

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор ФГБОУ ВО «Национальный  
исследовательский Московский  
государственный строительный  
университет»

доктор технических наук



Тер-Мартirosян А.З.

« 15 » ноября 2024 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» на диссертационную работу **Сулейманова Карима Абдуллаевича** на тему: **«Совершенствование технологии газобетона в доавтоклавный период»**, представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия

### 1. Актуальность темы исследования

В современных условиях строительства приоритетным направлением является использование инновационных материалов, обладающих высокими теплоизоляционными и эксплуатационными характеристиками, что позволяет минимизировать энергозатраты на эксплуатацию зданий. Газобетон, благодаря своей низкой теплопроводности, малой плотности и достаточной прочности, представляет собой перспективный материал для возведения энергоэффективных зданий. Однако, для повышения однородности структуры и стабильности свойств газобетона, необходимо дальнейшее совершенствование технологических процессов, особенно в доавтоклавный период.

Исследование направлено на решение актуальной задачи оптимизации процессов порообразования и тепловыделения в газобетонных смесях на этапе формирования пористой структуры. Данный этап имеет ключевое значение для достижения высоких физико-механических характеристик газобетона. Управление процессами гидратации и экзотермии в газобетонных смесях позволит минимизировать дефекты структуры, что существенно улучшит эксплуатационные свойства материала и повысит его долговечность.

Кроме того, оптимизация технологии производства газобетона имеет значительный экономический эффект, так как усовершенствование процесса твердения и структурообразования позволит снизить энергозатраты на производство, а также улучшить физико-механические характеристики готовых изделий. Это, в свою очередь, способствует снижению эксплуатационных затрат на отопление и охлаждение зданий, что особенно актуально в условиях возрастающих требований к энергоэффективности строительных объектов.

Таким образом, диссертационная работа Сулейманова К.А., посвященная разработке научно обоснованного технологического решения, обеспечивающего получение газобетона высокоорганизованной структуры за счет: регулирования расхода извести, физико-механической обработки смеси виброгребнем после ее заливки, создания термосных условий в камере предварительного твердения, является актуальной.

## **2. Структура и содержание работы**

Представленная диссертация Сулейманова К.А. состоит из введения, основной части – 5 глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 230 страницах машинописного текста, включающего 31 таблицу, 105 рисунков, список литературы из 226 источников, 11 приложений.

*Во введении* приведены актуальность, цель и задачи исследований, научная новизна и основные положения, выносимые на защиту.

*В первой главе* достаточно полно отражено современное состояние производства и применения газобетона в строительстве. Особое внимание уделяется процессам тепловыделения при твердении цементных смесей, а также факторам, влияющим на эти процессы. Автор рассматривает механизмы порообразования и их значение для получения однородной пористой структуры газобетона, а также рассмотрены пути повышения эффективности производства, включая выбор сырьевых компонентов, контроль температуры и обработку газобетонной смеси в доавтоклавный период.

*Во второй главе* описаны характеристики используемых материалов и методы исследований. Стандартизированные характеристики автоклавных газобетонов определены в соответствии с нормативными документами.

*В третьей главе* приводятся и анализируются результаты исследования процессов, происходящих в газобетонной смеси в процессе формирования пористой структуры. Особое внимание уделено гидратации цемента и взаимодействию основных компонентов смеси, что оказывает непосредственное влияние на структуру пор. Полученные данные об образовании гидратов в модельных газобетонных смесях на ранних этапах формирования структуры автоклавного ячеистого бетона позволяют формализовать химические реакции, что дает возможность оценить

теплофизические характеристики газобетонных смесей. Автор исследует механизмы образования крупных и мелких пор, а также их влияние на свойства газобетона. Установлено, что перспективой технологии ячеистого бетона является снижение максимального и среднего размера пор для выделенных областей мембранных и ячеистых газовых пор. Уменьшение размера пузырьков в твердеющей системе отразится на снижении числа Бонда и повысит значимость капиллярных сил в формировании поровой структуры ячеистого бетона.

*Четвертая глава* посвящена исследованию формирования высокоорганизованной структуры газобетонного массива. Одним из ключевых аспектов здесь являются термические явления, происходящие в массиве во время твердения. Создание термосных условий твердения позволяет значительно снизить температурные градиенты в газобетонном массиве и уменьшить риск термических напряжений. Установлено, что создание термосных условий позволяет снизить градиент температуры на 12-15 °С и достичь более равномерной температуры по всей высоте массива. Внедрение методов физико-механической обработки газобетонной смеси, таких как использование виброгребня, позволило значительно повысить однородность пористой структуры материала. Это достигается путем дробления крупных пор воздухововлечения до размера менее 2 мм за счет физико-механической обработки газобетонной смеси виброгребнем и минимизации дефектов в структуре. Проведенные испытания показали, что физико-механическая обработка вибростержнями позволяет практически полностью устранить крупные поры воздухововлечения в газобетонной смеси.

*В пятой главе* автором предложены механизмы совершенствования технологии производства изделий из автоклавного газобетона, разработаны мероприятия по повышению теплотехнической однородности стен из ячеистобетонных блоков и обоснована технико-экономическая эффективность предложенных механизмов.

Результаты исследований Сулейманова К.А. прошли производственную апробацию на предприятиях ООО «Масикс» (г. Ростов-на-Дону), ООО «Сибирский элемент «Рента-К» (д. Обухово, Калужская обл.), ООО «СТРОЙТЕХНОЛОГИЯ» (г. Белгород).

Разработан ряд нормативных документов: стандарт организации СТО 02066339-068-2023 «Газобетон с высокоорганизованной структурой» и Рекомендации по производству газобетона с высокоорганизованной структурой.

В заключении приводятся выводы по работе.

Содержание глав полностью соответствует выносимым на защиту положениям.

### **3. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в работе, являются теоретически обоснованными и экспериментально подтвержденными. Исследования, проведенные автором в рамках заявленной в диссертации темы, являются достаточными по объему и составу, содержат аргументацию выбора варианта решения на каждом этапе работы. Результаты диссертационной работы согласуются с фундаментальными основами строительного материаловедения.

Результаты диссертационной работы докладывались на международных и региональных конференциях, основные положения диссертации изложены в 21 публикации, в том числе: 4 статьи в российском журнале, входящем в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ; 1 работа в издании, индексируемом в базе данных Scopus. Получено 2 патента на изобретение, 2 патента на полезную модель и Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Работа Сулейманова К.А. была выполнена в рамках Программы «Приоритет 2030» на базе Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова Пр-10/22.

### **4. Научная новизна**

Соискателем теоретически обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение, обеспечивающее получение газобетона высокоорганизованной структуры за счет: регулирования расхода извести, физико-механической обработки смеси виброгребнем после ее заливки, создания термосных условий в камере предварительного твердения. Изменение расхода извести позволяет регулировать термический потенциал газобетонной смеси из условия  $1 \text{ кг/м}^3 \text{ CaO}$  на  $1^\circ\text{C}$ . Воздействие на газобетонную смесь виброгребня путем перемещения формы под ним со скоростью 12 м/мин обеспечивает дробление пор воздухововлечения до размера менее 2 мм, сопоставимого с порами газовыделения. Снижение градиента температур при создании термосных условий твердения до  $12-15^\circ\text{C}$  приводит к достижению температуры поверхности массива порядка  $54^\circ\text{C}$ , соответствующей значению на дне формы, что предотвращает образование сегментных пузырей. Совершенствование технологии газобетона обеспечивает повышение прочности на 50-60 % и снижение теплопроводности на 10-15 %.

Установлены условия формирования дефектов структуры – пор воздухововлечения и сегментных пузырей. Показано, что поры воздухововлечения, образовавшиеся во время заливки ячеистобетонной смеси, имеют форму перевернутой капли, характеризуемой тремя радиусами кривизны и высотой. Образование сегментных пузырей происходит в области

максимума скорости гидратации извести, а условием их горизонтального перемещения является градиент тангенциальных сил в направлении повышенной асимметрии данного вида дефекта структуры, что приводит к выходу газа и оседанию смеси в форме или к нарушению структуры массива из-за разрывов сплошности.

Сформулированы теоретические основы получения газобетона высокоорганизованной структуры, раскрывающие влияние термических процессов (как интегрального тепловыделения, так и градиента температур) на снижение доли сегментных пузырей как дефектов структуры, формируемых в доавтоклавный период. Процессы, протекающие в твердеющей газобетонной смеси, ранжированы по значимости вклада в создание температурного уровня: гидратация цемента → газовыделение за счет дисперсного алюминия → гидратация оксида кальция.

## **5. Теоретическая и практическая значимость диссертации**

Автором выполнен значительный объем теоретических и экспериментальных исследований по изучению особенностей формирования структуры и свойств газобетонов автоклавного твердения с высокоорганизованной структурой. Развита теоретическая представления о природе и видах дефектов газобетона, а также о формировании высокоорганизованной структуры газобетона, что позволило разработать научно обоснованное технологическое решение совершенствования процесса производства газобетона в доавтоклавный период – от стадии заливки смеси в формы до резки массива.

Предложено совершенствование технологической линии по производству автоклавного газобетона, заключающееся в регулировании содержания извести, введении физико-механической обработки смеси виброгребнем на стадии после ее заливки и применении термосного метода в камере предварительного твердения.

Обоснованное технологическое решение обеспечивает получение газобетона с высокоорганизованной макроструктурой по эксплуатационным свойствам, превосходящего характеристики автоклавных газобетонов, произведенных по традиционной технологии, с обеспечением класса прочности В5 при марке по плотности D500.

Разработаны мероприятия по повышению теплотехнической однородности стен из ячеистобетонных блоков.

## **6. Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки**

Развита теоретическая представления о природе и видах дефектов газобетона, а также о формировании высокоорганизованной структуры газобетона, что позволило разработать научно обоснованное технологическое

решение совершенствования процесса производства газобетона в доавтоклавный период – от стадии заливки смеси в формы до резки массива.

## **7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Соискателем предложено совершенствование технологической линии по производству автоклавного газобетона, заключающееся в регулировании содержания извести, введении физико-механической обработки смеси виброгребнем на стадии после ее заливки и применении термосного метода в камере предварительного твердения.

Методы и подходы, использованные в диссертационном исследовании, а также результаты и выводы могут быть рекомендованы для внедрения на предприятиях по производству ячеистых бетонов.

Теоретические положения диссертационной работы и результаты экспериментальных исследований предлагается использовать в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистрантов по направлению «Строительство».

## **8. Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы**

1. В тексте диссертации на стр. 112, 114, 116 на рис. 3.36, 3.37, 3.38, 3.40, а также в тексте автореферата на стр. 14 на рис. 12 представлены синусоидальные кривые сегментного пузыря различных радиусов, однако не указана размерность осей этих графиков.

2. На странице 63 текста диссертации приведены пики гидроксида кальция с ошибкой.

3. Не отражены результаты определения скорости твердения газобетонной смеси (кинетика пластической прочности смеси), что важно при разработке технологии ячеистого бетона.

4. Можно ли определить, когда из сегментного пузыря происходит или выхлоп газа, или образование разрыва?

5. Могут ли разработанные Вами принципы перемещения сегментного пузыря в ячеистобетонной смеси быть использованы для объяснения спиралевидного подъема крупных пузырей в воде?

Отмеченные замечания не снижают значимости представленных автором результатов и общей положительной оценки работы Сулейманова К.А.

## **9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что диссертация Сулейманова Карима Абдуллаевича на тему «Совершенствование технологии газобетона в доавтоклавный период» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой

содержится решение нового научно обоснованного технологического решения по получению газобетона высокоорганизованной структуры. Работа обладает научной новизной, теоретической и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют значение для развития отрасли знаний в области получения газобетона с направленным структурообразованием. Диссертационная работа полностью соответствует паспорту специальности 2.1.5 – Строительные материалы и изделия и соответствует критериям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции Правительства Российской Федерации), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Сулейманов Карим Абдуллаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 – Строительные материалы и изделия.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры строительного материаловедения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», протокол заседания № 6 от «06» ноября 2024 г.

Доктор технических наук по специальности 05.17.11 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», профессор, заведующий кафедрой строительного материаловедения ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Телефон 8(916)9157044,  
[SamchenkoSV@mgsu.ru](mailto:SamchenkoSV@mgsu.ru)

Самченко  
Светлана Васильевна

«07» 11 2024 г.

**Сведения о ведущей организации:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет».

129337, ЦФО, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

**Телефон:** +7 (495) 781-80-07

**E-mail:** [kanz@mgsu.ru](mailto:kanz@mgsu.ru)

**Сайт:** <https://mgsu.ru>