Она имеет низкую теплопроводность, высокую прочность, устойчивость к огню, воде и плесени, а также может использоваться при высоких температурах. Кроме того, пористая стеклокерамика экологически чиста и безопасна для здоровья человека.

В связи с этим, пористая стеклокерамика является наиболее эффективным и универсальным теплоизоляционным материалом, который может использоваться в различных условиях и сферах, включая строительство, промышленность и научные исследования.

Результаты исследования могут быть полезны для специалистов в области строительства и производства теплоизоляционных материалов, а также для всех, кто заинтересован в эффективном использовании ресурсов и сокращении энергозатрат.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ 9573-96 «Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные. Технические условия» (введен в действие постановлением Минстроя РФ от 6 декабря 1996 г. N 18-90): дата введения 1997-04-01. - Москва: Стандартинформ, 2014. - 7 с. - Текст: непосредственный.

2. Морозов А.П. Технология конструкционных материалов и теплофизика. Поризованные теплоизоляционные материалы: учеб. пособие / А.П. Морозов, Г.Н. Трубицына; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Магнитогор. гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова». - Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2005. - 204 с.: ISBN 5-89514-527-2 (в обл.) - Текст: непосредственный.

3. Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции : учебник / Ю. Л. Бобров, Е. Г. Овчаренко, Б. М. Шойхет, Е. Ю. Петухова. - 2-е изд., испр.

и доп. - Москва : Инфра-М, 2018. - 266 с.

4. Патент № RU 2 582 152 С1 Российская Федерация, МПК С03В 19/08 (2006.01). Способ изготовления пористой стеклокерамики (варианты) : № 2015115361/03 : заявлено 23.04.2015 : опубликовано 20.04.2016 Бюл. № 11 / Мананков, А. В.; патентообладатель ФГБОУ ВО ТГАСУ. – 10 с. : ил. – Текст : непосредственный.

5. Сравнительный анализ наиболее эффективных теплоизоляционных материалов стен жилых зданий, применяемых в строительстве / Н. М. Мохова, Ю. О. Мокина, О. Л. Симченко. - Текст : непосредственный // «Выставка инноваций - 2021» (весенняя сессия) : сборник материалов XXXI Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов (Ижевск, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 22 апреля 2021 г.) и XL Научно-технической конференции молодежи АО «ИЭМЗ «Купол» (Ижевск, ИЭМЗ «Купол», 23 марта 2021 г.). - Текст электронный. - 2021. - С. 95-99. - ISBN 978-5-7526-0917-6.

## **ВЛИЯНИЕ ФИБРОАРМИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ГАЗОБЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ**

**Замятина С.В., ассистент,  
Филипенко П.В., зав. лабораторией ГиСМ**  
*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия*

Для решения вопросов повышения энергоэффективности зданий, получения высококачественного жилья, со снижением его себестоимости необходимо наращивать производство ячеистых бетонов, которое позволит резко снизить ресурсоемкость строительства и повысить эксплуатационные характеристики ограждающих конструкций [1-3]. Повысить физико-механические характеристики возможно с введением в состав целлюлозного фиброволокна в качестве армирующей добавки [4]. В данной статье рассмотрены варианты применения в качестве армирования волокна из полипропилена [5] и базальтового волокна.

Смешанное вяжущее, применяемое в эксперименте, состояло из портландцемента ЦЕМ I 42,5Н производства ОАО «Сухоложского цементного завода» и извести (строительная кальциевая негашеная, молотая, II сорта) производства ООО «Известь Сысерти».

В качестве дисперсно-армирующего компонента использовались следующие виды волокна:

Базальтовое волокно, соответствующее ГОСТ 14613-83 производителя «Семмих». Полипропиленовое волокно соответствующие ТУ 2272-006-13429727-2007 производителя ООО «СИ АЙРЛАЙД». Внешний вид волокон представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид волокон, полипропиленовое и базальтовое соответственно

В качестве газообразователя использовалась алюминиевая пудра ТУ 1791-001-75754739-2006: содержание активного алюминия – 80 %. При приготовлении суспензии дополнительно вводились ПАВ.

В качестве кремнеземистого компонента использовался песок Муллашовского карьера, Тюменской области, предварительно просеянный через сито 0,315 мм.

В ходе эксперимента было приготовлено 3 состава и изготовлена серия образцов балочек размером 40×40×160 мм. Первый состав был контрольный, без добавления армирующих волокон. Второй и третий составы содержали базальтовое и полипропиленовое волокно соответственно. Все компоненты дозировались по массе. Смешивание компонентов осуществлялось при помощи скоростного смесителя.

Компоненты смешивались в три этапа. Сначала в воду добавлялся песок, далее цемент и известь, затем компоненты перемешивались в течении 1 мин. На последнем этапе в смесь вводилась суспензия алюминиевой пудры с водой и происходило смешивание в течении 30 сек, после чего смесь укладывалась в форму. При добавлении фиброволокна, волокна распушивались вручную и дополнительно перемешивались с водой.

Реология смеси определялась по диаметру расплыва на приборе Сутторда.

После 2-х часовой выдержки, формы с газобетонной смесью были подвержены тепло-влажностной обработке в лабораторной пропарочной камере. Режим ТВО: температура 80 °С, подъем

температуры 4 ч, изотермический прогрев 6 ч и 4 ч остывание.

Исследуемые составы и реологические характеристики представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Характеристики исследуемых составов**

Характеристика	Контрольный состав (1)	Состав с добавлением базальтовой фибры (2)	Состав с добавлением полипропиленовой фибры (3)
Песок, кг/м <sup>3</sup>	273	273	273
Цемент, кг/м <sup>3</sup>	245	245	245
Известь, кг/м <sup>3</sup>	27	27	27
Вода, кг/м <sup>3</sup>	180	180	180
В/Т	0,325	0,325	0,325
Фиброволокно, % от цемента	-	0,25	0,25
Распływ по Сутгарду, см	25	-	-

Распływ газобетонной смеси и заполненная форма смесью с «горбушкой» представлены на рис. 2.



Рис. 2. Распływ газобетонной смеси и заполненная форма смесью с «горбушкой»

Полученные образцы представлены на рис. 3.



Рис. 3. Образцы неавтоклавного газобетона

Физико-механические характеристики полученных образцов неавтоклавного газобетона приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Физико-механические характеристики**

№ состава	Средняя плотность $\rho_{ср}$ , кг/м <sup>3</sup>	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при сжатии, МПа
Состав №1	705	0,47	1,37
Состав №2	717	0,61	1,42
Состав №3	690	0,75	1,51

На основании результатов, представленных в данной работе, были сделаны следующие выводы: механические свойства неавтоклавного газобетона с добавлением фиброволокна улучшаются; при равных прочих условиях, прочность на растяжение при изгибе с добавлением базальтового волокна увеличилась на 29 %, а при использовании полипропиленового волокна на 59 %; прочность при сжатии также возрастает на 3,6 и 10 % соответственно.

**Библиографический список**

1. Кузин Н.Я. "Легкие" бетоны в частном домостроении / Н.Я. Кузин, П.И. Ташкин - Текст : непосредственный // Аллея науки. - 2019. - Т. 2, № 1 (28) - С. 380-385.
2. Ерохина Л.А. Новая технология неавтоклавных ячеистых бетонов / Л.А. Ерохина - Текст : непосредственный // Строительный материалы и конструкции. - 1989. - № 4. - С. 34.
3. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии : материалы всероссийской конф. - Москва : 2001. - 91 - 101 с. - Текст : непосредственный.
4. Косых А.В. Особенности технологии фиброгазобетона / А.В. Косых, Д.М. Заика, Ю.С. Гавришук - Текст : непосредственный // Труды БрГУ. Серия: Естественные и инженерные науки. - 2020. - том 1. - С. 150-154.
5. Рудкова, А.С. Использование дисперсного армирования в малоэтажном строительстве из ячеистого бетона / А.С. Рудкова, Л.М. Весова. - Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. - 2019. - № 2. - URL : [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5728](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5728) (дата обращения: 23.03.2023).

## ВЫБОР ОСНОВАНИЯ ДЛЯ УКЛАДКИ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ СПОРТИВНЫХ ЗАЛОВ НА ОСНОВЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО ОБЗОРА

Игнатьева А.Е., студент,  
Лубенская Л.А., ст. преп.,  
Пушкарёва Л.А., канд. пед. наук, доц.  
*Ижевский государственный технический  
университет им. М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия*

Эффективность эксплуатации спортивного объекта, качество и безопасность тренировки, профилактика травматизма и комфорт спортсменов зависят не столько от укладки напольного покрытия, сколько от тщательной подготовки основания под него [1–3]. Актуальностью исследования основания для укладки покрытий спортивных залов является возрастание требований к созданию наиболее комфортных условий для занятия спортом в физкультурно-оздоровительных комплексах.

Цель данной работы – оценка способов подготовки основания для укладки спортивного линолеума. Для достижения цели определим ряд задач:

- выделить требования, которым должно соответствовать основание для укладки покрытия.
- описать основные виды оснований.
- проанализировать основания для укладки спортивного линолеума на примере конкретных материалов.

Несоблюдение требований к основанию для укладки покрытия ведет к сокращению срока эксплуатации материала. Выделим следующие требования:

- ровная поверхность. Допускаются перепады не более 2–3 мм на 2 метра по правилу (по нормативным документам и СП).
- ширина трещин не более 0,4 мм (для закрытых помещений), в случае несоответствия – расширяются и заделываются эпоксидными составами.
- твердость и прочность (не должно сыпаться, крошиться, отслаиваться).
- сухость. Влажность может привести к повреждениям напольного покрытия. Укладка спортивного линолеума допускается при остаточной влажности в основании не более 4%.
- прочность на сжатие: минимальное значение 20 мпа.
- температура основания – не менее +12°C. Укладка линолеума производится при температуре помещения – не менее +18 °С, влажности – не более 75 %.
- отсутствие пор, которые ведут к потере прочностных свойств и

большому потреблению клеевого состава.

– отсутствие загрязнений. Укладка не производится при наличии пятен на поверхности, строительного мусора.

Рассмотрим основные типы оснований для укладки спортивного линолеума:

- стяжка (цементно-песчаная, бетонная, гипсовая);
- наливной пол;
- деревянные основание;
- фанера (по лагам, по черновому деревянному полу).
- рассмотрим особенности каждого вида.

Стяжки различают по изготовлению, составу, способу сцепления с перекрытием и укладке. При наличии больших перепадов высот используется сухая стяжка (или плавающий пол по сыпучим основаниям). Не требует времени на застывания, что сокращает сроки выполнения работ. Мокрая стяжка – раствор (бетонный, гипсовый, цементный) высокой пластичности, который наносится на всю поверхность перед покрытием. Выравнивается вручную или механизированным способом. В основе стяжки – цемент, песок и другие наполнители. Процесс укладки требует много времени: чем больше в составе воды, тем дольше материал будет высыхать. Полусухая стяжка объединяет две предыдущие. Цементно-песчаная смесь разводится водой до приобретения массой пластичности. В раствор вводится пластификатор (повышение текучести) и добавляются волокна из фибры (повышение прочности). Быстрое затвердевание влияет на прочность, механическое и химическое воздействия.

Состав наливного пола может быть на цементной или гипсовой основе в зависимости от вида покрытия. Наливной пол в процессе высыхания самовыравнивается, при этом необходимо соблюсти соотношения воды и состава: избыток воды приведет к потере прочности, недостаточное количество – к неровностям (волны, перепады).

Укладывая линолеум на деревянное основание, оно проверяется на наличие швов и саморезов, при наличии – зашпаклеваются. С помощью инструмента (правило) выравнивается слой штукатурки на поверхности. Деревянные основания гигроскопичны, поэтому перед укладкой покрытия следует нанести водоотталкивающие составы [4].

Фанера – многослойный материал из листового шпона. Может укладываться двумя способами:

по лагам (демонтаж старого покрытия): толщина выбирается исходя из расстояния между лагами, чтобы избежать прогиба, минимальная толщина слоя – 21 мм. Продольные стыки должны лежать на лагах, листы крепятся саморезами, зазоры между заделывают шпатлевкой.

настиляется поверх старого покрытия: старое деревянное основание проверяется на ровность, сглаживается специальной подложкой, производят замену старых досок, если требуется. Толщина фанеры выбирается в зависимости от финишного покрытия (тонкие листы – линолеум). Преимущества этого материалы в простоте и удобстве монтажа, повышенной влагостойкости, минимальной трудоемкости.

*Сравнение способов подготовки основания для укладки спортивного линолеума.* В табл. 1 приведено сравнение бетонных и деревянных основания для укладки спортивного линолеума по ряду критериев, соответствующих стандартам (СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. СП 29.13330.2011. Полы). Также анализ и поиск оптимального варианта основания для укладки напольного покрытия возможно осуществлять на основе функционального подхода [5].

По анализу характеристик по видам оснований для укладки спортивного линолеума, представленных в табл. 1, наглядно видно, что выбор можно сделать в пользу стяжки: довольно прочный и износостойкий материал, способный выдержать высокие нагрузки.

Таблица 1

**Анализ вариантов оснований под укладку спортивного линолеума**

Критерии сравнения	Наименование основания			
	Стяжка	Наливной пол цементный	Деревянное основание	Фанера
1	2	3	4	5
Назначение	Выравнивания поверхности для последующей укладки покрытия			
Состав	Цемент М500; чистый, промытый песок фракции 5 мм; др. наполнители (фиброволокно)	Вяжущие (гипс, порт-ландцемент М300 – 350); минеральные наполнители (зола, гравий, кварцевый песок); полимерные присадки (пластификатор, стабилизатор)	Доски, лаги, паркет из хвойных и твердолиственных пород	Лущеный шпон хвойных и лиственных пород, синтетические смолы
Долговечность	min 50 лет	до 40 лет	7 – 10 лет	10 лет
Нагрузка на несущие конструкции	Высокая	Высокая	Минимальная	Минимальная

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Влаго-стойкость	Влагостой-кое основание	Невысокая водостойкость	Невлагостой-кое основание	Ламини-рованная фанера влагостой-кая
Сроки монтажа	28 – 30 суток	28 суток	Сразу после установки	Сразу после установки
Толщина	min – 20 мм, по расчету на местное сжатие при нагрузке более 20 кН	от 2 до 40 мм одного слоя	–	15 – 20 мм
Отклоне-ние	2 – 3 мм	2 – 3 мм	4 мм	4 мм
Затраты	стоимость: цемента, песка, наполни-телей, рабочей силы	стоимость: вяжущего, на-полнителя, полимерной присадки, рабочей силы	стоимость: штукатурки, пожаро- и водо-отталкиваю-щих составов, рабочей силы	стоимость: фанеры, саморезов, рабочей силы

Существует достаточно большое разнообразие составов для изготовления стяжки. На отечественном рынке наиболее популярными являются ОСНОВИТ СТАРТОЛАЙН FC41 Н, PERFЕКТА, ТМ ГАРАНТ.

В табл. 2 идет сравнение видов стяжки по ряду критериев, приводимых в дальнейшем к выбору наиболее подходящей (в зависимости от заданных условий).

Таблица 2

### Сравнительная характеристика видов стяжки

Критерии сравнения	Наименование стяжки		
	ОСНОВИТ СТАРТОЛАЙН FC41 Н, 25 кг	PERFEKТА, 25 кг	ТМ ГАРАНТ, 25 кг
Марка	M300	M300	M150
Морозостойкость (F), цикл	50	100	50
Предел прочности при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	300	300	150
Предел прочности при изгибе, кг/см <sup>2</sup>	50	70	–
Адгезия, кг/см <sup>2</sup>	6	6	6
Расход смеси (слой – 10 мм), кг/м <sup>2</sup>	20	20	19
Толщина слоя (рекомендация), мм	20 – 200	10 – 120	10 – 100
Термостойкость, °С	+5...+30	+5...+25	+5...+30
Жизнеспособность раствора, мин	40	120	120
Время твердения, ч	≥ 12	12	24
Нанесение	ручное, машинное	ручное	ручное
Срок хранения	12 мес.	12 мес.	12 мес.
Цена	284 руб./шт	272 руб./шт	281 руб./шт

Из табл. 2 видно – стяжки ОСНОВИТ СТАРТОЛАЙН FC41 Н и ТМ ГАРАНТ уступают по своим характеристикам стяжке PERFЕКТА.

Стяжка – наиболее надежное и долговечное основание под спортивный линолеум, способное выровнять любую поверхность или придать уклон, если выполнить ее в соответствии с требованиями и нормами. Деревянные основания и фанера имеют сравнительно небольшой срок службы по сравнению со стяжкой или наливным полом, также при неправильной укладке покрытия возможно гниение и появление плесени [6].

Рассмотрев наиболее популярные на данный момент отечественные смеси для изготовления стяжек, сравнив их физические, механические и ценностные характеристики, можно сделать вывод, что наилучшей будет PERFЕКТА, имеющая высокие прочностные характеристики, минимальную цену, достаточно быстрое время затвердевания.

### **Библиографический список**

1. Щербако Н.И. Использование спортивного линолеума при монтаже полов в спортивных залах / Н.И. Щербаков, О.Е. Сысоев // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – С. 190-193.

2. Козлова Т.С. Многовариантное проектирование устройства стяжек под полы / Т.С. Козлова // Инновационная наука. – 2020. – № 6. – С. 42-45.

3. Левченко Е.Н. Порядок организации основных работ по устройству деревянных (дощатых и паркетных) полов специализированных и многофункциональных спортивных залов образовательных организаций Министерства обороны Российской Федерации / Е. Н. Левченко // Сборник статей научно-практической конференции профессорско-преподавательского и научного составов института за 2021 Г.: в 2 ч., Санкт-Петербург, 16–17 февраля 2022 года. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: Военный институт физической культуры, 2022. – С. 34-39.

4. Колчева А.А. Влияние гипсо-цементного отношения на прочностные характеристики наливного пола / А. А. Колчева, А. Р.

Богат, В. Д. Темный // Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 3348-3351.

5. Пушкарев И.А. Анализ виброзащиты строительных конструкций с подвижными нагрузками на основе функционального подхода / И. А. Пушкарев, Л. А. Пушкарева, Т. А. Пушкарева // МИРОВЫЕ НАУЧНЫЕ ПАРАДИГМЫ в ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ: ВЗГЛЯД в БУДУЩЕЕ: Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 30 октября 2022 года. Том Часть 2. – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью "Манускрипт", 2022. – С. 135-137.

6. Акиньшин И.С. Свойства древесины как конструкционного строительного материала / И. С. Акиньшин, Е. В. Еньшина // Молодежь и научно-технический прогресс: Сборник докладов XV международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х томах, Губкин, 07 апреля 2022 года / Сост.: Е.Н. Иванцова, В.М. Уваров [и др.]. Том 1. – Губкин: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 214-217.

## **ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ ПОЛИВИНИЛОХЛОРИДНЫХ ПЛИТ**

**Королькова К.А., магистрант,  
Корольков А.А., магистрант,**

**Ерофеев А.В., канд. техн. наук., доц.**  
*Тамбовский государственный технический  
университет, г. Тамбов, Россия*

Поливинилхлоридные плиты (ПВХ) относятся к термопластичным синтетическим материалам и применяются в различных отраслях, такие как строительство, транспортная сфера деятельности и т.д. Широкое использование данного материала оправдано его свойствами, а также другими различными преимуществами, а именно способность подвергаться вторичной обработке, химическая стабильность и т.д. [1, 2].

Из свойств материала можно отметить высокую твердость. Так же из механических свойств твердого ПВХ выделяется высокий модуль упругости, который может достигать 1500-3000 МПа.

Что касается термостойкости ПВХ, то материал способен выдержать температуру до 80 °С. Однако, при увеличении температуры материал, начинает размягчаться, а в дальнейшем вовсе начинает разлагаться.

Помимо всех вышеперечисленных свойств, поливинилохлоридные плиты имеют низкое водопоглощение, что является еще одним из преимуществ данного материала и делает его более востребованным в строительной сфере [3]. Однако при эксплуатации в реальных условиях, в том числе под действием различных атмосферных факторов происходит изменение, как правило, в худшую сторону, эксплуатационных характеристик. Эти изменения связаны с изменением структуры материала и могут быть оценены по изменению скорости протекания процесса водопоглощения.

Для определения водопоглощения ПВХ были испытаны образцы размерами 6×1,5мм. Для установления влияния климатических факторов на водопоглощение ПВХ, образцы материала помещались в реальные условия эксплуатации. Испытание было начато в сентябре 2021 г. Изменение водопоглощения фиксировалось каждый месяц в течение года.

Для обработки результатов были сняты такие показатели, как масса образца в сухом и в насыщенном состоянии. Для получения массы в насыщенном состоянии 6 образцов, эксплуатируемых требуемое время в реальных условиях, помещались в воду на различный промежуток времени, а именно: 15 мин, 30 мин, 1 ч, 2 ч, 1 сут, 7 сут, 14 сут. И при завершении каждого промежутка времени фиксировалось изменение массы образцов [3, 4].

После завершения испытания проводился анализ результатов по формуле (1):

$$W_{\text{погл}} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $m_1$  – масса образца в сухом состоянии, гр;  $m_2$  – масса образца в насыщенном состоянии, гр [5].

За окончательный результат принимается среднее арифметическое шести результатов исследования.

Экспериментально полученные зависимости водопоглощения ПВХ от продолжительности эксплуатации в реальных условиях представлены на рис. 1.

Из полученных данных (рис. 1) видно, что характер протекания процесса водопоглощения ПВХ подчиняется логарифмической зависимости (2):

$$W = a \ln(t) + b, \quad (2)$$

где  $a$  – коэффициент скорости протекания процесса водопоглощения;  $t$  – продолжительность замачивания;  $b$  – свободный член уравнения.

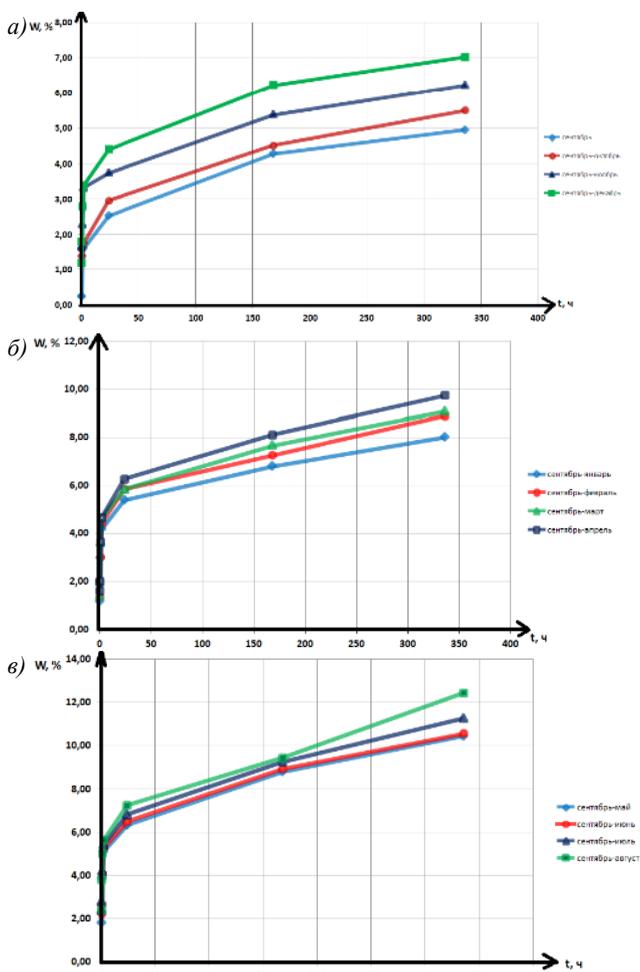


Рис. 1. Зависимости водопоглощения ПВХ от продолжительности замачивания для материала подверженного климатическим факторам: а – с сентября по декабрь; б – с сентября по апрель; в – с сентября по август

Климатические воздействия не оказывают влияние на характер протекания процесса водопоглощения, но оказывают влияние на скорость его протекания. Математическое описание зависимостей сведено в табл. 1. Графически такое влияние показано на рис. 2.

Таблица 1

**Экспериментальные зависимости водопоглощения ПВХ от продолжительности эксплуатации в реальных условиях**

№ п/п	Период эксплуатации материала в реальных условиях	$W=f(t)$
1	сентябрь 2021 г.	$0,5200 \ln(t)+2,3324$
2	сентябрь 2021 г. – октябрь 2021 г.	$0,5478 \ln(t)+1,7871$
3	сентябрь 2021 г. – ноябрь 2021 г.	$0,5556 \ln(t)+0,8000$
4	сентябрь 2021 г. – декабрь 2021 г.	$0,5634 \ln(t)+0,3297$
5	сентябрь 2021 г. – январь 2022 г.	$0,5853 \ln(t)+0,9877$
6	сентябрь 2021 г. – февраль 2022 г.	$0,6200 \ln(t)+1,3319$
7	сентябрь 2021 г. – март 2022 г.	$0,6281 \ln(t)+0,4110$
8	сентябрь 2021 г. – апрель 2022 г.	$0,7288 \ln(t)+1,1707$
9	сентябрь 2021 г. – май 2022 г.	$0,7793 \ln(t)+0,8162$
10	сентябрь 2021 г. – июнь 2022 г.	$1,0700 \ln(t)+0,8248$
11	сентябрь 2021 г. – июль 2022 г.	$1,0907 \ln(t)+1,4797$
12	сентябрь 2021 г. – август 2022 г.	$1,1580 \ln(t)+1,7747$

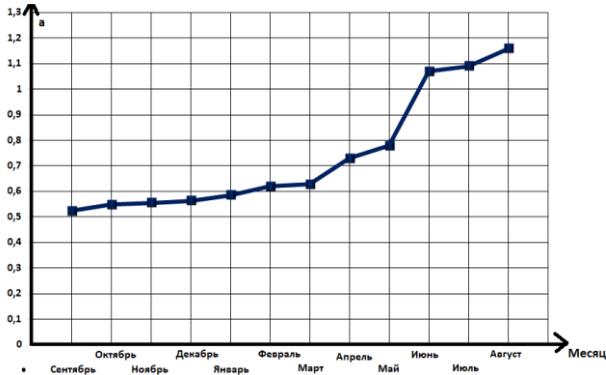


Рис. 2. Влияние продолжительности эксплуатации ПВХ в реальных условиях эксплуатации на коэффициент  $a$  уравнения (2)

Анализ рис. 2 показывает, что наибольший рост коэффициента,  $a$  наблюдается в летний месяц, из чего можно сделать вывод о том, что действие повышенных температур и солнечного света в значительной степени сказываются на изменение структуры ПВХ.

С увеличением продолжительности эксплуатации материала в реальных условиях скорость водопоглощения увеличивается, за счет деструкции материала.

### Библиографический список

1. Берард М.Т., Ульям Кокер и др. Поливинилохлорид. – М.: Наука, 2012. – 729 с.
2. Уилки Ч., Саммерс Д., Даниэлс Ч., Поливинилохлорид. – М.:

ЦОП Профессия, 2012 – 800 с.

3. Полимерные материалы: свойства, практическое применение. Учебное пособие М.А. Мельникова. – Благовещенск: Амурский гос.ун-т, 2013. – 86 с.

4. Методы исследования структуры и свойств полимеров: Учебное пособие Ю.И. Аверко-Антонович, Р.Т. Бикмуллин –Казань: КГТУ, 2002. – 604 с.

5. ГОСТ 4650-2014. Межгосударственный стандарт пластмассы. Методы определения водопоглощения: дата введения 2015-03-01/ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации. – Изд. Официальное. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 15 с.

## **УТИЛИЗАЦИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПОЛИМЕРНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Кудрявых А.Д., студент,  
Наумова Л.Н., канд. техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

В настоящее время развитие современной техники и технологии требует создания новых материалов с заданными свойствами [1]. Вариации различных комбинаций наполнителей в составе композиционных материалов позволяет получать новые материалы с различными характеристиками. Введение подобных компонентов позволяет контролировать свойства в дальнейшем эксплуатационные свойства полученного стройматериала [2].

Строительная сфера является наиболее развитой отраслью в экономике России. Ее состояние во многом определяет развитие производственной и социальной сфер страны. В строительной отрасли перспективным направлением является развитие лесо- и деревоперерабатывающих производств, направленное на решение проблемы утилизации образующихся отходов. При этом на большинстве лесопильных, деревообрабатывающих и лесохимических производств происходит непрерывное накопление огромного количества органических отходов, потенциально являющихся ценным сырьем для производства важных химических продуктов и материалов конструкционного назначения. Техногенные образования являются ценным технологическим сырьем для изготовления композиционных материалов, как конструкционного назначения, так и строительных, и

мебельных материалов [3]. Поэтому, получение композиционных материалов на основе цементной матрицы и в качестве наполнителя - природных волокон является наиболее актуальной частью научно-исследовательских работ. Использование древесных наполнителей позволяет получать следующие композиты: древесно-стружечные плиты, древесноволокнистые плиты, плиты из ориентированной щепы, древесно-полимерный композит.

В некоторых регионах Сибири разрабатываются технологии получения плитных композиционных материалов конструкционного назначения из отходов древесины без использования вводимых извне связующих веществ, что предполагает значительное удешевление их получения и придает материалу улучшенные технические характеристики. Для достижения высоких качественных показателей композиционных материалов и снизить затраты на их производство, необходимо, на наш взгляд, проводить модифицирование древесного наполнителя для достижения конечного результата использования полученных материалов в разных отраслях промышленности. Физический метод модификации заключается в прессовании древесины поперек волокон, введение в нее инертных материалов, они не проникающих в материал клеточных стенок. Прессование после предварительного пропаривания или нагревания увеличивает плотность, жесткость, твердость, ударную вязкость материала. Такими материалами являются полимеры, олигомеры, масла, металлы, парафин и другие. Химический метод позволяет воздействовать на древесину с использованием следующих реагентов: аминов, альдегидов, карбоновых кислот и альгидритов. В процессе осуществления этого метода состав и свойства клеточных стенок древесины изменяются. Обычно физический и химический метод сочетают.

Целью работы являлось получение композиционного материала на основе цементной матрицы и модифицированных древесных наполнителей (опилки, стружка).

При проведении эксперимента первоначально были взяты стружка и опилки размером частиц от 0,1 до 1,5 см. Их количество составляло 10 грамм, затем данное количество поместили в три стеклянные колбы объемом 250 миллилитров и приготовили, как концентрированные, так и разбавленные растворы. Модифицирование образцов проводили в следующих реагентах: хлорид аммония ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), соляная кислота ( $\text{HCl}$ ) и йод ( $\text{I}_2$ ). Под действием хлорида аммония цвет частиц не изменился, их объем увеличился в 5,9 раз. Под действием соляной кислоты частицы приобрели темно серый цвет, их объем увеличился в 7,5 раз. Под действием раствора йода частицы приобрели темно-

коричневую окраску, их объем увеличился в 8,1 раз. Все образцы выдерживали в течении 6-ти суток. В зависимости от плотности реагентов приливали необходимое количество раствора. Образцы промыли водопроводной и дистиллированной водой. Промывание образцов проводили до достижения нейтральной среды (pH=7). Сушку образцов проводили в сушильном шкафу при температуре 50-60 °С в течение 2,5 ч., по истечении указанного времени - взвесили.

Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Поведение исследуемых образцов в реагентах**

№	Наименование реагентов	Концентрация %	Навеска древесных частиц,г		
			перво-начальная	после выдержки в реагентах	после сушки
1	Хлорид аммония (NH <sub>4</sub> CL)	25	10	59,4	9,3
2	Соляная кислота (HCL)	92		75,2	6,1
3	Йод (I <sub>2</sub> )	5,15		80,7	9,6

Полученные модифицированные образцы были использованы при изготовлении цементных композиционных материалов. Цементный раствор использовали как с введением добавок, так и без них. В качестве добавок были использованы: кварцево-песчаные отходы, разные виды пластификаторов. При использовании модифицированных волокон цементный раствор не содержал никаких добавок. Данный подход заключался в изучении поведения модифицированных волокон в растворе. Хлорид аммония применяют в качестве антипиреной добавки для защиты древесины от огня. Йод и соляную кислоту обычно используют, как антисептик, для защиты древесины от плесени и грибков. Пластификаторы применяют для увеличения подвижности бетонной смеси, при этом сохраняя прочностные свойства при застывании блоков [4, 5]. Цементные растворы с наполнителем (модифицированным и не модифицированным) заливали в металлические формы размером 40×40×60 мм. По истечении семи суток композит с использованием модифицированных древесных частиц извлекали из форм и изучали на механическую прочность. Немодифицированные древесные частицы, входящие в состав цементного раствора с пластификаторами, извлекали по истечении 11 сут. Электронно-микроскопические снимки полученных композитов с использованием модифицированных и немодифицированных частиц представлены на (рис.1 и 2).



Рис. 1. Состояние поверхности композита с модифицированным наполнителем



Рис. 2. Состояние поверхности композита с немодифицированным наполнителем

По электронно-микроскопическим снимкам было изучено состояние древесных частиц под действием антикоррозионных химических реагентов и их распределение в цементном растворе. Наиболее равномерное распределение древесных частиц видно под действием химического реагента – соляная кислота. Древесные частицы разрушаются, уменьшаются в объеме. Немодифицированные частицы всплывают на поверхность цементного раствора в наибольшей массе. Можно отметить, что полученные составы рекомендуется использовать при производстве строительных блоков с применением соответствующих наполнителей для придания прочности продукту.

### **Библиографический список**

1. Мельникова М.А. Полимерные материалы: свойства, практическое применение. Учебное пособие / М.А. Мельникова. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2013. –86 с.
2. Кац Г.С., Милевский Д.В. (ред.). Наполнители для полимерных композиционных материалов. Справочное пособие: пер. с англ. - М.: Химия, 1981. - 736 с.
3. Будников И.В. Экологически чистые древесно-полимерные композиты / И.В. Будников, О.А. Парамонова // [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. ан.
4. Пат. 2695313 Российская Федерация, МПК С04В 18/26; С04В

28/14; С04В 111/20. Сырьевая смесь для опилкобетона и способ изготовления изделий из опилкобетона / Н.И. Алфимова, А.А. Титенко, И.С. Никулин, Ю.В. Галдун С.Ю. Пириева, А.А. Чепурных; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № 2018126082, заявл. 13.08.18; опубл. 23.07.19, Бюл. №21. 3 с.

5. Матыева А.К., Кенешбек УУЛУ Т., Сайытказиев Н.Т. Арболит из легкого бетона // Журнал Наука и инновационные технологии. 2019.№1. С.38-44.

## **ЗОЛА-УНОС КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ НАПОЛНИТЕЛЬ ГАЗОБЕТОНА**

**Лесовик Г.А., канд. техн. наук,  
Иванов А.Е, студент**

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

На сегодняшний день газобетон является одним из самых популярных строительных материалов не только в России, но и во всем мире. Это связано с низким коэффициентом теплопроводности данного материала, а также уменьшением массы конструкции в целом. Ежегодно мировой объем выпуска изделий из газобетона составляет более 60 млн. м<sup>3</sup>.

Газобетон впервые был получен чешским инженером Гоффманом, который в результате длительных экспериментов добавления кислот и солей в цементный раствор, получил пористую структуру затвердевшего камня, но широкого распространения он не нашел. Крупномасштабное производство газобетона связывают с началом использования в качестве газообразователя тонкоизмельченных частиц алюминия, который в результате реакции с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  выделяет водород.

В результате того, что газобетон выигрывал у других строительных материалов по массе, дешевизне и теплоизоляции строительных конструкций, вопросам долговечности ячеистых бетонов естественного твердения не было уделено должного внимания. Материал быстро разрушался и терял прочность при воздействии агрессивных сред и эксплуатации в условиях повышенной влажности. Также материал эксплуатировался без всяких защитных покрытий, что в условиях повышенной влажности негативно сказывалось на прочностных характеристиках конструкций из него [1-3].

Далее технология производства автоклавного газобетона развивалась по двум направлениям. Первое, это бесцементные ячеистые бетоны, полученные из смеси негашеной извести с кремнеземистым наполнителем. Второе – это газобетоны, полученные из смеси портландцемента и кремнеземистого компонента без негашеной

извести.

На данный момент во многих странах мира функционируют заводы по производству газобетона фирм YTONG, SIPOREX, WEHRHANN, MASA-HENKE. В то же время в различных научных организациях и высших учебных заведениях не прекращаются исследовательские работы, направленные на поиск новых способов производства газобетона и улучшение свойств уже полученного.

В настоящее время наиболее эффективным является применение в газобетоне в качестве основного сырья или дополнительно к нему отходов производства, так как это способствует их утилизации, тем самым уменьшая нагрузку на окружающую среду [4-6]. Сегодня перед учеными стоит важная задача – сократить потребление энергетических и материальных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла продукта, таким образом оптимизируя систему «человек-материал-среда обитания». Для этого все более детально изучаются природные процессы, которые потом ложатся в основу технологий производства композитов нового поколения. Таким образом в материаловедении на первый план выходит новое трансдисциплинарное направление – геоника (геомиметика), которое рассматривает, изучает и систематизирует строительные композиты как аналоги горных пород [7-10].

Исходя из этого, практическая реализация по эффективному использованию золы-уноса в газобетоне является выгодным направлением ее утилизации. Тем более, что в последнее время часто можно наблюдать, как в черте города растут терриконы золошлаковых отходов, которые зачастую являются очень токсичными для населения, так как насыщены тяжелыми металлами.

Авторами на рис. 1. представлена микроструктура золы, а также химический состав табл. 1.



Рис. 1. Микроструктура золы

Таблица 1

**Химический состав золы**

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	MgO	ППП
45-60	20-30	5-20	3-6	0,3-4	0,5-3	3,5-5

Очень перспективным направлением является применение золы-уноса в качестве одного из компонентов композиционных вяжущих. В связи с бурным ростом новых технологий, все чаще требуется материал с заданными свойствами. Композиционное вяжущее для газобетона получают совместным помолотом портландцемента и золы-уноса. Помол осуществляется в вихревой мельнице (рис. 2). Эта мельница непрерывного действия представляет собой достаточно выгодный экономически агрегат, основанный на прохождении струи воздуха.



Рис. 2. Вихревая мельница

Для изготовления газобетона также применяют алюминиевый порошок и различные специальные добавки для придания ему дополнительных свойств. Конечные свойства полученного газобетона напрямую зависят от способов его твердения. На сегодняшний день более привлекательным с экономической точки зрения является неавтоклавный способ производства газобетона, так как не требует больших затрат на электроэнергию и специальное оборудование.

Особенно важной технологической операцией при производстве газобетона является поризация смеси за счет газовых пузырьков водорода, образовавшихся в результате коррозии алюминия.

Чтобы повысить качество неавтоклавного газобетона и его

прочностные характеристики в его смесь вводят различные пластифицирующие и модифицирующие добавки.

Газобетон – это огнестойкий, прочный материал, не требующий особого ухода и не выделяющий токсичных веществ. С течением времени он не стареет и не гниет. За счет высокой пористости, достигающей до 80 %, обладает хорошими теплоизоляционными свойствами, что позволит сэкономить до 25-30 % затрат на отопление. Он достаточно прост в обработке: его легко сверлить, пилить и т.д.

При этом у неавтоклавного газобетона имеется существенный недостаток – это высокий показатель усадки, достигающий 2-3 мм/м.

В малоэтажном строительстве чаще всего используют газобетоны плотностью D300, D400, D500, D600. Некоторые покупатели думают, что чем плотнее газобетон, тем он лучше, прочнее, однако это не так. Плотность газобетона играет важную роль в теплопроводности. Чем плотнее бетон, тем больше его теплопроводность. Для одноэтажных домов отлично подойдет газобетон прочностью В 2,0. В 2,5 – для двухэтажного дома с плитами перекрытия. В 3,5, и больше – дома в 3 этажа.

Несмотря на то, что производство неавтоклавного газобетона дешевле, в промышленных масштабах предпочтительнее производство автоклавного газобетона. Согласно данным официальной статистики можно сделать вывод о том, что ячеистый газобетон был одним из самых популярных и основных материалов в России [11].

Центральный федеральный округ был и остается самым насыщенным в плане количества производителей газобетона. Был довольно долгий период, когда почти каждый год в округе появлялись новые производители, и, как правило, довольно крупные. Причем новых заводов открывалось больше, чем старых закрывающихся, поэтому итоговый прирост по балансу остается положительным. Особенно много заводов было открыто в 2011-2014 гг. Самым урожайным оказался 2011 г, когда в строй было введено сразу четыре новых завода: Завод газобетонных блоков «Бонолит» (на базе ОАО «Железобетон»), Дмитровский завод (ДЗГИ, торговая марка Aerostone), ЗАО «Элгид-ЗСИ» (марка El-Block), а также «Клинцовский силикатный завод» (EuroBlock), располагающийся в Брянской области. Первые три предприятия работают в Московской области. В 2012 г. к ним присоединился ЕЗСМ (Егорьевский завод строительных материалов, торговая марка CUBI). В августе 2013 года на рынок вышла новая марка – Poriter (ООО «ЭКО-Золотпродукт Рязань»), а в сентябре стало известно о появлении своего газобетонного завода в Ивановской области – ООО «Газобетон». В качестве новых могут считаться заводы,

введенные после кризиса 2009 г., хотя к ним вполне можно причислить и запущенные несколькими годами ранее, поскольку кризис не позволил им сразу показать себя в полной мере. В целом за период 2008-2018 гг. на рынок ЦФО вышли 13 новых игроков, из них почти половина – в Московской области. Правда в той же Московской области несколько заводов за этот период вынуждены были закрыться. Все эти заводы выпускали не слишком большой объем продукции, и рынок в период газобетонного бума не заметил их исчезновения.

До мирового финансового кризиса темп прироста производства находился на уровне 25-40 % в год, включая 2008 г., когда прирост был также высок – почти 37 %. В 2009 г падение составило практически 18 %, а в 2010 г рынок успел вырасти на 22 %. Рост в 2011-2012 гг. был еще выше – практически по 30 %, совсем как в докризисные времена. В 2013 г, с учетом того, что многие крупные предприятия округа находились на уровне почти 100 % выработки своих производственных мощностей, прирост был менее активным, чем в предыдущие годы – около 14 %. Зато в 2014 году выпуск снова подскочил до 17 %, так как спад в малоэтажном строительстве еще не проявился, а в округе как раз было запущено три новых завода. Именно поэтому, несмотря на общее ухудшение экономической конъюнктуры, в 2014 г уровень производства газобетона в ЦФО оказался значительно выше, чем в 2013 г.

Таким образом, производство газобетона является экономически важной составляющей российского рынка. Точку рыночного насыщения предсказать сложно. Использование газобетона в частном строительстве по-прежнему будет играть ключевую роль. Однако если государственные программы смогут эффективно стимулировать применение газобетона в многоквартирном строительстве (в качестве внешних стеновых блоков на монолитном каркасе и межкомнатных перегородок), а также социальном строительстве, то динамика выпуска в течение ближайших трех лет может быть и сильнее. Размер дефицита на рынке будет постепенно увеличиваться. Именно в этот период (2022-2024 гг.) производители станут наращивать обороты, стараясь успеть насытить рынок. Если в 2021 г спрос только-только начал восстанавливаться, значит в 2025 г дефицит уменьшится, а в 2026 г., вероятно, снова наметится небольшой застой или новый кризис. Времена тотального перепроизводства в надежде на лучшее будущее уже позади, теперь производители более осторожны.

### **Библиографический список**

1. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов: Учебник для вузов. М.:Стройиздат.

1980. – 399 с.

2. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение: учебник. М., 2002. - 701 с.

3. Лесовик Г.А., Лесовик Р.В., Клоев С.В., Вэньсюй С., Сюань Ч. О перспективах использования зол-уноса в газобетоне // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2022. № 10. С. 20-33.

4. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Сальникова А.С. Высокопрочные бетоны для легионированных блоков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 5. С. 8-18.

5. Шаталова С.В., Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Шерemet А.А. Разработка комплексного решения для 3d-печати стеновых конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2022. № 10. С. 8-19.

6. Володченко А.А., Неавтоклавные силикатные материалы с использованием комбинированного вяжущего // Научные технологии и инновации (XXIV научные чтения). Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгород, 2021. С. 132-136.

7. Елистраткин М.Ю., Шапиро А.Э., Милькина А.С., Лесовик Г.А., Агеева М.С. Геоника. Геомиметика как основополагающее направление для развития строительной индустрии // Научные технологии и инновации. Электронный сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 125-129.

8. Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Котов И.В., Минакова А.В., Авад М.Н. Геоника. Геомиметика как ключ к реализации концепции «зеленого» строительства // Научные технологии и инновации. Электронный сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 130-134.

9. Лесовик В.С., Шерemet А.А., Чулкова И.Л., Журавлева А.Э. Геоника (геомиметика) и поиск оптимальных решений в строительном материаловедении // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2021. Т. 18. № 1 (77). С. 120-134.

10. Лесовик В.С., Фомина Е.В. К проблеме проектирования строительных композитов для защиты среды обитания человека // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и

строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году. Сборник научных трудов РААСН. Российская академия архитектуры и строительных наук. Москва, 2022. С. 177-185.

11. Российский рынок газобетона. Потенциал, развитие, перспективы // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ardexpert.ru/article/21944>.

## **МОДИФИКАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ МИКРОКРЕМНЕЗЕМОМ**

**Мирзахметов Д.А., магистрант,  
Калмагамбетова А.Ш., канд. техн. наук, доц.**  
*Карагандинский технический университет  
им. Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан*

Из всех используемых материалов, получаемых из отходов промышленности, микрокремнезем обладает самым большим потенциалом. Одним из недостатка данного материала: высокую себестоимость. Из-за этого широкое его применение ограничено. Производители бетонов предпочитают более проверенный и простой в применении вариант улучшения свойств смесей и бетонов: применение химических добавок. Широкий ассортимент добавок и гибкая ценовая политика от поставщиков позволяют выбирать подходящие добавки без увеличения вложения в научно-практическую часть подбора состава. Более того компании, занимающиеся реализацией химических добавок, сами оказывают услуги подбора состава. Ввиду простоты действия добавок и однообразности методики подбора состава использования химических добавок снижает интерес к таким материалам как микрокремнезем, зола-уноса и др. Одной из целей нашей работы является популяризация применения более сложных, но очень важных в плане экологии материалов из отходов промышленности. Разумеется, микрокремнезем и пластификаторы не могут пересекаться по принципу воздействия на бетоны хотя цели у них общие: улучшение свойств бетона и как дополнительная цель - снижение себестоимости. Но воздействие минеральных добавок на конечные свойства бетонов гораздо глубже и серьезнее.

Микрокремнезем образуется на металлургических комбинатах, обрабатывающих кремнийсодержащие материалы и получается при обработке исходных материалов под высокой температурой. Это попутный продукт возгонки оксидов кремния. В процессе охлаждения конденсируется и образуется мелкодисперсный аморфный материал, коллоидообразный. Размер частиц от 0,01 до 1 мкм.

Особенностью частиц микрокремнезема являются две их характеристики: форма и размер. По форме частицы представляют

идеальный шар что улучшает обволакивание частиц и размер частиц – в десятки раз меньше частиц цемента. Удельная поверхность ок. 20 м<sup>2</sup>/г. По гранулометрическому составу средний размер частиц МК составляет около 0,1 микрона, то есть в 100 меньше среднего размера зерна цемента.

Высокая химическая активность в водной среде обусловлена наличием в структуре микрокремнезема оксида кремния (коусит).

При использовании в бетонах и при производстве портландцемента тысячи шарообразных микрочастиц микрокремнезема окружают каждое зерно цемента, создавая плотные скопления в растворной части бетона. При этом заполняются межзерновые пустоты, куда помещаются продукты гидратации, имеющие высокую прочность. При этом повышается коэффициент сцепления между активными минералами и инертными материалами (заполнителями).

Имеются различные данные о повышении прочности бетона при уменьшении количества цемента, но в каждом случае подбор состава должен проводиться индивидуально. Многое зависит от характеристик мелкого заполнителя, состава микрокремнезема и использования других дополнительных материалов (модификаторы, химические добавки).

Увеличение прочности будет положительно отражаться на других характеристиках бетонов: морозостойкость, водонепроницаемость, стойкость к сульфатной и другим видам агрессии, долговечность и т.д.

Эффект заполнения пор, создаваемый пуццолановыми сферическими микрочастицами, способствует значительному уменьшению капиллярной пористости и проницаемости бетона.

Для производства бетонов применяется два вида микрокремнезема: уплотненный и неуплотненный. Первый на производстве более удобен в применении т.к. микрозерна кремнезема не улетучиваются и не создают пыленность на месте работы. Но с теоретической точки зрения неуплотненный лучше взаимодействует со смесью т.к. каждое зерно обволакивается структурой смеси и более равномерно и дисперсно располагается в смеси. Правильно подобранный состав и тщательное перемешивание снижает недостатки уплотненного микрокремнезема.

Частицы микрокремнезема имеют высокую дисперсность (100–300 нм) и пуццолановую активность [1]. Очень интересен для производства эффект увеличения пластичности и удобоукладываемости смеси с микрокремнеземом.

Изучив местный рынок микрокремнезема в Карагандинском регионе, мы предварительно выбрали двух поставщиков: ТОО «YDD Corporation» и ТОО «OlimpLTD». Первый является производителем ферросилиция и реализует отходы собственного кремниевого производства в виде уплотненного и неуплотненного кремнезема. Предприятие расположено в СЭЗ г. Караганды. Второй является поставщиком готового

уплотненного микрокремнезема производства РФ.

Ниже приведены сравнительные характеристики двух образцов, использованных в работе [2, 3]. Данные взяты из документов о качестве на продукцию.

Обращает на себя внимание разница в плотности уплотненного микрокремнезема от двух поставщиков табл. 1.

Таблица 1

Характеристики	Поставщик		
	ТОО «YDD Corporation»		ТОО «OlimpLTD»
Вид микрокремнезема	Неуплотненный	Уплотненный	Уплотненный
Марка	МК85	МКУ85	МКУ85
Массовая доля, %:			
SiO <sub>2</sub>	85,5	86,3	85,24
Na <sub>2</sub> O	1,47	1,02	2,16
K <sub>2</sub> O	2,06	3,244	1,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,21	1,16	2,42
CaO	0,466	0,458	0,59
Cl	0,27	0,13	0,19
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	250	650	550

Перед тем как разрабатывать пробные составы мы провели сравнительные испытания уплотненного и неуплотненного микрокремнезема. Теоретически неуплотненный микрокремнезем обладает рядом преимуществ. Но с другой стороны затрудняется его применение в производстве из-за выделения пыли и технических сложностей работы с таким высокодисперсным материалом.

Для того чтобы удостовериться в отсутствии больших потерь при применении уплотненного микрокремнезема, проведено тестовое сравнительное испытание неуплотненного и уплотненного микрокремнезема от одного поставщика. Результаты испытания приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование пробы	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности, МПа
В25+МК85, ОК – 5 см	2510	31,3
	2500	37,1
В25+МКУ85, ОК – 18 см	2460	42,5
	2470	39,0

При производстве пробных замесов было обнаружено высокое водопоглощение смеси с микрокремнеземом. Чтобы не увеличивать В/Ц до критических значений необходимо использовать суперпластификаторы, которые нивелируют вынужденное увеличение содержания воды в смеси.

Одним из минусов золы-уноса является низкая стабильность химического состава и качества. Это обусловлено особенностями работы электростанции [4].

Некоторые характеристики золы-уноса приведены в табл. 3 [5].

Таблица 3

Зола-уноса из ТЭС	$S_{удПо ПСХ}, м^2/кг$	$S_{удПо Sorbi}, м^2/кг$
Троицкая ГРЭС (РФ)	382,7	3200
Рефтинская ГРЭС (РФ)	221,3	2900

Большую роль для повышения эффективности зол-уноса играет активность в составе бетонной смеси. Также важно количество активных центров и удельная поверхность. Высокая активность по отношению к гидроксиду кальция, который формируется в процессе гидратации твердеющего цементного камня обеспечивается тем, что зола-уноса низкокальциевая.

Таким образом, при подборе состава бетона нужно учитывать, что при повышении прочности естественным образом снижается содержание пор. Малый объема капиллярных пор способствует снижению скорости проникновения жидких и газообразных веществ в бетон. Это улучшает стойкость бетонов к сульфатной и иной агрессии. Также улучшается защита от химической агрессии по отношению к стальной арматуре. Это говорит о том, что за счет уплотнение структуры бетона и повышения прочности минеральные наполнители в виде золы-уноса или микрокремнезема увеличивают стойкость к агрессии по отношению к бетону.

### Библиографический список

1. QuerciaG., LazaroA., GeusJ.W., BrouwersH.J.H. Characterizationofmorphology and texture of several amorphous nano-silica particles used in concrete // Cement & Concrete Composites.2013. № 44. Pp. 77–92.
2. Паспорт качества учетной формы №145 от ТОО «YDD Corporation».
3. Паспорт качества от 03.11.21, ТОО «OlimpLTD».
4. S. Nagataki. Mineral Admixtures in Concrete – State of the Art and Trends, Concrete Technology Past, Present and Future, ACI SP-114, p. 447-482, 1994.
5. Молчанов А.О., Нелюбова В.В., Кузьмина Н.О. Некоторые свойства зол-уноса как компонента бетонных смесей. Труды Кольского научного центра РАН. Т 8. № 5-1. С. 102-106.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

**Овсянников С.И.,** канд. техн. наук, доц.,  
**Загуляева А.Р.,** студент,  
**Еньшина Е.В.,** магистрант,  
**Овсянников В.А.,** магистрант

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

В последнее время в России наблюдается строительный бум. Причем темпы строительства превышают ранее когда-либо достигнутые. Наравне с многоэтажной застройкой широко применяется и индивидуальная малоэтажная застройка. Одним из видов малоэтажной застройки является деревянное домостроение. Древесина, как строительный материал, обладает рядом преимуществ по сравнению с другими строительными материалами [1-3]. Она имеет низкий коэффициент теплопроводности, достаточную прочность на сжатие и растяжение, легко обрабатывается резанием. Но при этом древесина имеет и ряд недостатков. Это низкая стойкость к грибковым поражениям, особенно при повышенной влажности, возгораемость, повреждения насекомыми. Современные технологии позволяют устранить эти недостатки [4-5]. Основным условием сохранности свойств древесины является низкая влажность. Для этого древесина подвергается сушке. Наиболее часто осуществляют комбинированный метод сушки: сушка естественным способом до 20 %, с последующим досушиванием в сушильных камерах до требуемого уровня. Такой способ позволяет сэкономить и упростить данный процесс за счет уменьшения энергозатрат. На сегодняшний день существует целый ряд различных методов камерной сушки древесины [6]. Но все они требуют значительных затрат энергии на нагрев агента и древесины, что приводит к повышению стоимости качественных древесных строительных материалов.

Целью работы является изучение способов камерной сушки и возможности снижения энергозатрат.

Задачами работы является анализ методов сушки древесины и выявление причин тепловых и энергетических потерь при камерной сушке.

Сушка древесины – это процесс удаления влаги из древесины необходимый для прочности пиломатериала и понижения риска загниванию и поражению грибком. Свежесрубленная древесина имеет влажность около 60-70 %. Для использования в строительстве влажность древесины не должна превышать 13 %. На сегодняшний день применяют различные способы сушки.

1. Естественная сушка – позволяет уменьшить влажность до 20 %. Является самым простым и самым дешевым видом сушки.

2. Принудительная сушка позволяет снизить уровень влажности до необходимого уровня, вплоть до абсолютно сухой древесины. Проводят принудительную сушку в камерах, поэтому ее еще называют камерная сушка.

Естественная сушка происходит на открытом воздухе. Пиломатериалы укладывают в штабели, ряды перекладываются прокладками. Между штабелями организуют разрывы для проходов и проездов, которые также служат для свободного удаления испаряемой влаги. Чтобы избежать деформации пиломатериалов, штабели перевязывают или прижимают грузом, например, бетонными блоками. Штабеля укладывают под навесом, что обеспечивает хорошую проветриваемость и защиту от атмосферных осадков. Данный способ сушки довольно простой и дешевый, но достаточно продолжительный – от нескольких месяцев до нескольких лет.

Камерная сушка является одним из самых качественных видов сушки. Камерной сушке в основном подвергаются пиломатериалы, реже брус и бревна, как бытового, так и промышленного назначения. В настоящее время применяют несколько способов камерной сушки, отличающиеся по принципу действия основных нагревательных устройств.

Вакуумные камеры состоят из корпуса круглой формы с герметичной дверью. Оборудование оснащено большим количеством батарей-панелей, которые равномерно прогревают древесину. Штабеля пиломатериалов перекладываются термопанелями с подводом теплоносителя или электроподогревом. В процессе сушки в камере создается разрежение, что понижает температуру кипения воды. Следовательно, влага испаряется при меньшей температуре нагрева. Излишки влаги отделяются в конденсационной камере и насосом перекачиваются наружу. Данный метод позволяет быстро производить сушку пиломатериалов с достаточно хорошим качеством, однако такое оборудование дорого стоит и потребляет много электроэнергии. Применяется для партий малого объема.

Конвективные сушильные камеры (рис. 1) получили наибольшее распространение. В камеру загружают пиломатериалы, уложенные штабелями через прокладки (шпации) для свободной продуваемости теплоносителем. Внутри камеры устанавливаются радиаторы (калориферы), для нагрева теплоносителя (воздуха). Движение воздушного потока обеспечивается вентилятором. В современных камерах они устанавливаются на фальш-потолке. Это позволяет

обеспечить зоны с повышенным и пониженным давлением. Системы притока и вытяжки регулируют уровень влажности потока воздуха: влажный воздух выбрасывается наружу, а сухой воздух всасывается вовнутрь. Достоинствами являются большая вместимость камеры, минимизация эксплуатационных затрат. Недостатками являются достаточно продолжительный период сушки, а также непродуктивные потери тепла, т.к. часть нагретого воздуха выбрасываются в окружающую среду.

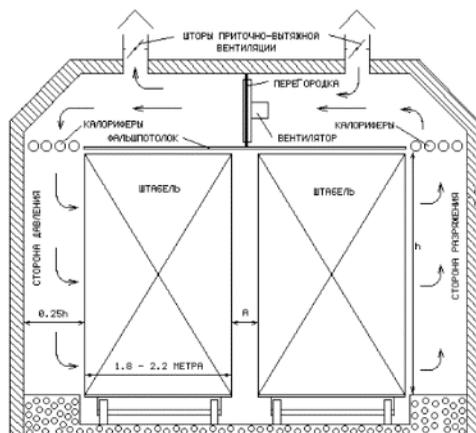


Рис. 1. Устройство сушильной камеры

Конденсационные сушильные камеры отличаются от конвекционных специальным устройством отделения влаги из воздуха и дальнейшего вывода влаги из камеры. Отделитель влаги работает по принципу кондиционера. Преимуществами таких камер является малое энергопотребление и хорошее качество сушки. К недостаткам относится увеличение времени сушки, большая стоимость оборудования и эксплуатационные затраты на обслуживание кондиционера, недостаточная стерилизация материалов.

Аэродинамические сушильные камеры производят сушку путем нагрева воздуха вентиляторами. Механическая энергия превращается в тепловую. Такие камеры просты в изготовлении и устройстве. Недостатками являются низкое качество из-за неравномерной сушки по сечению, что вызывает внутренние напряжения, а также значительные затраты энергии.

Инфракрасные сушильные камеры используют ИК-излучение для нагрева пилломатериалов. Для этого панели ИК-излучения укладывают между слоями пилломатериалов. Прогрев происходит практически на

всю глубину пиломатериала. Для ускорения процесса сушки применяют вентиляцию между слоями пиломатериалов. Такие камеры небольшие по объему, достаточно экономичны, просты в обслуживании. Недостатками являются сложности контроля параметров сушки и отвод излишков влаги.

СВЧ сушильные камеры используют токи высокой частоты для нагрева влаги в древесине. Нагрев происходит равномерно по всему сечению. Но выход пара из внутренних слоев затруднен, что приводит к образованию трещин во внутренних слоях. Устройства СВЧ на сегодняшний день имеют высокую стоимость. Затруднен выбор магнитронов по мощности и направлению излучения. Наиболее часто СВЧ сушку применяют для бревен и бруса большого сечения, стенового материала для деревянного домостроения. Преимуществами такого метода является быстрота процесса сушки, экономный расход энергии нагрева. Недостатками является высокая стоимость оборудования (магнитронов), сложности систем управления процессом, малый объем загрузки камер. Устройства СВЧ сушки применяют и в проходном режиме заготовок через СВЧ-контур.

Таким образом, с целью повышения эксплуатационных свойств и качества древесины, применяемой в строительстве, пиломатериалы и заготовки необходимо подвергать камерной сушке. Наиболее распространенным способом является конвективная сушка. Основным недостатком конвективной сушки является большой расход энергии. Отчасти это происходит за счет удаления теплого воздуха с излишками влаги. С целью уменьшения потерь энергии предлагается осуществлять рекуперацию тепла между удаляемым и приточным воздухом в камере.

### **Библиографический список**

1. Овсянников С.И. Деревянное домостроение за рубежом и в России // Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): Сборник докладов международной научно-практической конференции. Белгород, 2017. С. 309-315.
2. Овсянников С., Подгорный И. Новые подходы в фахверковом строительстве. Saarbuken: LAP LAMBERT, 2020. 109 с.
3. Ovsyannikov S.I., Dyachenko V.Y. Wooden nano-composite materials and prospects of their application in wooden housing construction // Wooden Nano-Composite Materials and Prospects of their Application in Wooden Housing Construction: Materials Science Forum, 2018. № 939 С. 583-588. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.931.583
4. Овсянников С.И., Богданов И.И., Федоренко А.В. Экологические аспекты деревянного домостроения // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические

процессы защиты окружающей среды: Сб. докладов международной научно-технической конференции. Белгород, 2015. Ч. II. С. 236-242.

5. Овсянников С.И., Лесовик В.С., Федоренко А.В. Огнебиозащитные средства для деревянных строений и конструкций // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: Сб. докладов международной научно-технической конференции. Белгород, 2015. Ч. II. С. 222-228.

6. Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины : учебное пособие / А. И. Расев, А. А. Косарин. – М. : ФОРУМ, 2010. – 416 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕНОБЕТОНА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ 3D-ПЕЧАТИ**

**Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.,  
Рябчевский И.С., аспирант**

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

Для реализации возможностей 3D-печати в различных сферах строительства одной из наиболее сложных и комплексных является проблема создания смесей, функциональные свойства которых должны соответствовать их назначению и области применения [1-3]. Несмотря на активное развитие исследований и большой объем накопленной экспериментальной информации [4-6], следует отметить, что внимание ученых сконцентрировано на проблемах создания смесей конструкционного назначения. В результате в настоящее время для промышленного производства и применения апробирована и используется довольно ограниченная номенклатура смесей, позволяющая получить методом 3D-печати именно высокоплотные, прочные материалы. Однако в России контролируемые являются требования к термическому сопротивлению ограждающих конструкций. Для обеспечения нормативных требований к его значениям необходимо сочетание материалов пониженной средней плотности для теплоизоляционных слоев и высокопрочных композитов для несущих слоев конструкций.

Таким образом, актуальной является проблема обоснования требований и исследование условий получения и оценки свойств эффективных теплоизоляционных пенобетонов, строительно-технологический процесс получения которых может быть адаптирован к процессу 3D-печати зданий.

Как правило, бетон, пригодный для аддитивного строительства, должен хорошо поддаваться экструзии иметь хорошие межслойные

связи. При этом материал должен обладать соответствующими механическими свойствами, например, прочностью на сжатие [7].

Обычный пенобетон обладает хорошей удобоукладываемостью и текучестью, что является многообещающим с точки зрения технологических параметров экструдированности и прокачиваемости, необходимых для 3D-печати. Однако необходимо учитывать потенциальное влияние перекачивания на характеристики пены, поскольку оно может повлиять на стабильность смеси и привести к изменению ее плотности.

Другой важной характеристикой печатного материала является его сбороспособность, состоящая из стабильности формы печатных слоев под действием собственного веса и способности удерживать последующие слои с минимальной деформацией. Другими словами, сбороспособность пенобетона можно охарактеризовать как сочетание самоустойчивости и достаточной жесткости при раннем схватывании. Что касается самоустойчивости, пенобетон обычно воспринимается как сыпучий, самоуплотняющийся материал. Признано, что при более низких плотностях текучесть снижается из-за уменьшения собственного веса и сцепления между твердыми частицами и пузырьками воздуха [7]. Небольшой собственный вес конструкции позволит уменьшить давление на нижние слои, тем самым повышая устойчивость печатных структур в свежем состоянии.

Известно, что интенсивное перемешивание улучшает диспергирование агломерированных частиц цемента и микронаполнителя и способствует ускорению процессов гидратации в пене [8]. Различные способы подачи пенобетона к печатающей головке представлены на рис. 1-4.

Все представленные варианты предполагают смешанно-вспенивающий способ производства.



Рис. 1. Ручная подача пенобетона для непрерывной печати

В первом случае после смешивания пенобетон вручную помещается в резервуар печатающей головки (рис. 1). Требуется дополнительно привлечь рабочую силу и замедлить темп строительства.

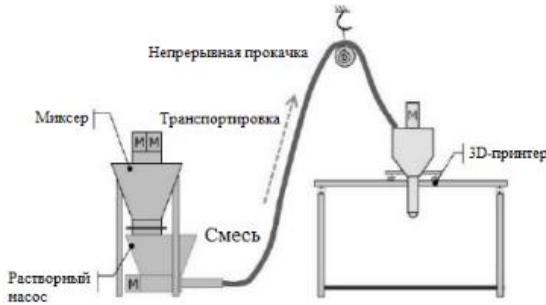


Рис. 2. Смешивание и перекачка пенобетона для непрерывной печати

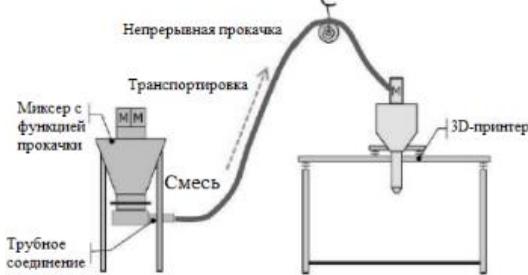


Рис. 3. Перекачка в интегрированную систему смешивания пенобетона для непрерывной печати



Рис. 4. Автоматическая и полностью интегрированная система смешивания пенобетона для непрерывной печати

Во втором случае пенобетонешалка напрямую связана с насосом, который непрерывно подает пенобетон в резервуар печатающей головки (рис. 2). По сравнению первым вариантом, второй устраняет время, необходимое для ручной транспортировки и повторного заполнения резервуара печатающей головки.

В третьем случае пенобетонешалка напрямую связана с печатающей головкой. Технические особенности смесителя, в

данном случае, позволяют подавать пенобетон в резервуар печатающей головки (рис. 3).

В четвертом случае микшер должен быть установлен на печатающей головке (рис. 4). Этот вариант аналогичен третьему, за исключением положения смесителя и того, что подача сырья автоматизирована. Сырье в заданных количествах транспортируется и смешивается на печатающей головке. Одним из существенных преимуществ такого варианта является то, что на стабильность пенобетона не влияет процедура заправки. Однако техническая реализация в этом случае является сложной. Существующие решения по поточному смешиванию сухих компонентов с водой и добавками необходимо адаптировать для смешивания пенобетона на бетонной печатающей головке [7].

Стоит отметить, что варианты, представленные на рис. 1-4, также применимы к печатным бетонам нормального веса и альтернативным строительным материалам, используемым в 3D-печати [9-10]. В таких случаях вместо пенообразователя могут быть добавлены другие химические добавки.

Проблема обеспечения нормируемого термического сопротивления наружных стен зданий, возводимых методом 3D-печати, может быть эффективно решена при использовании для создания теплоизолирующего слоя монолитного неавтоклавного пенобетона. Эффективность и рациональность его использования обусловлена сходной номенклатурой и характеристиками сырьевых компонентов для получения пенобетонов и композитов для несущих 3D-слоев. Одновременно условия реализации строительного-технологического процесса обеспечивают возможность интеграции технологического оборудования получения монолитных пенобетонов в комплекс строительной 3D-печати.

### **Библиографический список**

1. Сулейманова Л.А., Огнев Н.В. Оценка возведения стен здания с помощью 3D-принтера в сравнении с традиционным строительством из бетонных блоков // Университетская наука. 2017. № 2 (4). С. 13-15.
2. Крушельницкая Е.А., Огнев Н.В., Чжан Ц., Ди Се., Сулейманова Л.А. Материалы для строительных 3D-принтеров и варианты конструктивного решения зданий // В сборнике: Международный студенческий строительный форум - 2018. Сборник докладов. В 2-х томах. 2018. С. 255-259.

3. Славчева Г.С., Макарова Т.В. Пенобетоны для теплоизоляционных слоев наружных стен, возводимых методом 3D-печати // Строительные материалы. 2018. № 10. С. 30-35.

4. Duballeta R., Baverela O., Dirrenberger J. Classification of building systems for concrete 3D printing // Automation in Construction. 2017. No. 83, Pp. 247-258.

5. Kazemian A., Yuan X., Cochran E., Khoshnevis B. Cementitious materials for construction-scale 3D printing: Laboratory testing of fresh printing mixture // Construction and Building Materials. 2017. No. 145, Pp. 639-647.

6. Hambach M., Volkmer D. Properties of 3D-printed fiber-reinforced Portland cement paste // Cement and Concrete Composites. 2017. No. 79, Pp. 62-70.

7. Markin V., Krause M., Otto J., Schröfl C., Mechtcherine V. 3D-printing with foam concrete: From material design and testing to application and sustainability // Journal of Building Engineering. 2021. Vol. 43. P. 102870.

8. Namsone E., Šahmenko G., Korjakins A. Durability Properties of High Performance // Foamed Concrete Procedia Engineering. 2017. No 172. Pp. 760-767.

9. Perrot A., Rangedard D. Courteille E. 3D printing of earth-based materials // Processing aspects Construction and Building Materials. 2018. Vol. 172. Pp. 670- 676.

10. Panda B., Paul S.C., Hui L.J., Tay Y.W.D., Tan M.J. 2017 Additive manufacturing of geopolymer for sustainable built environment // Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 167. Pp. 281-288.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**Руденко О.Л., ассистент,  
Скирдин Д., студент**

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

Российская Федерация имеет наибольшие запасы древесины в мире. Хвойные породы преобладают в северных районах страны. С давних времен люди использовали древесину в разных отраслях как в производстве, строительстве, так и обустройства жилья. Россия всегда славилась деревянным зодчеством, его архитектурой, уникальными технологиями [1]. С появлением бетона и доступностью производства кирпича, о технологиях деревянного домостроения стали забывать. Да и производство деревянных изделий значительно снизилось.

Утрачиваются опыт, практика, технологии переработки и использования древесины, жизненный контакт человека и природы. Естественно, что это сказывается и на развитии человека, его настроении, качественном уровне жизни. Президент РФ В.В. Путин при встрече с представителями ЛПК в Архангельской области 10 февраля 2023 г. поддержал ряд предложений по развитию лесной отрасли и переработки древесины [2]. Отдельно был выделен вопрос поддержки деревянного домостроения. В частности, было предложено повысить объем и доступность ипотеки на строительство индивидуальных и малоквартирных домов, изготовление стандартных домов из домокомплектов.

В данной статье рассмотрены вопросы возможности использования различных пород древесины для деревянного домостроения и обустройства жилых помещений.

Разнообразие древесных пород и их свойства давно учитываются для применения в производстве различных строительных материалов, изделий и конструкций [3, 4]. Так, в строительстве широко применяется древесина хвойных пород, так как наличие смолы хорошо защищает ее от поражения гнилью [5]. Древесина, обладающая износостойкостью, применяется для изготовления напольных покрытий, лестничных ступеней, трущихся деталей.

Древесина привлекает своей доступностью. Природа обеспечила человечество легким, прочным, легко обрабатываемым строительным материалом, обладающего низкой теплопроводностью [4, 6]. Древесину не надо производить как цемент или кирпич, затрачивая при этом значительные трудовые и энергетические ресурсы. Вплоть до XX столетия древесина оставалась основным материалом для строительства домов, изготовления орудий труда, оборудования, приспособлений, посуды, хозяйственной утвари. Не было материалов способных конкурировать с древесиной в доступности, простоте и прочностных характеристиках.

В настоящее время популярность древесины, как строительного материала, возрастает и увеличивается с каждым годом. Так в России за 2022 год строительство деревянных домов увеличилось на 31%. Лидерами в производстве и строительстве деревянных домов являются Финляндия, США и Канада [1]. Доля Российского рынка деревянного домостроения в 17 раз меньше чем в этих странах. И это при том, что Россия обладает 25 % запасами древесины. Строительство деревянных домов на сегодняшний день осуществляется в индивидуальном строительстве, в то время как в западных странах широко используются технологии заводского производства домокомплектов.

Для деревянного домостроения применяется, в основном, древесина хвойных пород [7, 8].

Лиственница обладает высокой стойкостью к загниванию, даже в абсолютно влажной среде или при контакте с влажным грунтом. Поэтому из лиственницы делают первые венцы рубленых домов, сваи, опоры, мосты, ограждения русел рек и берегов озер, набережные, террасы. Изготавливать срубы из лиственницы не целесообразно, так как из-за высокой плотности древесина лиственницы имеет большую теплопроводность, по сравнению с другими породами. Высокое содержание смолы так же снижает потребительские свойства лиственницы.

Сосна является наиболее распространенной породой в европейской части нашей страны. Ее прочностные свойства, простота в обработке давно привлекают деревообработчиков. В строительстве сосна широко используется и как стеновой материал, и как технологический для изготовления столярных изделий и напольных покрытий. Единственным ограничением применения сосны является резкий контраст заболони и ядровой древесины, что при производстве клееного стенового бруса дает полосатый эффект. Сосна также довольно смолистая древесина и при попадании солнечных лучей начинает интенсивно выделять ее. Такой эффект называют «плачущее бревно».

Ель относится к северным породам, произрастающим к северу от московского региона. Древесина ели имеет белый цвет с почти незаметными годичными слоями, равномерный окрас, что делает ее незаменимой в изготовлении стенового бруса и в изделиях под тонировку. Низкая плотность придает ей хорошие теплоизоляционные свойства. Но в случае использования на открытом пространстве или во влажных условиях, древесину ели необходимо защищать от гниения и обрабатывать антисептиками.

Примерно такими же свойствами как у ели, обладает древесина пихты.

Древесина сосны кедровой широко применяется как отделочный материал внутри помещений. Привлекает древесина долгим стойким запахом хвои. Сама древесина очень мягкая, имеет розоватый оттенок ядровой части, образует интересные узоры от мелких сучков и годичных слоев при распиливании.

Лиственные породы также широко используются в строительстве, в основном как отделочный материал.

Дуб имеет очень прочную древесину, очень устойчив к загниванию и различным поражениям. При сушке необходимо быть осторожными,

так как древесина склонна к растрескиванию. Из древесины дуба изготавливают паркет, окна, наружные двери. Широко используется дубовый шпон для отделки различных изделий, в бондарном производстве, в судостроении, для изготовления особенно ценных резных элементов.

Ясень схож по свойствам с дубом, но имеет светлую древесину. Используется для изготовления паркета или столярных изделий, но при обработке обретает седину, поэтому используется в натуральном виде. Хорошо сохраняется на воздухе, но загнивает при переменной влажности и контакте с влажной землей.

Береза обладает белой с желтым оттенком древесиной, высокой прочностью, но легко загнивает при повышенной влажности. Древесину из березы используют для изготовления мебели, лестниц и ограждений, предметов домашнего обихода и фанеры.

Осина хорошо обрабатывается, имеет высокую прочность древесины, хорошо колется и дает малое количество трещин. Осину часто используют для устройства кровли, временных сооружений и производства фанеры. Осина используется для изготовления срубов колодцев, а также в обустройстве бань и парилок.

Бук имеет древесину белого цвета, после пропаривания приобретает красноватый оттенок. Из характеристик древесины отмечается способность хорошо гнуться и фиксировать гнутое состояние после высыхания. Древесину бука часто используют для производства мебели, шпона и фанеры. Очень важно лакировать изделия из бука, так как он впитывает влагу.

Древесина клена по твердости незначительно уступает дубу. Имеет белый окрас. Однако ее часто используют для имитации других пород, так как она легко поддается тонировке протравами и полируется.

Древесина тополя очень мягкая, имеет сероватый оттенок. Она используется для декоративных изделий, а также при возведении временных сооружений. Так же из тополя производят плиты ДВП, ДСтП.

Липа имеет мягкую древесину, которая отличается легкостью в обработке резанием, она имеет однородное строение, хорошо режется и мало коробится. По физико-механическим характеристикам близка к осине. Древесину липы используют для отделки парильных отделений, изготовления шпона лицевого слоя фанеры, точеных и резных изделий.

Необходимо отметить, что при всех своих преимуществах древесина имеет ряд недостатков, которые резко снижают ее потенциальную привлекательность, как строительного материала. Основным таким недостатком является горючесть. Уже при

температуре в 270 °С древесина начинает загораться и легко передает горение на соседние деревянные и легко воспламеняемые изделия. Поэтому деревянные строения обязательно должны быть обработаны защитными противопожарными средствами, а внутри жилых помещений целесообразно устанавливать системы порошкового тушения огня [9].

Необходимо также отметить, что изделия из древесины подвержены изменчивости свойств в зависимости от их влажности. При изменении влажности, индивидуально для каждой породы, меняются и ее характеристики. Усыхание и набухание древесины и возникающие при этом деформации также относят к недостаткам.

Вторым недостатком является слабая устойчивость древесины к гниению. У разных пород уровень стойкости к гниению значительно отличается. При условии доступности кислорода, влажности в 18-20% древесины и температуре в пределе от +5 до +40, происходит интенсивное развитие дереворазрушающих грибов, причем поражение происходит на структурном уровне. В следствии этого, древесина теряет прочностные свойства.

Древесина легко обрабатывается специальными покрытиями, пропитывается защитными средствами, смолами и клеями. На рынке предлагается достаточно большая номенклатура средств защиты от гниения и горения, делая древесину стойкой и привлекательной на рынке стройматериалов. Но в некоторых случаях применяют увлажнение древесины, как технологический прием. Например, для повышения гибкости и пластичности.

Одним из самых популярных способов строительства деревянных домов, является каркасная и каркасно-панельная технологии, относящаяся к быстрой и дешевой технологии. Пользуются популярностью дома на основе композитных материалов из древесины, таких как клееный брус и многослойный брус со слоем пенополиуретана, а также сэндвич-панелей из бруса, утеплителя и плитных материалов.

Современные методы деревянного строительства значительно отличаются от своих предшественников. Широко применяются промышленно-заводские технологии изготовления стеновых панелей, перекрестно-клееных щитов, изготовления срубов из оцилиндрованных бревен и профилированного бруса. Широкое применение получают материалы на основе древесного сырья, таких как опилки, стружки, древесина веток и корней, использованная древесина. Такую древесину используют в производстве плитных материалов, утеплителей, стеновых блоков и т.п.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что древесина является природным высококачественным строительным материалом, который обладает низкой теплопроводностью, достаточно высокой прочностью, небольшой плотностью и простотой в обработке. Кроме этого, древесину используют как декоративный материал для отделки помещений, создавая своеобразный интерьер внутри и снаружи строений. И несмотря на развитие современных технологий возведения бетонно-каменных строений, древесина не потеряла своей популярности.

### Библиографический список

1. Овсянников С.И. Деревянное домостроение за рубежом и в России // Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): Сборник докладов международной научно-практической конференции. Белгород, 2017. С. 309-315.
2. Экспертный клуб : сайт. Владимир Путин провел на территории Архангельской области всероссийское совещание по проблемам ЛПК / [сайт]. – URL : <https://expert-club.online/news/vladimir-putin> (дата обращения: 04.03.2023).
3. Овсянников С.И., Суска А.А., Шевченко С.А. Formation of heat-insulating enclosing structures of dome structures for the far North // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. **698** 2019. doi:10.1088/1757-899X/698/2/022006
4. Ovsyannikov S.I., Dyachenko V.Y. Wooden nano-composite materials and prospects of their application in wooden housing construction // Wooden Nano-Composite Materials and Prospects of their Application in Wooden Housing Construction: Materials Science Forum, 2018. № 939 С. 583-588. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.931.583
5. Овсянников С.И., Богданов И.И., Федоренко А.В. Экологические аспекты деревянного домостроения // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: Сб. докладов международной научно-технической конференции. Белгород, 2015. Ч. II. С. 236-242.
6. Овсянников С.И., Лесовик В.С., Федоренко А.В. Огнебиозащитные средства для деревянных строений и конструкций // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: Сб. докладов международной научно-технической конференции. Белгород, 2015. Ч. II. С. 222-228.
7. Овсянников С.И., Ковш А.Ю. Повышение качества клееного

бруса и конструкций из древесины. Saarbuken: LAP LAMBERT, 2019. 85 с.

8. Овсянников С., Подгорный И. Новые подходы в фахверковом строительстве. Saarbuken: LAP LAMBERT, 2020. 109 с.

9. S.I. Ovsyannikov, V.Y. Dyachenko. Fire Resistance Evaluation of Pressed Straw Building Envelopes / Materials Science Forum. ISSN: 1662-9752, Vol. 974, pp 237-242.

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЯЧЕЙСТЫХ БЕТОНОВ**

**Сопин Д.М., канд. техн. наук, доц.,  
Богусевич Г.Г., канд. техн. наук, доц.,  
Айыдов Д.Н., аспирант,**

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

В настоящее время существующий в России средний расход энергетических ресурсов, затрачиваемых в процессе эксплуатации зданий промышленного и гражданского назначения, в особенности жилого фонда, в несколько раз выше, по сравнению с Европейскими странами. Поэтому, необходимое требуемое сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций было повышено, по сравнению с ранее действующими нормами в 2-3 раза, что должно позволить уменьшение около 40 % удельного энергопотребления при ремонтных работах и реконструкции, а также при возведении зданий малой этажности. Для обеспечения этих требований необходимо увеличить толщину наружных стен, например, из керамзитобетона, с существующих 20-35 см до 50-70 см, а при использовании рядового кирпича с 50-60 до 100-120 см и более, что является мало того, что нерациональным, осуществление этого весьма затруднительно с практической точки зрения.

В существующей ситуации наиболее рациональным решением данной проблемы, учитывая необходимость проведения строительных работ на большой площади, состоящей из семи климатических поясов, является наращивание объемов выпуска материалов, обладающих теплоизоляционными свойствами, в первую очередь ячеистого бетона, увеличение номенклатуры, контроль и повышение качества изделий, использование передовых производственных технологий [1-3].

Из строительных материалов, используемых для кладочных работ, ячеистый бетон отличается наиболее низким показателем

теплопроводности, по этому свойству уступая в некоторых случаях только древесине. Ячеистые бетоны автоклавного и неавтоклавного твердения соответствуют всем предъявляемым требованиям к современным теплоизоляционным материалам.

К одному из главных преимуществ ячеистобетонных блоков по сравнению с кирпичом можно отнести более чем в 2 раза меньшую толщину наружных стен, при соблюдении условий по теплозащите, также один кубометр ячеистобетонной кладки в 5-6 раз легче, чем аналогичная с использованием керамического или силикатного кирпича [4].

Основная классификация ячеистого бетона производится по типу вяжущего компонента, функциональному назначению, по способу поризации и в зависимости от способа твердения (рис. 1).



Рис. 1. Классификация ячеистого бетона

Ячеистый бетон, как и любой другой строительный материал, обладает рядом недостатков и преимуществ.

К его положительным сторонам можно отнести:

- высокая теплопроводность, связанная с тем, что структура материала содержит в своих порах воздух, который является хорошим теплоизолятором. За счет этого использование ячеистобетонных изделий в виде блоков, дает возможность снизить расходы на утепление, также достаточно высокая и звукоизоляция;
- материал экологичен и безопасен, не происходит выделение вредных веществ;

– ячеистобетонные изделия легко обрабатываются, что дает возможность снизить сроки строительства, и позволяет своими руками производить возведение конструкций, также данный материал относительно легкий, что позволяет уменьшить нагрузку на фундамент;

– конструкции из ячеистого бетона обладают высокой сейсмостойкостью, а также долговечностью.

– материал обладает хорошим сочетанием прочности, плотности и массы и способностью к паропроницаемости, что способствует созданию благоприятного микроклимата. Также он не подвергается гниению и другим воздействиям за счет присутствия минеральных компонентов.

Помимо ряда преимуществ, ячеистый бетон также обладает и рядом недостатков, вызывающих сложности при его использовании:

- в связи с тем, что ячеистый бетон является пористым, он характеризуется высоким водопоглощением, за счет чего при отрицательных температурах, может происходить кристаллизация накопленной влаги, что приведет к разрушению структуры материала, поэтому необходимо производить необходимую внутреннюю и наружную отделку здания;

– также изделия из ячеистого бетона характеризуются высокой хрупкостью, что приводит к разрушению материал в процессе транспортировки и строительных работ.

Несмотря на это, вышеперечисленные недостатки могут быть нивелированы правильным выполнением кладочных работ, рационально подобранными отделочными материалами и осторожным обращением с материалом.

Оптимизация состава ячеистого бетона возможна за счет использования модифицирующих добавок, представляющих собой химические продукты, имеющие органическое или неорганическое происхождение, которые вводятся для улучшения характеристик и придания в дальнейшем положительных свойств, которые требуются для получения строительных конструкций, обладающих высокими эксплуатационными показателями в короткие сроки [5, 6].

Ассортимент включает в себя большое количество разновидностей, поэтому выбор добавок для улучшения требуемых свойств изделий представляет собой весьма сложную задачу. По виду воздействия модификаторы можно подразделить на три основные группы:

– модификаторы, способствующие регулированию свойств

готовых к использованию смесей;

- добавки, увеличивающие и корректирующие свойства;
- химические добавки, придающие специальные свойства.

Некоторые виды добавок имеют полифункциональное действие, пластифицируют, увеличивают воздухоовлечение, способствуют газообразованию, тогда добавка модификатор определяется наиболее выраженным эффектом. За счет их введения происходит воздействие на структуру и физико-механические свойства, что в свою очередь дают возможность получить высокий экономический эффект в сочетании с высокими качественными показателями [7].

На сегодняшний день ячеистобетонные изделия получают все более широкое распространение при теплоизоляции ограждающих конструкций зданий и сооружений, при этом наиболее высоким спросом пользуется конструкционно-теплоизоляционный ячеистый бетон, получаемый по технологии вспучивания или вспенивания растворной смеси. Оптимизации состава и технологии изготовления ячеистого бетона может заключаться в комплексном использовании высокоэффективных модифицирующих добавок и современных технологических решений.

### **Библиографический список**

1. Воронцов В.М., Лесовик Р.В., Помошников Д.Д., Воронов В.В. Пенобетон на основе высокоэффективного композиционного вяжущего // Научно-технические технологии и инновации. Сборник докладов международной научно-практической конференции. 2016. С. 48-53.
2. Богусевич В.А., Сопин Д.М., Шапиро А.Э. Неавтоклавный газобетон на основе композиционных вяжущих // Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 349-352.
3. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С., Ксаби Т.А. Особенности изготовления пенобетона на основе сухих строительных смесей // Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов V Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Белгород, 2021. С. 209-212.
4. Лесовик Р.В., Агеева М.С., Лесовик Г.А., Сопин Д.М., Митрохин А.А. Неавтоклавный газобетон на основе отходов промышленности // Актуальные вопросы архитектуры и строительства. Материалы Пятнадцатой Международной научно-технической конференции. Редколлегия: В.Т. Ерофеев (отв. ред.) [и др.]. 2017. С. 203-205.

5. Елистраткин М.Ю., Кожухова М.И. Анализ факторов повышения прочности неавтоклавного газобетона // Строительные материалы и изделия. 2018. Т. 1. № 1. С. 59-68.

6. Елистраткин М.Ю., Абсиметов М.В., Ермолаева А.Э., Гуляева М.А. Повышение прочности неавтоклавного газобетона // Фундаментальные основы строительного материаловедения. Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 50-58.

7. Сулейманова Л.А., Кара К.А., Красникова И.Е., Скороходова О.А. К вопросу о подборе газообразователей для изготовления ячеистобетонных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 1. С. 20-23.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПОЛОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

**Сопин Д.М., канд. техн. наук, доц.,**

**Богусевич Г.Г., канд. техн. наук, доц.,**

**Айыдов Д.Н., аспирант,**

**Михайличенко Е.В., магистрант**

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

При устройстве полов промышленного назначения большую роль играют материалы, используемые для их изготовления, которые необходимо выбирать, ориентируясь на возможные воздействия в процессе эксплуатации и предъявляемых требований, позволяющих достичь необходимой долговечности и надежности [1].

Выбор типа бетона и его характеристик осуществляется в соответствии со СНиП 2.03.13-88 Актуализированная версия «Полы» в зависимости от заданных воздействий (интенсивность механических, жидкостных и тепловых воздействий), с учетом специальных требований к ним и климатических условий строительства:

– для слабых и умеренных нагрузок используются традиционные бетоны заводского производства заданной марки согласно заявленных нагрузок;

– для значительных и весьма значительных нагрузок рекомендуем использовать высокопрочные литые бетоны (прочность на сжатие 40-80 МПа), преимуществами которых являются:

– высокая подвижность бетонной смеси

– достижение однородности и нерасслаиваемости бетонной смеси,

отсутствие водоотделения;

– удобоукладываемость – все повышенные прочностные характеристики достигаются за счет модификации структуры бетонной смеси. Отсутствует необходимость вибрировать бетон;

– регулирование сроков схватываемости.

Необходимо также отметить возможность производства работ с литыми бетонами при отрицательной температуре наружного воздуха (до -20 °С).

Различные условия использования промышленных полов в зданиях задают весьма широкие рамки требуемых характеристик, главными свойствами, которые характеризуют качество материалов используемых при устройстве данного типа полов, считаются их способность сопротивляться воздействию истирающих и механических нагрузок, а также постоянство состава и свойств и технологичность материала, подразумевающую снижение материальных затрат и трудовых ресурсов, затраченных при приготовлении бетонной смеси, устройстве и эксплуатации покрытия [2-5].

В большой степени выполнение этих требований обеспечивается использованием многокомпонентных вяжущих веществ, получаемые на их основе бетоны имеют высокие механические характеристики прочности износостойкости, отличаются повышенной стойкостью к химическим воздействиям, за счет чего могут использоваться при устройстве полов в промышленных зданиях предприятий химической промышленности, энергетического комплекса, тяжелого машиностроения)

Уменьшение количества используемых материалов и стоимости устройства данного вида полов может быть достигнуто при использовании при использовании местных сырьевых материалов, таких как техногенное сырье, что дает возможность широкого применения мелкозернистых бетонов на основе местного сырья и отходов промышленности [6, 7].

Для оценки возможности получения композиционных вяжущих веществ на основе техногенных песков был использован портландцемент ЦЕМ I 42,5Н производства ЗАО «Белгородский цемент», а также отсев дробления кварцитопесчанника Лебединского месторождения КМА в качестве компонента вяжущего низкой водопотребности и пластифицирующая добавка Полипласт СП-1 в оптимальной дозировке (табл. 1).

Таблица 1

**Физико-механические свойства многокомпонентного вяжущего**

Тип вяжущего	Клинкерная составляющая, %	НГ, %	Время схватывания		В/Ц	Прочность, МПа	
			начало	конец		Риз	Рсж
ЦЕМ I 42,5Н	100	25,1	2-30	4-40	0,4	7,4	51,2
ТМЦ-50	50	26,4	2-20	4-20	0,45	6,8	48,1
ВНВ-50	50	24,3	2-00	4-00	0,36	8,9	53,3
ТМЦ-100	100	25,6	2-10	4-00	0,43	10,0	70,8
ВНВ-100	100	22,7	2-00	3-20	0,27	12,8	84,8

Из полученных результатов видно, что ВНВ-50 позволяют снизить до 50% расход клинкерной составляющей без снижения прочности, однако использование ВНВ-100 является более целесообразным за счет высокой активности полученного вяжущего.

Для исследования возможности использования техногенного сырья КМА в качестве заполнителя для мелкозернистого бетона были изучены физико-механические свойства бетонов с различными техногенными песками (табл. 2).

Таблица 2

**Составы и свойства мелкозернистого бетона**

Вид мелкого заполнителя	Состав			ОК, см	Плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа
	ВНВ-100, кг/м <sup>3</sup>	Заполнитель, кг/м <sup>3</sup>	Вода, л/м <sup>3</sup>			
Отсев дробления кварцитопесчанника	720	1450	290	12	2310	70,1
Отходы ММС				4	2300	13,3
Отсев дробления сланца				8	2330	57,6

Наибольшие показатели прочности можно увидеть у мелкозернистого бетона, с использованием в качестве заполнителя отсева дробления кварцитопесчанника, так как данный материал обладает высокой активностью по отношению к вяжущему, в процессе твердения бетона происходит образование между цементным камнем и заполнителем прочной контактной зоны, с использованием отсева сланца наблюдается уменьшение прочности, в связи с тем, что он имеет меньшую реакционную способность, чем кварцитопесчанник. Зерна лещадной формы в процессе нагрузки при формовании могут разрушаться, образуя при этом новые поверхности и способствуя разуплотнению бетона, что в свою очередь приводит к снижению прочности конечного композита.

Использование бетонов с использованием отсевов дробления

кварцитопесчанника и композиционных вяжущих, дает возможность эффективно применять их при устройстве полов в производственных и промышленных зданиях, ангарах и складах, а также на стоянках, в связи с их высокой прочностью, надежностью и долговечностью.

### **Библиографический список**

1. Сопин Д.М., Ахмед А.А.А., Богусевич Г.Г., Масалитина С.В. Использование сырья техногенного происхождения в мелкозернистых бетонах // 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. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Сальникова А.С. Высокопрочные бетоны для легирующих блоков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 5. С. 8-18.

3. Сопин Д.М., Богусевич Г.Г., Богусевич В.А., Чэнь В. Отходы горнорудного производства для мелкозернистого бетона, используемого при монолитном строительстве // Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Белгород, 2020. С. 389-392.

4. Лесовик Р.В., Володченко А.А., Швецов А.В., Поспелов М.А., Минакова А.В., Гладких Е.А. К вопросу использования отходов промышленности для создания строительных композитов // Научно-технические технологии и инновации. Электронный сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 290-294.

5. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 9-16.

6. Сопин Д.М., Богусевич В.А., Богусевич Г.Г., Хозин В.Г., Милькина А.С., Кириносенко Е.С. Особенности использования техногенного сырья при получении мелкозернистых бетонов // 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. 139-144.

7. Милькина А.С., Богусевич Г.Г., Сопин Д.М., Богусевич В.А., Милькин А.С. Высокопрочные твердеющие композиции на основе техногенного сырья // IV Международный студенческий строительный форум - 2019. Сборник докладов (К 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова). Белгород, 2019. С. 316-320.

## **ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМНОЙ ГИДРОФОБИЗАЦИИ НА СТЕПЕНЬ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ БЕТОНА ГРИБКОВЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ**

**Строкин К.Б., д-р экон. наук, проф.,**

**Гальцев А.А., ст. преп.,**

*Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия*

**Коновалова В.С., канд. техн. наук, доц.,**

**Промзелева Е.С., магистрант**

*Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия*

**Нармания Б.Е., аспирант**

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

Бетонные конструкции, подвергающиеся воздействию агрессивных водных сред (сточные воды, мягкая вода, пресная вода, грунтовые воды, морская вода, сельскохозяйственная или агропромышленная среда), из-за своей пористой природы подвержены различным процессам разрушения, возникающим в результате попадания и/или присутствия воды [1-3]. В дополнение к процессам химической и физической деградации присутствие воды способствует нежелательным изменениям свойств материала в результате деятельности живых организмов [4-6].

Поскольку микроорганизмы вездесущи практически в любой среде обитания и обладают удивительно разнообразным метаболизмом, их присутствие на строительных материалах вполне нормально, часто они могут вызывать ухудшение качества, которое может быть вредным (потеря щелочности, эрозия, отслоение бетонной оболочки, коррозия арматуры, потеря водо- или воздухопроницаемости) [5, 7-9]. Обнаружено, что вредное воздействие микроорганизмов, главным образом бактерий и грибов, на цементирующую матрицу связано, с одной стороны, с образованием агрессивных метаболитов (кислот,  $\text{CO}_2$ , соединений серы и т.д.) [10, 11], но также, с другой стороны, с некоторыми специфическими физическими и химическими воздействиями самих микроорганизмов через образование биопленки на поверхности [9, 12, 13].

Различные способы преодоления повреждения структурных компонентов бетона включают в себя использование водостойкого и высококачественного бетона с использованием новых инновационных материалов [14-16].

В последнее время в строительной отрасли наблюдается тенденция роста использования водостойких и водоотталкивающих добавок во влажном бетоне [17-19], что формирует представление о том, что бетон

будет отверждаться в водонепроницаемом состоянии, избегая необходимости нанесения мембраны на бетонное основание.

Гидроизоляционные составы добавляются в цемент во время строительства, они предотвращают просачивание, утечку и сырость, вызванные капиллярным поглощением влаги в цементе, растворе и бетоне. Количество добавляемого гидроизоляционного состава очень мало и не превышает 5 % от массы цемента [20]. Вводимые добавки также могут корректировать плохо распределенную бетонную смесь, способствовать отверждению бетона, улучшать его эксплуатационные характеристики [18, 21, 22].

При изготовлении образцов цементного камня в цементный раствор добавляли гидрофобизатор стеарат кальция в количестве 0,5 и 0,7 % по массе цемента. Образцы изготовлены из портландцемента ЦЕМ I 42,5 Н с водоцементным соотношением 0,3. После отверждения на воздухе в течение 28 суток поверхность цементного камня заражали суспензией грибковых микроорганизмов *Aspergillus niger*.

Степень повреждения цементного камня устанавливали по методике, изложенной в ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний».

Количество цементного камня (в пересчете на CaO), вошедшего в химическое взаимодействие с раствором кислоты, рассчитывается по формуле:

$$P_{CaO} = \frac{q_1 \cdot M \cdot f_{экв(CaO)} \cdot 0,05608 \cdot Q}{S \cdot q_2}, \text{ г/см}^2, \quad (1)$$

где  $q_1$  – объем стандартного раствора с известной концентрацией химически активного вещества, пошедшего на титрование раствора после взаимодействия с бетоном, мл;  $M$  – концентрация раствора, моль/л;  $f_{экв(CaO)} = 1/2$ ; 0,05608 – молярная масса CaO, соответствующая 1 мл раствора кислоты концентрации 1 моль/л;  $Q$  – объем раствора кислоты, участвовавшей во взаимодействии с бетоном в каждый период времени между отдельными испытаниями, мл;  $S$  – площадь рабочей поверхности образцов, взаимодействовавшей с кислотой, см<sup>2</sup>;  $q_2$  – объем раствора, отобранного для титрования, мл.

Расчет глубины разрушения бетона, см, проводится по формуле:

$$\Gamma_p = \frac{P_{CaO}}{Ц \cdot \beta}, \quad (2)$$

где  $Ц$  – количество цемента в 1 см<sup>3</sup> исследуемого образца, рассчитывают по фактическому составу бетона, г/см<sup>3</sup>;  $\beta$  – содержание CaO в цементе, определяемое по результатам химического анализа цемента до испытаний, %.

Установлено [23], что в результате жизнедеятельности грибов *Aspergillus niger* выделяются воздействующие на цементный камень бетона органические кислоты: лимонная (22,5 мас. %), щавелевая (17 мас. %), глюконовая (10 мас. %), фумаровая (3 мас. %), яблочная (2 мас. %), янтарная (0,5 мас. %).

Агрессивность органических кислот для бетона определяется по растворимости их кальциевых солей согласно СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85». К сильноагрессивным по отношению к бетону относятся глюконовая, фумаровая, яблочная и янтарная кислоты; среднеагрессивными являются лимонная и щавелевая кислоты.

Следует полагать, что поскольку содержание сильноагрессивных органических кислот в продуктах жизнедеятельности грибов *Aspergillus niger* невелико, скорость коррозии цементного камня бетона обусловлена растворением кальция под воздействием глюконовой, лимонной и щавелевой кислот с образованием соответствующих кальциевых солей.

С учетом этого проведен расчет характеристик степени повреждения цементного камня в результате воздействия грибов *Aspergillus niger* (табл. 1).

Таблица 1

**Степень повреждения цементного камня  
в результате воздействия грибов *Aspergillus niger***

Показатель	Образец без добавок	Образец с 0,5 % добавкой стеарата кальция	Образец с 0,7 % добавкой стеарата кальция
Количество цементного камня (в пересчете на СаО), г/см <sup>2</sup> . вошедшего в химическое взаимодействие с растворами кислот	0,644	0,289	0,265
Глубина разрушения бетона, см:			
– через 6 месяцев	0,0155	0,0048	0,0044
– через 10 лет	0,938	0,279	0,256
– через 50 лет	2,0974	0,6234	0,5714

Уже через 10 лет необратимые коррозионные повреждения в цементном бетоне без гидрофобизирующих добавок, находящемся в условиях воздействия грибковых микроорганизмов и постоянного увлажнения, распространятся на глубину около 1 см. Прогноз на 50-летний срок эксплуатации негидрофобизированного цементного бетона в условиях грибковой коррозии показывает, что значительный по толщине слой бетонного покрытия будет подвержен растрескиванию и

обрушению.

При объемной гидрофобизации происходит замедление протекающих в цементном камне коррозионных массообменных процессов [22, 24, 25], что сказывается на уменьшении степени повреждения бетона в результате воздействия грибковых микроорганизмов. За 10 лет прокорродирует слой бетона толщиной 2,5-3 мм, а за 50 лет коррозии будет подвергнуто 6-6,5 мм бетона.

С помощью объемной гидрофобизации можно увеличить коррозионную стойкость бетона, эксплуатируемого в условиях воздействия микроорганизмов, в 2,5 раза и обеспечить повышение срока его службы.

### **Библиографический список**

1. Коррозия бетона и железобетона. Методы их защиты / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузеев. – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с.
2. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванов, С. Модры, П. Шиссль. – М.: Стройиздат, 1990. – 313 с.
3. Степанова В.Ф. Долговечность бетона / В.Ф. Степанова. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 124 с.
4. Rendon Diaz Miron, L.E. Microorganisms Concrete Interactions / L.E. Rendon Diaz Miron, M.E. Lara Magaña, M.R. Lara // MRS Online Proceedings Library. – 2015. – Vol. 1768. – Pp. 1-9.
5. Строганов В.Ф. Биоповреждение строительных материалов: Учебное пособие /В.Ф. Строганов, Е.В. Сагадеев.– Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2018. – 61 с.
6. Светлов Д.А. Микробиологическая коррозия строительных материалов / Д.А. Светлов, А.Н. Качалов // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». – 2019. – № 4. – 19SATS419.
7. Bertron, A. Understanding interactions between cementitious materials and microorganisms: a key to sustainable and safe concrete structures in various contexts / A. Bertron // Materials and Structures. – 2014. – Vol. 47. – Pp. 1787-1806.
8. Влияние микроорганизмов на физико-механические свойства бетона / К.Б. Строкин, Д.Г. Новиков, В.С. Коновалова, Н.С. Касьяненко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 10. – С. 90-98.
9. Rendon Diaz Miron, L.E. The Effect of Microorganisms on Concrete Weathering / L.E. Rendon Diaz Miron, M.R. Lara // Rendon Diaz Miron, L., Koleva, D. (eds) Concrete Durability. Cementitious Materials and Reinforced Concrete Properties, Behavior and Corrosion Resistance. – Springer, Cham, 2017. – Pp. 1-10.
10. Биокоррозия цементных бетонов, особенности ее развития,

оценки и прогнозирования / В.Т. Ерофеев, А.П. Федорцов, А.Д. Богатов, В.А. Федорцов // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 12-4. – С. 708-716.

11. Логинова С.А. Исследование воздействия биоты на бетон / С.А. Логинова, А.А. Петренко // *Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал*. – 2022. – № 3 (41). – С. 47-51.

12. Уряшева Н.Н. Взаимодействие микроорганизмов с каменными строительными материалами / Н.Н. Уряшева // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура»*. – 2017. – Т. 17. – № 3. – С. 65-71.

13. The effect of time and surface type on the composition of biofilm communities on concrete exposed to seawater / S. Karacic, O. Modin, P. Hagelia, F. Persson, B.-M. Wilen // *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2022. – Vol. 173. – P. 105458.

14. Муртазаев, С-А.Ю. Разработка составов водонепроницаемых бетонов с использованием комплексной полифункциональной добавки / С-А.Ю. Муртазаев М.Ш. Саламанова, М.С. Сайдумов // *Системные технологии*. – 2018. – № 26. – С. 93-97.

15. Velichko E. Efficient concrete increased water resistance modified with mineral and polymeric additives / E. Velichko, N. Polkovnikov, Yu. Sadchikova // *E3S Web of Conferences*. – 2019. – Vol. 97. – P. 02017.

16. Муртазаев С-А.Ю. Высококачественные бетоны для монолитного строительства / С-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова // *Экономика строительства и природопользования*. – 2018. – № 4 (69). – С. 137-142.

17. Бахташ К.Н. Исследование возможности повышения качества бетона введением модифицирующих добавок / К.Н. Бахташ, У.К. Абдрахманов // *Молодой ученый*. – 2020. – № 22 (312). – С. 91-94.

18. Waterproof Concrete Additives and Their Effects on Concrete Properties // С.Е. Okere, Е.І. Nwankwo, В.С. Arinze, Е.Ј. Osukalu // *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*. – 2017. – Vol. 4. – Issue 7. – Pp. 7621-7623.

19. Махамбетова К.Н. Исследование эффективности гидрофобизирующих добавок в цементно-песчаных растворах в зависимости от водоцементного отношения / К.Н. Махамбетова, А.В. Булгаков // *Современные научные исследования и инновации*. – 2015. – № 5-2 (49). – С. 9-12.

20. Добавки в бетон: Справ. пособие / В.С. Рамачандран и др.; Под ред. В.С. Рамачандрана; Перевод с англ. Т.И. Розенберг, С.А. Болдырева; Под ред. А.С. Болдырева, В.Б. Ратинова. – М.: Стройиздат, 1988. – 570 с.

21. Влияние порошкового гидрофобизатора на прочность и водопоглощение архитектурно-декоративных бетонов нового поколения / О.В. Суздальцев, В.И. Калашников, М.Н. Мороз, И.В. Ерофеева // *Молодой ученый*. – 2015. – № 5 (85). – С. 186-189.

22. Осыко А.В. Влияние гидрофобизаторов на массоперенос при твердении бетона / А.В. Осыко, Н.Н. Ширинов, В.С. Коновалова // Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы (ПОЙСК). – 2020. – № 1. – С. 514-515.

23. Прогнозирование воздействия черной плесени *Aspergillus niger* на здания и сооружения предприятий текстильной и легкой промышленности / К.Б. Строкин, Д.Г. Новиков, В.С. Коновалова, А.В. Осыко, Б.Е. Нармания // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2021. № 1 (391). С. 128-133.

24. Определение ресурса безопасной эксплуатации конструкций из бетона, содержащего гидрофобизирующие добавки / С.В. Федосов, В.Е. Румянцева, И.В. Красильников, В.С. Коновалова, И.В. Караваев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 6 (372). – С. 268-276.

25. Скорость проникновения хлорид-ионов к поверхности стальной арматуры в гидрофобизированных бетонах / С.В. Федосов, В.Е. Румянцева, В.С. Коновалова, И.В. Караваев // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2018. – № 4 (56). – С. 93-99.

## **ПРОЦЕССЫ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ В ГАЗОБЕТОННОЙ СМЕСИ**

**Сулейманов К.А., аспирант,  
Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*  
**Коломацкая С.А., инженер**  
*ЗАО «Аэробел», г. Белгород, Россия*

Наиболее эффективным стеновым строительным материалом на сегодняшний день являются конструкционно-теплоизоляционные изделия из автоклавного газобетона.

В последние годы в России стали функционировать несколько десятков современных заводов по производству изделий из автоклавного газобетона, со значительным ростом объемов производства и высоким качеством продукции [1-4].

Технические решения в технологии производства автоклавного ячеистого бетона, должны основываться на углубленных представлениях о физико-химических закономерностях протекающих процессов и способах управления ими. Это, в первую очередь, относится к процессам формирования пористой структуры ячеистого бетона и начальным этапам гидратации и твердения известкового и цементного вяжущих в составе сырьевой смеси.

Многие заводы автоклавного ячеистого бетона работают на смесях,

представленных известью, портландцементом, кварцевым песком, гипсом, алюминиевым газообразователем, водой и обратным шлаком. Оксид кремния практически не участвует в начальных процессах твердения при формировании структуры ячеистого бетона. Его основная роль состоит в синтезе гидросиликатов кальция во время автоклавной обработки. Процессы гидратообразования рассмотрены для модельных и применяемых на заводах ячеистобетонных смесях [5, 6].

Система  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$  характеризует фазовые равновесия при гидратации оксида кальция из извести совместно с добавкой алюминиевой пудры (пасты), а также гидратацию трехкальциевого алюмината портландцементного клинкера.

Модельные смеси для исследований системы  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$  изготавливали из чистого свежесожженного оксида кальция, пасты или пудры алюминия и дистиллированной воды. Результаты рентгенофазовых исследований приведены на рис. 1 [6].

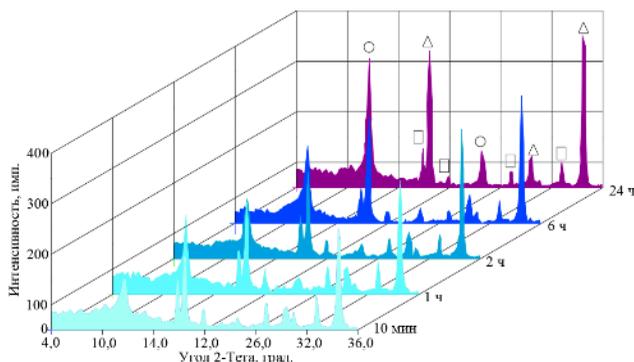


Рис. 1. Рентгенограммы продуктов гидратации  $\text{CaO}$  с  $\text{Al}$  при мольном соотношении 5:1:  $\Delta$  –  $\text{Ca(OH)}_2$ ;  $\bigcirc$  –  $\text{C}_3\text{AH}_6$ ;  $\square$  –  $\text{Am}$ -фаза

Исследования смесей проводили от 10 мин до 24 ч. По полученным данным в пробе, отобранной через 10 мин. после смешения компонентов, отсутствуют пики исходного  $\text{CaO}$  с межплоскостным расстоянием  $d = 2,413$  и  $2,785 \text{ \AA}$ , а также  $\text{Al}$  с  $d = 2,347$  и  $2,032 \text{ \AA}$ , что свидетельствует о быстрой гидратации извести и ее взаимодействии с алюминием. Продуктами реакции гидратации в системе являются  $\text{Ca(OH)}_2$  с основными пиками  $d = 2,629$ ;  $4,928$  и  $1,927 \text{ \AA}$ , кубический гидроалюмит  $\text{C}_3\text{AH}_6$  с  $d = 5,140$ ;  $4,461$ ;  $3,363$ ;  $3,148$ ;  $2,814 \text{ \AA}$  и другими, относящимися к нему отражениями, а также гексагональная  $\text{Am}$ -фаза с основным отражением  $d = 7,628 \text{ \AA}$ .

С течением времени за счет охлаждения смеси до температуры

окружающей среды система движется к состоянию равновесия. Это сопровождается преобразованием кубического  $C_3AH_6$  в гексагональную Am-фазу.

Уменьшение и увеличение соотношения между исходными CaO и Al при сохранении избытка извести не оказывают влияния на последовательность гидратообразования, но изменяет соотношение между количеством образующихся гидратных фаз.

Система известь - алюминий - цемент - вода является моделью, характеризующей начальные этапы твердения вяжущих в технологии ударного формирования массива.

Смеси для исследований изготавливали из прокаленного оксида кальция, дисперсного алюминия, портландцемента и воды. В качестве цементного вяжущего использовали ЦЕМ I 42,5 Н ЗАО «Белгородский цемент». Мольное отношение CaO к Al составляло 5:1, а массовое количество извести и цемента были приняты одинаковыми.

Установлено, что основными кристаллическими продуктами гидратации в системе являются портландит с пиками  $d = 2,633$  и  $4,941$  Å, Am-фаза с  $d = 8,268$  Å и кубический гидроалюминат со всеми свойственными ему отражениями. Исходные CaO и Al не фиксируются, что свидетельствует о их практически полном преобразовании с синтезом кальциевых гидратов. Четкие пики  $C_3S$  и  $C_2S$  в области углов  $2\theta$   $32...33^\circ$  указывают на незначительную степень гидратации клинкерных минералов.

С течением времени до 1 сут изменение в составе компонентов системы связаны со следующим. Значительно уменьшаются пики клинкерных минералов за счет их гидратации. Снижается интенсивность пиков  $C_3AH_6$ , что указывает на его преобразование в другие виды алюминатных гидратов. Такими гидратами являются AFm-фазы с основными отражениями в области углов  $2\theta$   $10...12^\circ$ .

Характеризуя гексагональные гидратные фазы необходимо отметить следующее. Кристаллическая структура гексагональных кальциевых гидратов или AFm-фаз представлена главными эмпирическими слоями  $[Ca_2(M(OH)_6)]^+ \cdot 2H_2O$  и межслоевым пространством, в которое включены анионы и молекулы воды [7, 8]. Изоморфизм в главном слое связан преимущественно с замещением ионов  $Al^{3+}$  на  $Fe^{3+}$ , которые вносит в систему  $C_4AF$  клинкера. В межслоевом пространстве имеет место гетеровалентный изоморфизм между анионами  $OH^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$  с образованием твердого раствора состава  $C_3(A,F)(CH_x, CsyCC_{1-x-y})H_{12}$ , где  $0 < x < 1$  и  $0 < x + y < 1$ .

Первоначально образовавшаяся за счет присутствующего в портландцементе гипса сульфатосодержащая Am-фаза с  $d = 8,268$  Å

является аналогом моносulfогидроалюмината кальция. Она взаимодействует с  $C_3A$ , а также продуктами гидратации  $C_3A$  и  $C_4AF$  и преобразуется в AFm-фазу, аналогом которой является  $C_3AH_3$ .

Быстрая гидратация известки приводит к образованию портландита с соотношением интенсивности отражений от плоскости (101) с  $d = 2,663 \text{ \AA}$  к интенсивности пика (001) с  $d = 4,941 \text{ \AA}$ , равным 10:7. Такая величина пиков характерна и для чистого гидроксида кальция. Гидратация портландцемента и образование  $Ca(OH)_2$  из  $C_3S$  клинкера не изменяет величины интенсивности основных отражений портландита.

Гидратация портландцемента в воде при температуре окружающей среды приводит к образованию гидроксида кальция с другими кристаллографическими характеристиками (рис. 2).

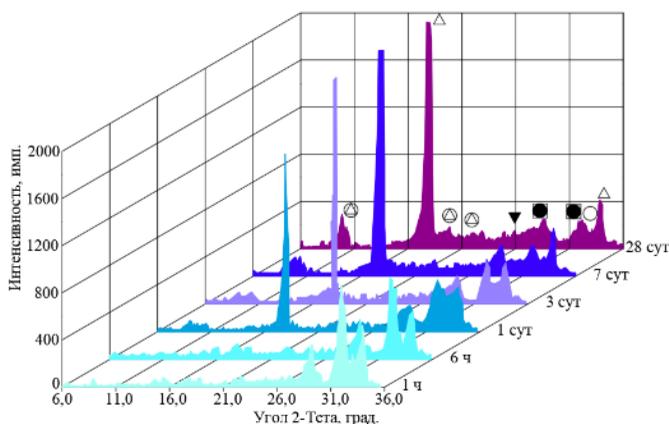


Рис. 2. Рентгенограммы продуктов гидратации известково–цементного вяжущего с добавкой Al:  $\Delta$  –  $C_3S$ ;  $\blacktriangledown$  –  $Ca(OH)_2$ ;  $\bullet$  –  $CSH(B)$ ;  $\oplus$  – AFm-фаза

Значительное превышение интенсивности пика с  $d = 4,9 \text{ \AA}$  над пиком  $d = 2,63 \text{ \AA}$  вызвано образованием твердого раствора. Такие изменения в характере кристаллизации  $Ca(OH)_2$  следует учитывать в технологии автоклавного ячеистого бетона, особенно на ранних стадиях процесса гидратации при формировании структуры ячеистого бетона.

Система известь – алюминий – цемент – гипс – вода является моделью, которая характеризует начальные процессы гидратации в литьевой технологии автоклавного ячеистого бетона с введением в сырьевую смесь двуводного гипса или других разновидностей сульфата кальция. Чистый  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  вводили в количестве, соответствующему мольному отношению  $CaO:CSH_2$ , равному 5:1,5. Рентгенограммы

продуктов гидратации в гипсосодержащей смеси приведены на рис. 3.

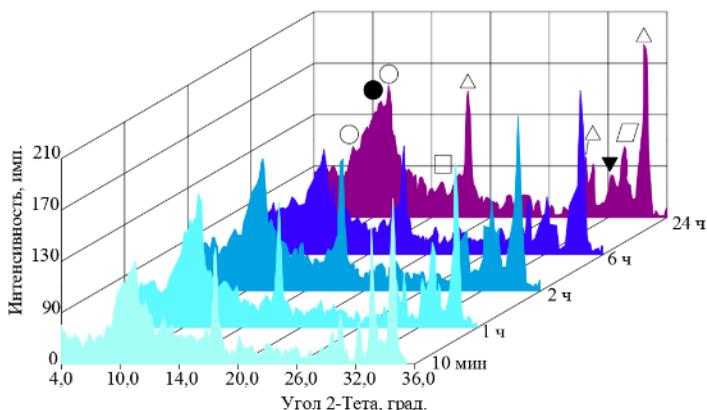


Рис. 3. Рентгенограммы продуктов гидратации известково-цементного вяжущего с добавками Al и гипса:  $\triangle$  –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;  $\square$  –  $\text{C}_3\text{AH}_6$ ;  $\circ$  – AFm-фаза;  $\blacktriangledown$  –  $\text{C}_3\text{S}$ ;  $\bullet$  – AFt-фаза;  $\diamond$  –  $\text{C}_2\text{H}_2$

Введение добавки гипса приводит к значительному снижению количества образующегося  $\text{C}_3\text{AH}_6$  через 10 мин. Гипс с отражением  $d = 2,776 \text{ \AA}$  является одной из основных кристаллических фаз системы только на начальном этапе гидратации. Через один час его количество существенно уменьшается, а наиболее интенсивные пики относятся к гидроксиду кальция. Соотношение интенсивностей отражений гидроксида кальция с  $d = 2,63$  и  $4,9 \text{ \AA}$  равны соответственно 10 и 7. Наиболее значительные изменения на рентгенограммах наблюдаются в области углов  $2\theta$   $8...12^\circ$ , в которых находятся основные пики AFm- и AFt-фаз. В этой области имеется наложение пиков не менее четырех гидратных фаз, каждая из которых представлена твердыми растворами. Добавка гипса способствует появлению AFt-фазы с  $d = 9,77 \text{ \AA}$ , аналогом которой является эттрингит.

Рассмотрены процессы гидратообразования в газобетонной смеси, протекающие на ранних этапах гидратации, вяжущих при формировании структуры автоклавного ячеистого бетона. Процессы гидратообразования во всех системах направлены на образование твердых растворов кальциевых гидратов, что подтверждено результатами теоретических и экспериментальных исследований.

Закономерности процессов гидратообразования позволяют внедрять эффективные химические добавки и модификаторы, совершенствовать за счет имеющихся резервов технологический процесс и разрабатывать новые принципы производства изделий.

### **Библиографический список**

1. Гринфельд Г.И. Рынок автоклавного газобетона России в 2021 г. Предварительные итоги // Сборник докладов VI науч.-практ. конференции «Современный автоклавный газобетон». – Изд-во НААГ. 2022. 147 с.
2. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кара К.А. Энергоэффективный газобетон // В сборнике докладов «Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов». Изд-во БГТУ. 2014. С. 218-220.
3. Сулейманова Л.А. Алгоритм получения энергоэффективного газобетона с улучшенными показателями качества // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №4. С.59-61.
4. Сулейманова Л.А. Управление процессом формирования пористой структуры ячеистых бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №2. С.69-76.
5. Kolomatskaya S., Lesovik V., Kolomatskiy A. Hydration processes during AAC structure formation // 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete. Польша. 2011. С.79-86.
6. Коломацкая С.А. Закономерности процессов гидратации вяжущих в технологии автоклавного ячеистого бетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С.74-78.
7. Schwiete H. E., Ludwig U., Jager P. Untersuchungen der Hydratation von Tricalciumaluminat, Dicalciumferrit und Calciumaluminatferriten mit Calciumhydroxide und Calciumsulfaten // Aachen. 1967. 124 p.
8. Taylor H. Cement chemistry. – London: Academic Press. 1990.

### **ПОСЛЕСВЕЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МОЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ БЕТОНА С ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМ ПИГМЕНТОМ**

**Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,  
Корякина А.А., канд. техн. наук, ассистент,  
Левшина Д.Э., магистрант**  
*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Наружное освещение автомобильных дорог, парковых зон, велодорожек предназначено для обеспечения безопасности дорожного движения и ориентирования водителей и пешеходов, однако широкомасштабное применение объектов дорожного освещения приводит к увеличению энергопотребления и светового загрязнения. Самоосвещение дорожного покрытия и элементов мощения может быть реализовано с помощью добавления люминесцентных материалов для замены части или всего внешнего источника освещения, что может

экономить энергию и уменьшить экологическое световое загрязнение [1, 2].

Фотолуминесцентные пигменты (люминофоры) – порошкообразные вещества из алюминатов щелочных и редкоземельных металлов, обладающие способностью накапливать световую энергию на свету и отдавать ее в виде послесвечения в темноте, безвредные для человека [3].

Введение фотолуминесцентного пигмента в состав элементов мощения, при сохранении всех требуемых эксплуатационных характеристик позволит обеспечить дополнительное свойство – свечение в ночной период времени. Эффект свечения позволит расширить возможности функционального применения элементов мощения и повысить их технико-экономическую эффективность, за счет экономии электроэнергии путем исключения дополнительных источников освещения на некоторых территориях, а также повысить безопасность дорожного движения и пешеходных потоков [4-6].

Размер фракции и правильное определение дозировки фотолуминесцентного пигмента являются ключевыми факторами в экономической и функциональной целесообразности получения светящихся элементов мощения. Недостаточное количество фотолуминесцентного пигмента в изделии может привести к фактическому отсутствию эффекта свечения. Введение избыточного количества пигмента в состав негативно скажется на технологии получения бетона, приведет к снижению прочности цементного камня, и в целом, окажет отрицательное воздействие на качество элементов мощения [7, 8].

В качестве фотолуминесцентного пигмента (ФЛП) для бетонов использовали водостойкие пигменты длительного послесвечения повышенной яркости  $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$  (ООО «ПТК Спецматериал», г. Москва). Химический состав, технические характеристики пигмента приведены в табл. 1.

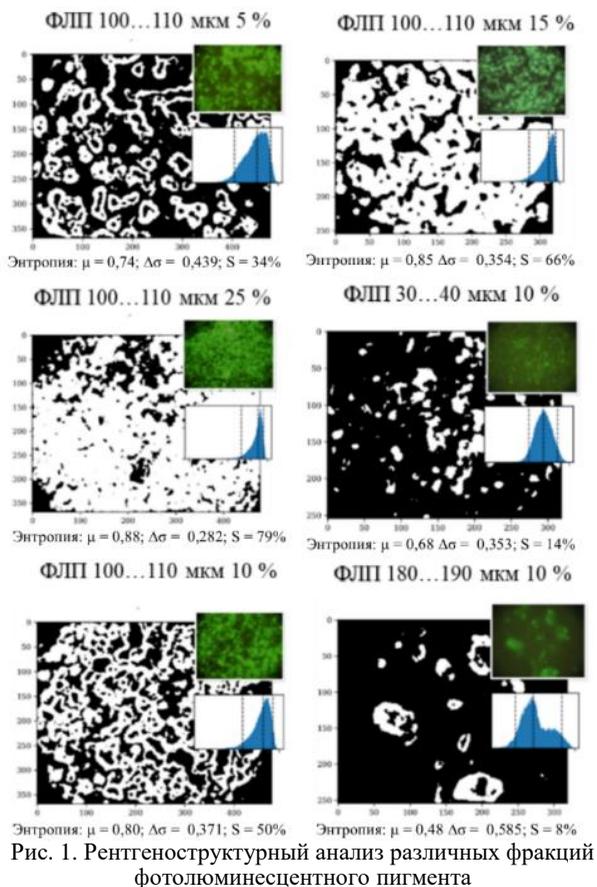
*Таблица 1*

**Гранулометрический состав фотолуминесцентного пигмента**

Размер фракции, мкм	Химический состав, %							
	SrO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
30...40	59,46	35,02	2,49	0,94	0,824	0,359	0,166	0,049
100...110	59,24	34,37	2,77	1,15	0,794	0,321	0,158	0,055
180...190	59,78	33,28	2,54	0,71	0,845	0,277	0,163	0,041

Методом компьютерного анализа изображений была исследована энтропия (степень рассеивания и однородности) послесвечения поверхности бетона (рис. 1). Заформованы образцы с различным

содержанием пигмента и фракциями и проанализировано распределение световых пятен, их контрастность и их равномерность на поверхности с помощью алгоритма программы [9].



Подтверждено, что прирост однородности послесвечения при введении ФЛП свыше 10 % замедляется.

Фракция ФЛП 100–110 мкм показывает равномерное и однородное послесвечение поверхности цементного камня ввиду того, что размер частиц ФЛП больше, чем у портландцемента, что оптимально для образования равномерного, открытого для облучения слоя ФЛП на поверхности образца.

При равном расходе различных фракций пигмента по массе,

невысокая эффективность крупной фракции (180–190 мкм) объясняется меньшим количеством частиц, как центров, способных проявлять фотолюминесценцию, и менее однородным распределением в объеме цементной матрицы.

В случае мелкодисперсной фракции (30–40 мкм) – частицы пигмента, за счет своего размера, имеют более полное обрастание поверхности новообразованиями гидрата силиката кальция C-S-H и AFt, что частично закрывает пигмент и приводит к снижению яркости и длительности послесвечения.

Таким образом, исследование влияния фракции ФЛП на динамику послесвечения показало, что при заряде наиболее оптимальным для яркости послесвечения является состав с фракцией 100–110 мкм. При увеличении фракции ФЛП до 180–190 мкм фотолюминесцентные свойства образцов значительно снизились, а время видимого послесвечения сократилось до 2...3.

Светящиеся элементы мощения с оптимальной дозировкой и определенной фракцией фотолюминесцентного пигмента обеспечивают стойкое свечение изделий в темное время суток, что позволит повысить безопасность дорожного движения на мало освещенных участках, а также увеличит комфортность пребывания на таких территориях.

### **Библиографический список**

1. Сулейманова Л.А., Гридчин А.М., Малюкова М.В., Морозова Т.В. Повышение архитектурной выразительности плит бетонных тротуарных // В сб.: Научное развитие технологий и инновации. Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 347-353.
2. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В. Вибропрессованные плиты бетонные тротуарные с полифункциональной матрицей. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2014. 144 с.
3. Сулейманова Л.А. Декоративные элементы как способ эстетического осмысления пространства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 109-115.
4. Сулейманова Л.А., Корякина А.А. Бетон с фотолюминесцентными свойствами. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. 162 с.
5. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Корякина А.А. Исследование фотолюминесцентного пигмента для применения в светящемся архитектурно-декоративном бетоне // Вестник

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 6. С. 8-18.

6. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Погорелова И.А., Корякина А.А. Формирование пространственной среды с учетом колористики // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 62-66.

7. Корякина А.А., Сулейманова Л.А., Малюкова М.В. Способы введения фотолюминесцентного пигмента в изделия из архитектурно-декоративного бетона // В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов V Международной научно-практической конференции. Белгород, 2021. С. 170-175.

8. Погорелова И.А., Малюкова М.В., Корякина А.А. Применение сверхэффективных бетонов // Научные технологии и инновации: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород. Том Часть 1. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. С. 133-137.

9. Корякина А.А. Бетон с фотолюминесцентными свойствами для малых архитектурных форм: специальность 2.1.5. «Строительные материалы и изделия»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Корякина Алина Александровна. Белгород, 20022. 189 с.

## **ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕРМОВАКУУМИРОВАННОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ**

**Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,  
Погорелова И.А., канд техн. наук, доц.,  
Марушко М.В., ст. преп.**

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

Протекание процессов гидратации, поризации и твердения ячеистобетонных смесей представляется наиболее информативным в виде фазовых дисперсных систем. Система может представлять собой вещество или смесь веществ, в которой наблюдаются структурные изменения и конечные фазовые состояния в зависимости от определяющих условий. Фаза является частью системы, которая на всем протяжении обладает одинаковыми химическими, термодинамическими и физическими свойствами. Фазы подразделяют на чистые (химические соединения) и смешанные – газообразные, жидкие, твердые растворы, состав которых при изменении равновесия меняется. Системы могут быть однородными и неоднородными (многофазные).

Процессы поризации и твердения ячеистобетонной смеси происходят при одновременном участии жидкой (Ж), твердой (Т) и газообразной (Г) фаз дисперсной системы. Изменение фазового состава твердеющей смеси в процессе поризации графически представляется в виде фазовой диаграммы в тройной системе координат, представляющей собой концентрационный треугольник с вершинами Ж – Т – Г. Для его построения необходимо задать исходные параметры: водотвердое отношение, пересчитанное на объемные доли, истинную плотность твердой фазы и заданную плотность проектируемой смеси [1-3].

Использование объемных концентраций фаз возможно при применении закона постоянства объемного фазового состава дисперсных систем, по которому, независимо от вида дисперсной системы или типа образующейся структуры, в любой момент времени, сумма долей объемных концентраций твердой, жидкой и газовой фаз является величиной постоянной и равной единице:

$$Ж_1 + Т_1 = Ж_2 + Т_2 + Г_2 = 1, \quad (1)$$

где  $Ж_1 + Т_1$  – соответственно объемные концентрации твердой, жидкой и газовой фаз в начальном состоянии системы цемент-вода;  $Ж_2 + Т_2 + Г_2$  – то же, в промежуточном или конечном состоянии системы.

Из формулы (1) следует, что в начальный момент смесь находится в исходном двухфазном состоянии Ж + Т (отсутствует газообразная фаза), а при введении воздухововлекающей добавки переходит в трехфазное состояние Ж + Т + Г.

Моделирование процессов, протекающих на стадии формирования пористой структуры, проведено для смеси термоваккумированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения с маркой по средней плотности  $D500$  и классом по прочности  $B2$ . В ходе расчета были определены:

- объемное содержание компонентов: портландцемент марки ЦЕМ I 42,5 Н, соответствующий ГОСТ 31108-2020 и ГОСТ 30515-2013 [4, 5], с истинной плотностью  $3100 \text{ кг/м}^3$ ; зола-унос, соответствующая ГОСТ 25818-2017 [6], с истинной плотностью  $2040 \text{ кг/м}^3$ , вода, отвечающая требованиям ГОСТ 23732-2011 [7] и воздухововлекающая добавка, отвечающая требованиям ГОСТ 24211-2008 [8];

- плотность изготовленной смеси на различных стадиях;
- координаты точек, описывающие происходящие процессы в смеси с учетом закона постоянства фазового состава дисперсной системы.

Расчет компонентов смеси производился с учетом следующих соотношений:  $З/Ц = 0,7$ ,  $В/Ц = 0,59$ ,  $В/Т = 0,35$ . Объемное содержание

компонентов смеси подбиралось таким образом, чтобы общий объем смеси составил  $1\text{ м}^3$ . Диаграмма агрегатных состояний для модельной смеси термовакuumированного ячеистого бетона на основе дисперсных систем представлена на рис. 1.

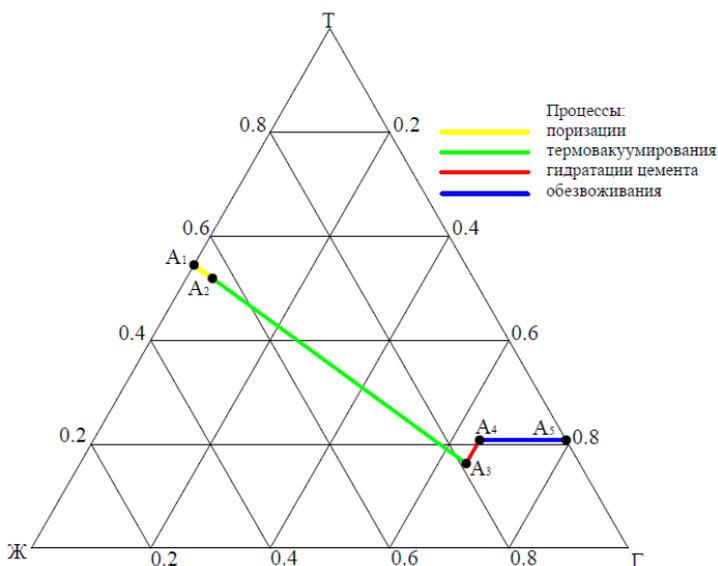


Рис. 1. Диаграмма агрегатных состояний для модельной смеси термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения с маркой по средней плотности  $D500$

Точка  $A_1$  отображает агрегатное соотношение фаз в исходном состоянии смеси. Координаты точки  $A_1$  по Т:Ж:Г составляют  $[0,53; 0,47; 0,00]$ .

Участок  $A_1A_2$  характеризует процесс поризации на данном этапе при введении воздухововлекающей добавки (4 %) ячеистобетонная смесь из исходного двухфазного состояния (Т+Ж) переходит в трехфазное (Т+Ж+Г);  $A_2A_3$  – процесс термовакuumирования (воздействие на смесь температуры и вакуума);  $A_3A_4$  – процесс гидратации цемента;  $A_4A_5$  – обезвоживание (сушка) ячеистого бетона. Координаты точки  $A_5$  по Т:Ж:Г составляют  $[0,221; 0,0; 0,779]$ , что говорит о полном твердении ячеистобетонной смеси, ввиду отсутствия жидкой фазы (обезвоживание), и образовании ячеистого бетона с качественной пористой структурой.

Процесс формирования пористой структуры ячеистого бетона базируется на модельных представлениях о динамике расширяющейся

поры в жидкой фазе как единичной контрольной ячейки, позволяющие вести адекватный анализ экспериментальных наблюдений и данных для получения достаточно надежных качественных выводов и количественных оценок процессов, протекающих при формировании пористой структуры ячеистого бетона. При этом следует иметь в виду, что закономерности процессов в смесях проявляются лишь статически.

Сопоставление отношений объемной концентрации твердой фазы и свободного порового пространства начального, текущего и конечного состояний дисперсных структур является основой для количественной оценки процесса трансформации структур с помощью универсального структурно-энергетического параметра. Универсальность этого параметра обусловлена его применимостью при оценке перестройки структур не только в различных системах, но и при осуществлении всех стадий или операций технологического процесса получения материалов на основе дисперсных систем [9-12].

В ходе исследования установлено, что процесс поризации происходит при участии всех трех фаз дисперсной системы. При введении воздухововлекающей добавки, ячеистобетонная смесь из исходного двухфазного состояния (Т+Ж) переходит в трехфазное (Т+Ж+Г). Изменение фазового состава происходит вследствие удаления свободной воды из образца при его сушке. Конечный фазовый состав будет соответствовать расчетному составу, при условии учета химически связанной воды при расчете конечной величины объема твердой фазы.

Для автоматизации проводимых расчетов, коллективом авторов была разработана и запатентована программа (ЭВМ) для моделирования изменения фазового состава ячеистых бетонов неавтоклавного твердения при введении показателей массы и плотности цемента, золы-уноса, воды и процента воздухововлечения в качестве начальных параметров. Изменение фазового состава твердеющей ячеистобетонной смеси в процессе поризации моделируется с учетом воздухововлечения и термовакуумирования смеси. ЭВМ обеспечивает выполнение следующих функций: определяет координаты для построения диаграммы агрегатных состояний ячеистого бетона в тройной системе координат, присваивает марку по плотности, определяет водоцементное, водотвердое и золоцементное отношение [13].

Дисперсные системы на сегодняшний день являются важным элементом для проектирования состава ячеистого бетона. С их помощью возможно оптимизировать и улучшить структуры ячеистого бетона с однородными порами и прочными межпоровыми перегородками.

### Библиографический список

1. Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Оптимизация формирования структур в технологии газобетона на основе дисперсных систем // Сборник докладов III Международной научно-практической конференции к 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова «Наука и инновации в строительстве». 2019. С. 341-347.
2. Сулейманова Л.А., Кара К.А., Красникова И.Е. Выбор оптимального водотвердого отношения ячеистобетонных смесей при различных способах изготовления газобетонов // Сборник докладов «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов» / XIX научные чтения. 2010. С. 321-326.
3. Митина Н.А. Получение прочного неавтоклавного газобетона путем регулирования состава и свойств исходных смесей // дисс. ... кандидата технических наук. - Томск, 2003.
4. ГОСТ 31108-2020 Цементы общестроительные. Технические условия // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2020. 19 с.
5. ГОСТ 30515-2013 Цементы. Общие технические условия (с Поправкой, с Изменением № 1) // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019. 42 с.
6. ГОСТ 25818-2017 Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017. 23 с.
7. ГОСТ 23732-2011 Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия (с Поправкой) // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019. 16 с.
8. ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия (с Изменением № 1) (с Поправкой) // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2010. 17 с.
9. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Сулейманов А.Г. Технология ячеистобетонных изделий с применением холодных формовочных смесей // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. под ред. Гусева Б. В. «Строительное материаловедение - теория и практика». - Москва, 2006. С. 202-203.
10. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А., Калашников А.В. Новая технология ячеистобетонных изделий // Строительные материалы. 1999. № 7-8. С. 26.
11. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Закономерности изменения объема газовоздухосодержащих композиций при воздействии на них вакуума и вибрации // Сборник докладов «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов». 2010. С. 253-255.
12. Марушко М.В., Сулейманова Л.А., Белогуров В.А.

Вибровакуумированные пористые композиты // Сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова) «Наука и инновации в строительстве», 2018. С. 405-408.

13. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В., Рябчевский И.С., Богачева М.А. Программа моделирования изменения фазового состава термовакuumированных ячеистых геополимербетонов неавтоклавного твердения // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022680208, 28.10.2022. Заявка № 2022669569 от 19.10.2022.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТИПА НАЛИВНЫХ ПОЛОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО**

**Султанова Э.Э., студент,  
Пушкарева Л.А., канд. пед. наук, доц.**  
*Ижевский государственный технический  
университет им. М.Т. Калашикова, г. Ижевск, Россия*

Полы промышленных зданий являются одним из основных конструктивных элементов здания, которые постоянно подвергаются эксплуатационным нагрузкам. В связи с этим к ним предъявляются особые требования по надежности и долговечности, износостойкости, прочности, истираемости, огнестойкости, беспыльности и эстетичности. В данной работе рассмотрим удовлетворяющие этим требованиям и наиболее часто применяемые наливные полы, которые ранее рассматривались в работах [1–4]. Актуальность исследования заключается в увеличении спроса на наливные полы в промышленных зданиях.

Цель работы – анализ назначения, преимуществ и недостатков, сравнение технико-экономических показателей различных видов наливных полов для финишного покрытия.

Наливной пол представляет собой монолитное покрытие, выполняемое из подвижных полимерсодержащих составов и смесей по предварительно подготовленному основанию (бетонному, металлическому, деревянному и др.) или стяжке.

Требования к проектированию наливных полов указаны в следующих нормативных документах: СП 29.13330.2011. Полы. Актуализированная редакция СНиП 2.03.13-88, СП 71.13330.2017. Изоляционные и отделочные покрытия. Актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87.

В зависимости от полимерного связующего наливные делятся на цементные, гипсовые и полимерные. Рассмотрим особенности каждого вида наливных полов.

*Цементно-акриловые наливные полы.* Цементно-акриловые наливные полы в своем составе содержат цемент, в качестве вяжущего компонента, полимер из полиакрила и наполнитель из кварца,

придающий прочность. Такой вид покрытия имеет ряд преимуществ, а именно: он стоек к влаге и не скользит при ходьбе, что позволяет применять его в местах с повышенной влажностью, способен выдерживать высокие механические нагрузки, имеется возможность заливки достаточно толстого слоя – до 12 мм, что позволяет минимизировать подготовительные работы по выравниванию основания. Важно отметить хорошую адгезию его составов, сохраняющих целостность покрытия даже при наличии трещин в основании.

*Гипсовые полы.* Гипсовые напольные покрытия не рекомендованы к применению в помещениях с высокой влажностью и значительной нагрузкой на пол. Используются в основном для выравнивания поверхности пола, в качестве основы для последующей отделки. Данный вид покрытия имеет низкую ценовую планку.

Далее рассмотрим полимерные полы, которые служат в основном для финишного покрытия. Это такие наливные полы, как эпоксидные, полиуретановые, метилметакрилатные.

*Эпоксидные наливные полы.* Эпоксидный наливной пол состоит из двух основных компонентов: эпоксидная смола и отвердитель. Для увеличения прочностных характеристик в состав могут быть включены специальные добавки. Такие полы обладают широкой цветовой гаммой и возможностью заливки различных рисунков. Итоговая поверхность может быть глянцевой или матовой [1]. Эпоксидное покрытие пола обладает стойкостью к истиранию, крошению и появлению трещин, оно нетоксично и не боится влаги, но имеет низкий показатель по эластичности и его не рекомендуется укладывать там, где присутствует постоянная вибрация и есть угроза падения жестких тяжелых предметов.

*Эпоксидно-уретановые наливные полы.* Такой пол сочетает в себе лучшие качества эпоксидных составов и полиуретана. Итоговое покрытие получается не только стойким к ударным нагрузкам, но и прекрасно сопротивляется химическим средствам.

*Полиуретановые наливные полы.* Полиуретановый пол состоит из трех слоев: специальная пропитка, двухкомпонентное покрытие на основе полиуретана, антикоррозийные и стойкие к различным воздействиям вещества. Состав наносится практически на любые поверхности (из бетона, дерева, металла). Полиуретан обеспечивает адгезию, обеспыливает основание, обладает повышенной стойкостью к сжатиям и растяжениям и формирует бесшовность полиуретанового напольного покрытия. Полиуретановое покрытие характеризуется эластичностью, устойчивостью к химическим средствам и нагрузкам механического характера, повышенной устойчивостью к изнашиванию. Чаще всего такой пол используют в промышленных зданиях и сооружениях, и местах временного пребывания людей (больницах, парковках, гаражах и пр.). Для придания выразительного вида покрытию

часто между слоями помещают краску, глиттер или же готовые рисунки и изображения, которые создают реалистичное пространство [2].

*Метилметакрилатные наливные полы.* Метилметакрилатные наливные полы производятся на основе метакрила и сложных эфиров. Два компонента перемешиваются с отвердителем и вступают в реакцию полимеризации. Сфера применения такого наливного пола почти ничем не ограничена. Метилметакрилатный пол обладает износостойкостью и ударостойкостью, широким диапазоном эластичности, стойкостью к химическим веществам, однако крайне токсичен при высыхании и вследствие быстрого высыхания делает проблематичным создание идеально ровного покрытия.

Также на помощь для дальнейшей разработки проекта здания с применением наливных полов в настоящее время приходят BIM-технологии [5]. Примером может служить система наливных полов на полиуретановой основе, семейство которых разработано в программе Revit.

*Сравнение наливных полов для финишного покрытия.* В табл. 1 приведено сравнение наливных напольных покрытий для финишного покрытия, представленных на российском рынке по эксплуатационным и технико-экономическим характеристикам.

Таблица 10

**Сравнение наливных полов для финишного покрытия**

Наименование	Плотность смеси, г/см <sup>3</sup>	Цена за кг, руб	Расход материала, при толщине слоя 1 мм, кг/м <sup>2</sup>	Предел прочности при разрыве, МПа, не менее	Истираемость по Таберу (через 28 сут), мг, не более
Эпоксидный пол Элакор-ЭД	1,60±0,02	420	1,60	22	29
Полиуретановый пол Элакор-ПУ промышленный	1,70±0,02	305	1,40	12	19
Метилметакрилатный пол ПОЛИТЕКС ММА 03 I	2,01	520	1,00	145	–

Таким образом, по ценовым показателям наиболее экономичными являются полиуретановые полы, а самыми дорогими – метилметакрилатные. По остальным критериям можно сделать вывод, что выбирать конкретный тип финишного напольного покрытия необходимо в соответствии с техническими условиями эксплуатации данного напольного покрытия для определенного строительного объекта (должны быть учтены эксплуатационные требования, предполагаемый срок эксплуатации, фактические условия проведения работ, сроки проведения работ и др.).

### **Библиографический список**

1. Колганов А.В. Наливные полы для промышленного и гражданского строительства // Инженерные исследования. – 2021. – №1 (1) – С. 33-37.
2. Угарова А.Ю., Еропов, Л.А. Наливные полы // В сборнике: Дни науки студентов ИАСЭ – 2019. Материалы научно-практической конференции. – 2019. – С. 23-25.
3. Чередниченко Т. Ф., Чеснокова, О.Г., Севостьянова, А. Г., Журбенко, М.Д. Применение полимерных напольных покрытий при устройстве промышленных полов различного назначения // Инженерный вестник Дона. – 2022. – №12.
4. Ефремов М.А., Овчинников, Н.М. Сравнительный технико-экономический анализ покрытий промышленных полов // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2018. – Т. 1. – С. 323-329.
5. Олин К. В. Особенности внедрения технологий информационного моделирования в отечественном строительном проектировании / К. В. Олин, И. А. Пушкарев // Экономическое развитие России: точка баланса в мировой экосистеме и инфраструктура будущего: Материалы Международной научно-практической конференции, Краснодар, 17–20 мая 2022 года / Под редакцией И.В. Шевченко. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2022. – С. 168-172.

### **ОСОБЕННОСТИ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ВЛАЖНОСТИ**

**Тольпина Н.М., д-р техн. наук, проф.,**

**Чашин Д.Ю., аспирант,**

**Хахалева Е.Н., канд. техн. наук, доц.**

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

Немногочисленное количество публикаций по деструкции бетона при длительном контакте с горячей водой указывает на то, что данная проблема пока не получила должного внимания со стороны исследователей. Тем не менее, специалисты, занимающиеся тампонажными цементами, хорошо изучили этот вид физической коррозии цементных систем при повышенных температурах в водной среде и назвали его «термической коррозией». Это связано с тем, что безопасность цементного кольца глубоких газовых и нефтяных скважин крайне важна для предотвращения возможных потерь нефтегазовой добычи. Однако до сих пор очень мало было проведено исследований,

касающихся поведения материалов на основе цементного камня для объектов инфраструктуры, работающих при высоких температурах и влажности.

В данной статье рассматриваются особенности фазообразования в цементных системах при повышенных температурах и влажности на основе результатов исследований отечественных и зарубежных специалистов. Также рассмотрены основные принципы термической коррозии и способы повышения термической коррозионной стойкости [1]. В условиях термической коррозии реакции рекристаллизации гидратных фаз интенсифицируются, что приводит к процессам растворения малоразмерных частиц гидратных новообразований с образованием более крупных.

Повышение температуры до определенного предела может способствовать ускоренному твердению цемента и благоприятно влиять на формирование эксплуатационных свойств материалов на их основе. Однако, длительное воздействие повышенных температур и влажности может привести к ухудшению физико-механических и технологических свойств цементного камня, т.е. к развитию термической коррозии. Из экспериментальных данных по коррозии цементного камня в воде при повышенных температурах следует, что снижение прочности цементного камня сопровождается увеличением его пористости, истинной плотности, газопроницаемости и уменьшением средней плотности.

Цементный камень, твердевший при высокой температуре, имеет грубую дисперсную структуру и низкую удельную поверхность твердой фазы. Со временем, при повышенной температуре, удельная поверхность цементного камня снижается, при этом повышенная температура и влажность среды способствует быстрому сокращению удельной поверхности твердой фазы. Исследования В.Б. Ратинова показали, что активный процесс рекристаллизации и старения начинается только после затухания гидролиза и гидратации цемента [2]. В этой связи при высоких температурах рекомендуется использовать медленно гидратирующиеся вяжущие с пониженной удельной поверхностью. Чем дольше происходят процессы гидратации фазообразования, в том числе растворения контактов между частицами гидратных фаз, тем позже начинается термическая деструкция цементного камня за счет рекристаллизации гидратных фаз.

Одной из главных причин низкой прочности цементного камня, который затвердевает при температурах выше 100°C, является образование в качестве основного связующего двухосновного гидросиликата кальция  $C_2SH(A)$ , который, в свою очередь, обычно обладает низкой механической прочностью. В отличие от этого, при

более низких температурах, главной гидратной фазой цементного камня без минеральных добавок является двухосновный волокнистый гидросиликат кальция  $C_2SH_2$ , который обеспечивает цементному камню высокую механическую прочность.

При температурах от 60 до 80 °С и выше, гидросульфоалюминаты кальция, которые имеют игольчатую или пластинчатую структуру и выполняют в цементном камне армирующую роль, разлагаются, образуя кубические гидроалюминаты кальция, которые обладают слабыми связующими свойствами. Это является одной из причин термической коррозии цементного камня. Повышенное содержание алюминатной фазы в портландцементном камне отрицательно влияет на его начальную механическую прочность и термостойкость, поэтому необходимо ограничивать содержание трехкальциевого алюмината в термостойких цементах и ограничивать содержание гипса. Гидроалюминатные фазы обладают большей кристаллической способностью, чем гидросиликатные, поэтому в вяжущих, которые используются при повышенных температурах, необходимо ограничить содержание оксида алюминия.

Гидроксид кальция, являющийся наиболее кристаллизационно активным из гидратов цементного камня, имеет высокую равновесную растворимость в воде по коэффициенту иона  $OH^-$ , что значительно превосходит алюмо- и кремнекислородные анионы, входящие в состав гидроалюминатов и гидросиликатов кальция.

Максимальную термостойкость цементного камня можно обеспечить снижением основности гидросиликатов кальция с 1,5-2 до значений 0,8-1, что приводит к значительному уменьшению их равновесной растворимости в воде [3]. Одним из способов достижения этого результата является добавление к цементу кварцевого песка. Однако, добавление кремнеземистых пород не дает эффект при снижении основности до 1,8, так как образующиеся двухосновные гидросиликаты кальция, особенно  $C_2SH(A)$ , все еще обладают высокой растворимостью и кристаллизационной способностью. Таким образом, добавление 10-15 % кремнеземистых пород не способствует повышению термостойкости цементного камня. Минимальная дозировка добавки кремнеземистых пород должна составлять не менее 20-30 %, так, как только в этом случае можно достичь основности гидросиликатов кальция, близкую к 1.

В работах [4-7] рассмотрено влияние фазового состава продуктов гидратации на эксплуатационные свойства цементного камня. Главным фактором является предотвращение фазовых превращений гидросиликатов кальция, которые являются основными носителями эксплуатационных свойств цементного камня. Для этого необходимо

подобрать такой состав вяжущего материала, чтобы гидросиликаты кальция, термодинамически устойчивые в данной среде, образовывались без промежуточных превращений в одну стадию. Предполагается, что такой состав обеспечивает длительную устойчивость физико-механических свойств цементного камня во времени.

Для подбора составов вяжущих материалов для различных условий твердения можно использовать расчеты термодинамических эффектов реакций гидратации. Например, в системе  $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$  первичным продуктом при температуре 120-180°C является хорошо закристаллизованный гидросиликат  $\text{C}_2\text{SH(A)}$ , который, как правило, образует камень пониженного качества. Однако в смесях с основностью меньше двух, за счет взаимодействия гидросиликата  $\text{C}_2\text{SH(A)}$  с избыточной кремнекислотной образуются более стабильные в данных условиях гидросиликаты с меньшей основностью.

Однако даже в менее основных составах отношение  $\text{C/S}$  ниже 0,6 обычно не наблюдается. Исходя из этого, у специалистов есть разногласия относительно соотношения между кальцием и кремнием в гидросиликатах, которые образуются при использовании различных составов. Сторонники концепции считают, что для получения гидросиликатов кальция низкой основности, которые термически устойчивы при повышенных температурах, нужно использовать смеси, содержащие большой избыток кремнезема, доводя отношение  $\text{C/S}$  до 0,3-0,4. Однако другие исследователи утверждают, что в оптимальных составах тампонажных смесей отношение  $\text{C/S}$  должно составлять 0,6-0,8, и что отрицательное влияние образования низкоосновных гидросиликатов кальция группы  $\text{CSH(B)}$  и ксонотлита через образование  $\text{C}_2\text{SH(A)}$  не очевидно [8].

Некоторые исследования говорят о том, что одностадийный синтез гидросиликатов кальция может быть более эффективным, но не приводятся убедительные данные, подтверждающие это утверждение [9]. В России проблема получения термостойких тампонажных материалов решена применением доменных гранулированных шлаков в качестве вяжущего вещества, что позволяет варьировать характеристики тампонажных растворов в широких пределах путем добавления различных минеральных добавок в смесь с кварцевым песком.

В настоящее время происходит рост использования высокофункциональных бетонов, содержащих большое количество вяжущих веществ, минеральных наполнителей и суперпластификаторов. Эти бетоны обладают уникальными свойствами, что позволяет использовать их в строительстве инфраструктурных объектов, которые могут быть подвержены воздействию горячей воды или пара на

протяжении длительного промежутка времени.

Однако, несмотря на все преимущества, бетоны с повышенным содержанием активных микронаполнителей и суперпластификаторов, таких как микрокремнезем, могут вызвать резкое падение прочности при воздействии температурно-влажностных условий. Это явление необходимо учитывать при использовании таких бетонов, чтобы не допустить непредвиденных разрушений конструкций.

Поэтому, для повышения долговечности и уменьшения затрат на ремонт и замену конструкций в будущем, необходимо проводить дальнейшие исследования, направленные на изучение механизмов деструкции бетона в условиях повышенных температур и влажности. Это позволит разработать меры по предотвращению разрушений и улучшению качества бетонных конструкций.

### **Библиографический список**

1. Булатов А.И., Рахимбаев Ш.М., Новохатский Д.Ф., и др. Коррозия тампонажных цементов. Т.: Узбекистан, 1970. 96 с.
2. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И., Рубинина Н.М. Исследование кинетики кристаллизации гидросульфоалюмината кальция // Докл. АН СССР, 145:5 (1962). С. 1089-1091.
3. Полак А.Ф., Комохов П.Г и др. Аспекты долговечности цементного камня // Цемент. 1988. №3. С. 14-16.
4. Кравцов В. М. Термодинамика и механизм процесса коррозии тампонажного камня в условиях сероводородной агрессии // Технология бурения нефтяных и газовых скважин: Межвуз. науч.-техн. сб. Уфа: УНИ, 1980. Вып. 7. С. 159-166.
5. Булатов А.И., Рахимбаев Ш.М., Рябова Л.И. Коррозия тампонажного камня. Краснодар: Северокавказское отделение (Центр) Российской инженерной академии, 1993.
6. Низамутдинов Э.А. Исследование фазового состава высокотемпературного цемента // Наука, образование и культура 2017. № 5 (20). Т. 2. С. 5-6.
7. Булатов А.И. Коррозия тампонажного камня в скважине // Бурение и нефть. 2016. № 5. С. 27-31.
8. Данюшевский В.С. Проектирование оптимальных составов тампонажных цементов. М: Недра, 1978. 293 с.
9. Агзамов Ф. А., Измухамбетов Б.С., Токунова Э.Ф.. Химия тампонажных и промывочных растворов. С-Пб.: ООО «Недра», 2011. 245 с.

## ВЛИЯНИЯ МАЛЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА БЕТОНА

**Цаль-Цалко А.С., аспирант,  
Воронцов В. М., канд. техн. наук, проф.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

В данной статье рассмотрим классификацию модифицирующих добавок и расскажем о том, на какие следует обратить внимание чтобы улучшить бетонную смесь.

Бетонная смесь – готовая к применению, перемешанная однородная смесь вяжущего, заполнителей и воды с добавлением или без добавления химических и минеральных добавок, которая после уплотнения, схватывания и твердения превращается в бетон [1].

Бетон – искусственный каменный материал, получаемый в результате твердения правильно подобранной, тщательно перемешанной и уплотненной смеси вяжущего вещества, воды, заполнителей и в случае необходимости - специальных добавок [2].

Добавки – это специальные по структуре вещества, улучшающие свойства объекта, модифицирующего одну или несколько групп структуры строительного материала.

Бетон является уникальным материалом строительной индустрии, усовершенствование качества состава, это основная задача технологий и науки нового поколения. Для усиления составов бетонной смеси добавляют различные модифицирующие добавки, чтобы усилить свойства материала. Классификация модифицирующих составов объединяет несколько групп (рис. 1.):



Рис. 1. Классификация добавок бетонного раствора.

1. Пластификаторы – вещества, придающие свойства пластичности (эластичности) материалу в процессе обработки и эксплуатации. Изменяют свойства компонентов, повышают эксплуатационные характеристики [3].

Влияние пластифицирующих добавок ЛСТ, МЛС (модифицированный лигносульфонат) и ХДСК-1 (лигносульфонат, модифицированный NaOH) на свойства бетонной смеси и прочность бетона приведено в табл. 1.

*Таблица 1*

**Влияние пластифицирующих добавок  
на прочность бетонной смеси**

Добавка, % от массы цемента	Подвижность бетонной смеси, см	Прочность бетона (МПа над чертой и в % под чертой):	
		после пропаривания	через 28 сут
Без добавки	1,5–2	28,7/100	37,3/100
0,3 ЛСТ	8-9	27,5/96	35,2/94
0,3 МЛС	15-17	29,4/102	37,1/99
0,3 ХДСК-1	16-20	29,5/102	40/107

Роль пластифицирующих добавок в основном обусловлена диспергирующей и дефлокулирующей способностью этих добавок в качестве поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Добавки разбавляют бетонную смесь, поэтому по сравнению с добавлением пластификаторов расходуется меньше воды и цемента для достижения пластичности, необходимой смеси.

2. Ускоряющие или замедляющие застывание - добавки, способствующие регулировать скорость схватывания материала под действием различных факторов.

В табл. 2 приведены основные виды добавок-ускорителей твердения бетона, задействованы в большей степени при производстве железобетонных конструкций. Оптимальная доза этих добавок находится в пределах 1-3 % от массы цемента, в зависимости от вида цемента, назначения конструкции, наличия усилителей и многих других условий [4].

Наиболее распространенной добавкой – ускорителем твердения является хлорид кальция. Его способность интенсифицировать процесс твердения бетона кроме адсорбционного взаимодействия с цементными зернами, объясняется способностью к образованию некоторых комплексных солей, в частности: оксихлорида и гидрохлоралюмината.

Как видно из данных табл. 2, введение добавок-ускорителей твердения повышает прочность бетона на 50 – 60 %, что может быть

использовано для снижения удельного расхода цемента или тепловой энергии при пропаривании.

Таблица 2

**Наиболее распространенные виды ускорителей твердения бетона**

Наименование добавок	Обозначение	Стандарт надобавку	Дозировка, %
Сульфат натрия	СН	ГОСТ 6318–68 ТУ 38-1-3-9-69	1-2
Нитрат натрия	НН1	ГОСТ 828-68	1-3
Хлорид кальция	ХК	ГОСТ 450-70	1-5
Нитрат кальция	НК	ГОСТ 4142-66	1-3
Нитрит-нитратсульфат натрия	ННСН	ТУ 38-10274-74	1-3
Нитрит-нитратхлорид кальция	ННХК	ТУ 6-18-157-73	1-3

Положительным качеством хлористого кальция является его способность ускорять все периоды твердения и все виды цемента, а также повышать конечную прочность бетона.

Отрицательным свойством этой добавки является выделение хлорид-ионов, что приводит к коррозии стальной арматуры. При одновременном введении в бетон ингибиторов коррозии стали, таких как нитрит натрия или нитрит кальция, этот недостаток может быть частично устранен [4].

3. Аротивоморозные – добавленные компоненты оказывают различное действие.

Их основная классификация:

Сульфаты. Добавки, ускоряющие затвердевание смеси. Во время реакции выделяется тепло, которое способствует быстрому перемешиванию и затвердеванию раствора.

Антифризы. Этот компонент позволяет снизить температуру замерзания воды. Обеспечить нормальный процесс гидратации цемента без ущерба на структуру, свойства и возможности будущей конструкции.

Ускорители. Увеличивают скорость растворения силикатных компонентов бетона и не позволяют готовой смеси промерзнуть.

Комплексные (сложные) добавки. Включают в себя несколько различных компонентов для достижения более очевидного эффекта. Они одновременно снижают температуру застывания и ускоряют затвердевание смеси [5].

4) пигментирующие - тип добавки помогает подобрать палитру, отличную от натуральных тонов, выбрать более привлекательные и насыщенные цвета и сохранить цвет в течение длительного времени

Задача повышения эффективности и качества материалов по-прежнему очень актуальна. Для решения этой задачи добавляют в

строительный материал химические специальные вещества, которые могут стимулировать и контролировать реакции в структуре. Материалы при современных методах и формах их применения раскрывают перед архитекторами и строителями новые возможности, расширяют и обогащают его палитру [6]. Технологические методы повышения эксплуатационных характеристик бетонной смеси могут сократить затраты, благодаря использованию добавок «нового поколения», повысить качество, свойства материалов и увеличить общий срок службы конструкций, зданий и сооружений.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия (с Поправкой)
2. Бетон и бетонная смесь. Энциклопедический словарь URL: <https://sanstv.ru>
3. Как разобраться в ассортименте строительных добавок? URL: <http://www.cover-color.ru/blog/articles/assortimentstroitelnyhdobavok.html>  
Изотов В.С. Химические добавки для модификации бетона : монография / В.С. Изотов, Ю.А. Соколова. – М. : Казанский Государственный архитектурно-строительный университет : Издательство «Палеотип», 2006. – 244 с.
4. Виды противоморозных добавок. URL:<https://zzbeton.ru/probeton/protivomoroznyie-dobavki/>.
5. Воронцов В. М., Мосьпан В.И., Агеева М.С., Савин Д. В. Природные материалы в архитектуре: учебное пособие / Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 100 с.

## **СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПОЗИТ НОВОГО ВРЕМЕНИ – «ЖИВОЙ» БЕТОН**

**Цаль-Цалко А.С., аспирант,  
Воронцов В. М., канд. техн. наук, проф.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

На сегодняшний день мир живет инновациями во всех сферах человеческого общества, прогресса и нового современного будущего. Строительство остается важным направлением в деятельности человека. По востребованности и использованию в строительстве зданий и сооружений различного назначения, бетон занимает первое место и таковым останется на долгое время, по мнению экспертов этой отрасли.

С течением времени делались открытия и создавались изобретения, актуальные для определенного периода в эволюции человека [1]. Мир,

благодаря человеку, развивается так быстро и стремительно, что наука и научно-технический процесс в строительной отрасли не является исключением.

Для стабильного развития строительного направления нужно ставить в приоритет задачи, связанные с разработками современных и многофункциональных композиционных материалов (КМ), которые не наносят значительного вреда экологической системе, продлевают эксплуатационный срок изделий и конструкций. Усовершенствование качества состава материала, является основной задачей технологий новых поколений.

На протяжении последних трех лет в РФ наблюдается колебания в сторону как спада, так и подъема производства бетона. По статистике в июле 2022 г произошло увеличение объема заливаемого бетона (товарного бетона) на 9,0 % к уровню июля прошлого года [2]. Лидерами по производству бетона остается ЦФО с долей около 33,6 %. Из наблюдений специалистов, основным видимым дефектом железобетонных изделий является растрескивание материала (появление трещин), приводящих к сокращению ожидаемого срока службы изделий и конструкций. Трещины возникают из-за многих внешних, внутренних условий, таких как действие нагрузок на материал, ошибка в начальном проектировании конструкции, различные условия окружающей среды объекта строительства и т.д. Для сведения к минимуму возможных последствий, препятствующих дальнейшему причинению ущерба изделиям, конструкциям важно заняться вопросом разработки такого материала, который способен регенерировать и самостоятельно устранять повреждения внутренней структуры материала в течение жизненного цикла конструкции.

«Живой» бетон – это новый современный вид строительного материала, призванный изменить структуру, сделать его способным к восстановлению и стойким к различным внешним, внутренним факторам под действием модифицированных микробиологических добавок (бактерий – рода бацилл *Bacillus subtilis* (палочковидные бактерии, образующие внутриклеточные споры).

На ремонт бетонных конструкций ежегодно тратят огромные вложения, поэтому «живой» бетон – новая ступень в развитии строительных материалов.

Новый материал работает путем добавления в состав грибков и спор бактерий, которые могут выживать в щелочных условиях и придать строительному материалу новые свойства.

В ходе исследования фиксируется «спящее» состояние у бактерий

рода бактерий *Bacillus subtilis*, они активируются только при поступлении в них кислорода или воды [3]. Эти микроорганизмы могут бездействовать десятилетиями, т.е. не находиться в физической активности.

Как только происходят внутренние повреждения (вода проникнет в материал), микроорганизмы начинают производить карбонат кальция (известняк), и поврежденные места заполняются этим материалом. Этот процесс продлевает срок службы бетонной конструкции.

Но есть и отрицательных эффект «неконтролируемого» размножения бактерий, что приводит к снижению прочности изделия и конструкции. Для контроля за количеством микроорганизмов, их помещают в спящее состояние, где они могут выживать до 200 лет. Авторы [3] исследования сделали выбор в пользу палочковидных бактерий потому, что щелочная среда в бетоне способствует росту этих бактериальных спор.

Выбор способа питания микроорганизмов определяется экспериментальными исследованиями эмпирического уровня познания. В результате проведенных опытно-диагностических мероприятий было установлено, что использование лактата кальция является оптимальным. Этот материал служит одним из компонентов при производстве известняка. Данный материал представляет собой кальциевую соль молочной кислоты, имеет белый цвет, легко растворяется в воде, его химическая формула  $2(C_3H_5O_3)Ca$  [3].

Технология производства самовосстанавливающегося бетона заключается в следующих этапах (табл. 1).

*Таблица 1*

**Технология производства самовосстанавливающегося бетона**

1 ЭТАП	Взаимодействие лактата кальция вместе с бактериями в биоразлагаемых капсулах диаметром 2–4 мм
2 ЭТАП	Капсулы вводятся в бетонный раствор с использованием химически активных веществ
3 ЭТАП	Капсулы сохраняют свою целостность и бактерии находятся в анабиозе
4 ЭТАП	При появлении микротрещин целостность капсул нарушается, к бактериям поступает вода, что активизирует их жизнедеятельность

Из-за роста популяции с последующим поглощением лактата кальция, известняка, являющийся продуктом жизнедеятельности бактерий, способствует скорейшему восстановительному процессу. С увеличением численности бактерий пропорционально увеличивается объем выделяющегося известняка, заполняющего микротрещины [4, 5].

На рис. 1 представлены наблюдения за действием самовосстанавливающегося бетона – восстановление трещины в строительном материале.

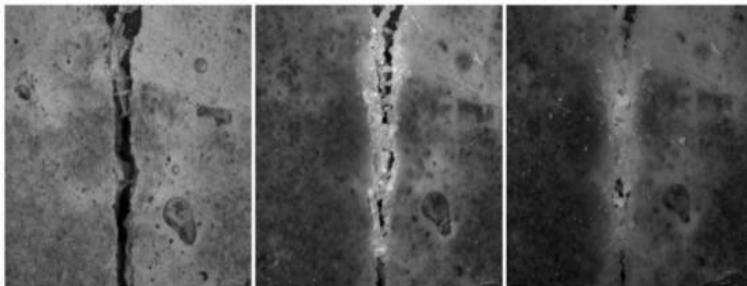


Рис. 1. Процесс восстановления трещины

Из данных рис. 1 наблюдается положительных эффект, который может продлить срок эксплуатации объектов строительства, увеличить такие свойства бетона, как прочность при сжатии и растяжении, морозостойкость и теплопроводность.

Представим для подтверждения эффективности нового материала сравнительную характеристику обычного и самовосстанавливающегося бетона (табл. 2) [3].

Таблица 2

**Основные характеристики обычного  
и самовосстанавливающегося бетона**

Характеристики	Обычный бетон	Самовосстанавливающийся бетон
Образование трещин	+	временно
Прочность при сжатии	B15	B25
Плотность бетона	$\geq 2500 \text{ кг/м}^3$ и выше	$\geq 1800 \text{ кг/м}^3$
Прочность при изгибе	$B_{\text{тб}6.8}$	$B_{\text{тб}8}$
Срок службы	$\geq 100$ лет	$\geq 200$ лет
Стоимость	3,325 руб.	6,350 руб.

Анализируя эти показатели самовосстанавливающегося и обычного бетона, можно сделать вывод, что «живой бетон» имеет перспективы для внедрения и более высокую эффективность при эксплуатации. Его применение необходимо там, где ремонтные работы и регулярная проверка состояния конструкций и сооружений доставляют трудности выполнения проверки.

Еще одним преимуществом строительных материалов нового поколения является возможность экономии бюджета, поскольку нет необходимости в постоянном мелком ремонте конструкции. Средства, регулярно выделяемые на эти цели, могут быть использованы для строительства новых объектов.

Самовосстанавливающийся материал – это новое направление, которое требует глубокого изучения и дальнейших исследований. Этот метод борьбы с трещинами был бы очень полезен производителям и потребителям бетонных изделий, поскольку существующие меры являются дорогостоящими и трудоемкими [6]. Новая технология защитит построенные конструкции от трещин и продлит срок их службы за счет распыления на поверхность бактериальной жидкости.

### **Библиографический список**

1. Лесовик В.С. Строительные материалы. Настоящее и будущее/В.С. Лесовик//Вестник МГСУ, 2017г. Т.12. №1 (100). – С. 9. Композиционные материалы URL:[https:// allbest.ru](https://allbest.ru)

2. Рынок товарного бетона в России. Текущая ситуация и прогноз 2023-2027 гг. URL: <https://alto-group.ru/otchot/rossija/679rynok-tovarnogo-betona-v-rossii-tekuschaja-situacija-i-prognoz-20222026-gg.html> (дата обращения: 10.03.2023).

3. Исследование применения самовосстанавливающегося бетона Г.Г. Жукова, А.И. Сайфулина Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Лысьва, Россия.

4. Ерофеев В.Т., Аль Дулайми Салман Давуд Салман, Фомичев В.Т. Химические аспекты процесса устранения трещин бетона с помощью бактерий [Электронный ресурс] // Интернетжурнал «Транспортные сооружения». – 2018. – No 3. – URL: [https:// t-s.today/PDF/13SATS318.pdf](https://t-s.today/PDF/13SATS318.pdf). DOI: 10.15862/13SATS318 (дата обращения: 09.03.2023).

5. Колчина Т.О. Биобетон – новое поколение самовосстанавливающихся бетонов // Безопасный и комфортный город: Всерос. науч.-практ. конф. – Орел, 2018. – С. 102–105.

6. Кодзоев М.-Б. Х., Исаченко С. Л., Самовосстанавливающийся бетон – URL: <file:///C:/Users/User/Downloads/samovosstanavlivayuschisyyabeton.pdf> (дата обращения: 14.03.2023).

## **ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОАКТИВНОГО МЕТАКАОЛИНА НА ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО**

**Чернышева Н.В., д-р техн. наук; проф.,  
Моторыкин Д.А., аспирант,  
Отман А.С.А., аспирант,  
Гуляев М.А., студент,  
Ильин Р.О. студент**

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

Современные тенденции развития строительных материалов требуют постоянного роста технических характеристик при снижении экономической стоимости при производстве. Одним из способов удовлетворения растущих требований является применение композиционных гипсовых вяжущих.

Композиционное гипсовое вяжущее (КГВ) – это вяжущее полученное путем смешивания гипса, цемента и активной минеральной добавки.

КГВ обладает преимуществами гипса, а именно короткие сроки схватывания и быстрый набор прочности, высокие показатели экологичности. Так как основная часть КГВ – это гипс, то его производство требует меньших затрат энергоресурсов, снижает выброс парникового газа  $\text{CO}_2$  в сравнение с производством цемента. Но, так же, из-за содержания гипса в составе КГВ, он обладает меньшей водостойкостью, что существенно снижает область использования изделий на его основе [1-3].

Для повышения водостойкости КГВ можно увеличить количество портландцемента в его составе, а также использовать активные минеральные добавки [3-4].

В качестве активной минеральной добавки используют: трепел, золы, диатомиты и т.п, содержащие в составе активный кремнезем. Но на сегодняшний момент наиболее частыми в использовании стали микрокремнезем и метакаолин [5].

Микрокремнезем (МК) – это отход получаемый во время выплавки ферросилиция, состоящий из шарообразных частиц чистого кремнезема и имеющих размер от 0,01 – 0,1 мкм. Образуется в результате высокотемпературной обработки кремнеземсодержащих материалов. Несмотря на положительное влияние МК на КГВ, он обладает рядом недостатков: являясь отходом производства его свойства, могут сильно колебаться, а также его наличие повышает водопотребность смеси.

Эффективной минеральной добавкой является высокоактивный

метакаолин (ВМК) – это искусственно изготовленная пуццолановая добавка, обладающая высокой активностью среди имеющихся на рынке активных минеральных добавок, представляющий собой порошок белого или розоватого цвета. ВМК получают путем термообработки каолинита, в результате которой происходит удаление кристаллической воды и образование аморфных силикатов алюминия. Частицы ВМК имеют пластинчатую форму и высокую удельной поверхности, достигающую 30000 м<sup>2</sup>/кг.

Обычно метакаолин используется в роли пуццолановой добавки, чтобы повысить прочностные и защитные характеристики композитов на основе КГВ [6].

Обладая более высокой стоимостью ВМК экономически целесообразнее, так как его активность в 2 раза выше в сравнении с МК, что снижает его дозировку. Так же ВМК отличается большей стабильностью, что позволяет снизить количество корректировок рецептуры изделий при изменении модификаторов.

В работе [7] показано, что применение ВМК по сравнению МК в качестве активной минеральной добавки способствует большему повышению прочности на сжатие и водостойкости образцов.

Несмотря на большое количество исследований, степень реакции пуццолановых добавок (даже если используется идентичную добавку) может существенно варьироваться, в зависимости от дисперсности материалов и их реакционной способности, степени чистоты. Поэтому оценка влияния ВМК может быть дана только после проведения испытаний.

В данной работе был использован высокоактивный метакаолин ВМК-45. Целью работы являлось определение оптимального количества активной минеральной добавки в составе КГВ и ее влияния на свойства вяжущего.

В качестве исходных материалов использовались высокопрочный гипс ГВВС-16; бездобавочный протландцемент Цем I 42,5, высокоактивный метакаолин ВМК-45, а также суперпластификатор (для снижения водопотребности).

На начальном этапе опытным путем был произведен подбор необходимого количества активной минеральной добавки в составе КГВ (табл. 1), при условии, что концентрация СаО в водной суспензии не превышала 1,1 г/л в возрасте 5 сут, а на седьмые сутки не более 0,85 г/л, в соответствии с ТУ 21-31-62-89 «Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие» [8].

Таблица 1

**Изменение концентрации СаО в водной суспензии**

№	Материалы, г			Концентрация СаО в р-ре, г/л, через:	
	Гипс	ПЦ	ВМК	5 сут	7 сут
1	4	2,5	0,125	0,46	0,6
2	4	2,5	0,25	0,45	0,55
3	4	2,5	1,25	0,05	0,029
4	4	2,5	2,5	0,028	0,024
5	4	2,5	3,75	0,022	0,016
6	4	2,5	5	0,020	0,016

В результате проведенных исследований было установлено, что введение в состав КГВ минеральной добавки ВМК-45 в количестве 5 % от массы цемента удовлетворяет требования ТУ 21-31-62-89 со снижением концентрации СаО до требуемых пределов.

Для изучения влияния минеральной добавки ВМК-45 на свойства КГВ были заформованы образцы–кубики размером 30×30×30 мм. Состав КГВ: Г-16 – 70 %, ПЦ – 30 %. Испытания образцов проводилось в возрасте 2 ч, 7 и 28 сут. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Физические показатели образцов КГВ**

№	СП %	ВМК %*	В/В	нач. схв мин. с.	кон. схв. мин. с	D, мм	R сж, МПа			Kp
							2 ч	7 сут	28 сут	
1	0.5	-	0.2	6-00	15-00	123	26	45	47	0.78
2	0.5	5	0.2	5-35	14-00	123	27	48	52	0.85
3	0.5	10	0.2	5-00	13-00	125	25	50	54	0.88

*Примечание:* количество ВМК – % от массы цемента

В результате проведенных исследований было установлено, что добавление ВМК-45 в состав гипсоцементной смеси ускоряет процессы начала (с 6 до 5 мин) и конца схватывания (с 15-13 мин) при одинаковой подвижности гипсоцементной смеси. При добавлении ВМК-45 в количестве 10 % от количества портландцемента происходит снижение прочности до 25 МПа в первые 2 ч в сравнении с контрольным образцом без добавки. В возрасте 28 сут образцы с добавлением ВМК-45 (5 и 10 % от массы цемента) имеют повышенные показатели прочности на сжатие.

Коэффициент размягчения затвердевшего КГВ так же повышается: при 5 % - до 0,85, а при 10 % - до 0,88.

Таким образом установлено, что введения в состав КГВ высокоактивного метакеолина ВМК-45 (в количестве 5 % от

портландцемента) позволяет повысить прочность затвердевших образцов в возрасте 28 сут на 13 % (54 МПа) по сравнению с образцами бездобавления ВМК-45 (47 МПа).

Также выявлено, что затвердевшие образцы из КГВ с добавлением ВМК-45 обладают повышенными значениями коэффициента размягчения (0,85-0,88), что позволяет отнести их к категории водостойких материалов, благодаря чему область их применения существенно расширяется.

### **Библиографический список**

1. Коровяков В.Ф. Повышение водостойкости гипсовых вяжущих веществ и расширение областей их применения // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 3. С. 28- 31.
2. Чернышева Н.В., Отман А.С.А., Моторькин Д.А., Бочарников А.Л. Бетоны на композиционном гипсовом вяжущем с использование отходов дробления известняка // Университетская наука. 2021. № 1 (11). С. 87-90.
3. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю. Водостойкие гипсовые композиционные материалы с применением техногенного сырья. Белгород: Изд. БГТУ, 2015. 321 с.
4. Локтионова М.Д., Потапова Е.Н. Свойства композиционных гипсовых вяжущих // Успехи в химии и химической технологии. 2020. Т.34. № 5(228). С. 50-52
5. Захаров С. А., Калачик Б. С. Высокоактивный метакаолин (ВМК) как инновационное решение для бетонов и сухих строительных смесей: Доклад – Москва. 2009.
6. Высокоактивный метакаолин – современный минеральный модификатор цементных систем / С. А. Захаров, Б. С. Калачик // Строительные материалы. – 2007. – № 5. – С. 56–57.
7. Сафонова Т.Ю. Влияние вида кремнеземистой добавки на свойства смешанного воздушного вяжущего в системе «Гипс - известь - пуццолан» // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2012. №2 (31).
8. ТУ 21-31-62-89 Гипсоцементнопуццолановое вяжущее вещество. Технические условия. М.: Издательство стандартов. 1989. 19 с.

Научное издание

VII Международная  
научно-практическая конференция  
«Наука и инновации в строительстве»,  
посвященная 170-летию В. Г. Шухова

Сборник докладов

Ответственный за выпуск **Сулейманова** Людмила Александровна

Компьютерная верстка **Богачева** Марина Александровна

Подписано в печать 28.04.23. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 13,1. Уч.- изд. л. 14,1.  
Тираж 74 экз. Заказ № Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете  
им. В.Г. Шухова  
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

