

«Утверждаю»

Проректор ФГБОУ ВО

«Томский государственный
архитектурно-строительный
университет»

д-р тех. наук, проф.

Волокитин О.Г.

«11» _____ 2025 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет» на диссертационную работу

Марушко Михаила Викторовича на тему:

«Термовакuumированный ячеистый бетон неавтоклавногo твердения»,

представленную к защите на соискание ученой степени

кандидата технических наук по специальности

2.1.5. Строительные материалы и изделия

1. Актуальность темы исследования

В современной строительной индустрии востребованы технологии производства эффективных материалов с требуемыми техническими характеристиками, обеспечивающими энергоэффективность, экологичность и экономическую доступность. В условиях повышения требований к тепловой защите зданий и необходимости утилизации промышленных отходов совершенствованию технологий производства изделий из ячеистого бетона уделяется большое внимание. Ячеистые бетоны неавтоклавногo твердения средней плотности $D400-D600$ обладают значительным потенциалом для снижения энергопотребления зданий при эксплуатации и реализации принципов устойчивого развития в строительстве.

Особую актуальность приобретает разработка новых подходов к управлению процессом структурообразования ячеистых бетонов, позволяющих формировать однородную поровую структуру и обеспечивать заданный комплекс физико-механических свойств. Применение золы-уноса в качестве активного микронаполнителя и внедрение термовакuumной обработки ячеистобетонной смеси способствуют получению эффективных строительных стеновых материалов, что соответствует современным

программам по ресурсосбережению и экологической безопасности в строительстве.

При решении указанных научно-технических задач обеспечивается повышение технико-экономической эффективности производства и применения термовакuumированного ячеистого бетона на объектах строительства.

Таким образом, диссертационная работа Марушко М.В., посвященная разработке научно обоснованного технологического решения производства термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения с однородной пористой структурой и улучшенными физико-механическими характеристиками используя совместное температурного воздействия и вакуумирования для управления структурообразованием, а именно кинетикой газовыделения и гидратации, является весьма актуальной.

2. Структура и содержание работы

Представленная диссертация Марушко М.В. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, приложений. Результаты изложены на 182 страницах машинописного текста, включающего 23 таблицы, 66 рисунков, список литературы из 175 источников, 6 приложений.

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

В первой главе представлен анализ современного состояния и тенденций развития в области производства ячеистого бетона неавтоклавного твердения, рассмотрены теоретические основы формирования пористой структуры и способы повышения физико-механических характеристик материала. Особое внимание уделено анализу воздействия внешней среды как фактора управления структурообразованием и возможностям использования промышленных отходов в производстве ячеистых бетонов.

Вторая глава посвящена характеристике применяемых материалов и методам исследований. Описаны свойства используемых компонентов, а также методы исследования состава, структуры и физико-механических характеристик ячеистых бетонов.

В третьей главе обосновано влияние факторов температурного и вакуумного воздействия на формирование пористой структуры ячеистого бетона. Проведена оценка эффективности воздействия давления, температурного режима и воздухововлекающих добавок на процесс структурообразования ячеистого бетона неавтоклавного твердения.

Рассмотрены агрегатные состояния в модельных смесях и особенности формирования структуры цементного камня с применением зол-уноса.

Четвертая глава содержит экспериментальные данные по составам и свойствам термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения. Приведены результаты математического планирования эксперимента по рационализации рецептурно-технологических факторов, исследования микроструктуры разработанных термовакuumированных ячеистых бетонов, анализа их пористости и установления корреляции между составом и физико-механическими характеристиками материала.

В пятой главе приведена технологическая схема производства изделий из термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения, проведено технико-экономическое обоснование эффективности термовакuumирования поризованной смеси с применением воздухововлекающей добавки, описано внедрение и апробация результатов исследований на производстве.

Результаты исследований Марушко М.В. прошли производственную апробацию на предприятии ООО «СТРОЙТЕХНОЛОГИЯ» (г. Белгород).

Разработан ряд нормативных документов: стандарт организации СТО 02066339-049-2022 «Термовакuumированный ячеистый бетон неавтоклавного твердения. Технические условия» и Рекомендации по производству термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения.

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 19 публикациях, в том числе: 4 статьи в российских журналах, входящих в

перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ; 2 работы в издании, индексируемом в базах данных Scopus. Получены патент на изобретение и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Работа Марушко М.В. была выполнена в рамках: Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова до 2021 года, НИР А54/20; Программы развития БГТУ им. В.Г. Шухова «Приоритет 2030» на 2021-2030 гг., № Пр-10/22.

4. Научная новизна

Соискателем обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение, обеспечивающее получение термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавногo твердения с однородной пористой структурой и улучшенными физико-механическими характеристиками за счет совместного применения температурного фактора и вакуумирования для управления кинетикой порообразования и гидратации на стадии формирования структуры. Установлено, что величина вакуума 0,085–0,095 МПа создает условия для контролируемого роста воздушных пузырьков, а рациональный температурный режим 39–43 °С обеспечивает необходимую скорость гидратации по закону Аррениуса.

Установлен характер влияния величины вакуума на процесс структурообразования ячеистого бетона. Изменение величины вакуума в диапазоне 0,055–0,095 МПа обеспечивает переход от кинетически затрудненного газовыделения к равномерному росту сферических пор. При этом величина вакуума >0,095 МПа приводит к коалесценции пор и критической усадке материала, а величина вакуума менее 0,055 МПа не позволяет преодолеть энергетический барьер для стабильного порообразования.

Разработаны принципы управления фазовым составом ячеистобетонной смеси с использованием диаграммы агрегатных состояний, описывающей последовательность стадий структурообразования. На основе закона постоянства объемного фазового состава дисперсных систем упорядочен процесс перехода от начального состояния системы через стадии воздухововлечения, термовакuumирования, гидратации цемента и твердения изделия, что позволяет количественно описывать изменение объемных концентраций фаз на каждом технологическом этапе.

5. Теоретическая и практическая значимость диссертации

Автором выполнен значительный объем теоретических и экспериментальных исследований по изучению особенностей формирования пористой структуры неавтоклавного ячеистого бетона при комплексном температурном и вакуумном воздействии.

Развиты модельные представления о динамике расширения воздушных пор в вязкоупругой среде на основе уравнения Рэлея-Плессета, адаптированного для ячеистобетонной смеси, и законов постоянства объемного фазового состава дисперсных систем.

Разработаны рациональные составы термовакуумированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения с использованием золы-уноса, обеспечивающие получение изделий марок по средней плотности $D400$ – $D600$ с улучшенными прочностными (1,8–4,4 МПа) и теплоизоляционными (0,068–0,108 Вт/(м·°C)) характеристиками.

Предложена технологическая схема производства изделий из термовакуумированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения, особенностью которой является вакуумирование предварительно нагретой смеси.

6. Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Развиты теоретические представления о процессах формирования пористой структуры неавтоклавного ячеистого бетона при комплексном воздействии температуры и вакуума.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Соискателем предложена технологическая схема производства изделий из термовакуумированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения, особенностью которой является вакуумирование предварительно нагретой смеси.

Методы и подходы, использованные в диссертационном исследовании, а также результаты и выводы могут быть рекомендованы для внедрения в практику деятельности предприятий по производству изделий из ячеистого бетона неавтоклавного твердения.

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

8. Соответствие автореферата диссертации ее содержанию

Автореферат содержит основные идеи и выводы диссертационной работы, показывая вклад автора в проведенные исследования, степень новизны и практическую значимость проведенных исследований, раскрывает цель и задачи исследований. Автореферат соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, а также п. 25 «Положение о порядке присуждения ученой степени».

9. Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы:

1. При исследовании влияния температурного фактора на свойства термовакuumированного ячеистого бетона не указано, как проводилось измерение температуры и учитывался ли объем смеси (геометрические размеры испытываемого образца). Изменяется ли рекомендуемый температурный диапазон (39-43 °С) для термовакuumированных ячеистых бетонов с различными воздухововлекающими добавками и марок по средней плотности.

2. На странице 106 текста диссертации приводится авторская программа для ЭВМ для моделирования изменения фазового состава ячеистых бетонов неавтоклавного твердения, однако не представлен алгоритм ее работы для реального использования на практике.

3. В пунктах 4.3 и 4.4 текста диссертации приведены результаты исследования пористой микроструктуры разработанных ячеистых бетонов, однако неясно, как определялась толщина межпоровых перегородок.

4. Первичная пористая структура ячеистой бетонной смеси (до термовакuumированной обработки) формируется при перемешивании компонентов в смесителе. Какой способ и скорость перемешивания компонентов смеси рекомендуется при изготовлении изделий из термовакuumированной ячеистобетонной смеси.

5. В диссертации указывается на высокую однородность пористой структуры ячеистого бетона после термовакuumированной обработки. Однако не приводятся данные по однородности основных технических характеристик по результатам испытаний ячеистого бетона. Например, как получены в табл. 4.9 и 4.10 диссертации классы по прочности и марки по средней плотности ячеистого бетона. При какой влажности ячеистого бетона проводились испытания?

Отмеченные замечания не снижают значимости представленных автором результатов и общей положительной оценки работы Марушко М.В.

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

Диссертационная работа Марушко Михаила Викторовича на тему «Термовакуумированный ячеистый бетон неавтоклавного твердения» соответствует паспорту специальности 2.1.5 «Строительные материалы и изделия» и критериям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. с изм. от 20.03.21 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, и является завершенной научно-квалификационной работой. В исследованиях, выполненных автором на актуальную тему, изложены новые научно обоснованные технологические решения, обеспечивающие получение термовакуумированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения с однородной пористой структурой и улучшенными физико-механическими характеристиками. Диссертация выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне с использованием современных методов исследования и оборудования, обладает внутренним единством, научной новизной, практической ценностью, перспективностью для дальнейшего развития, а результаты работы способствуют решению важных строительно-технических задач по ресурсному обеспечению объектов строительства современными материалами и изделиями из поризованных цементных бетонов с использованием минеральных добавок на основе вторичного сырья. Предложенные автором диссертации научно обоснованные технологические решения аргументированы и оценены в сравнении с другими известными и используемыми в современном строительстве.

На основании вышеизложенного считаем, что Марушко Михаил Викторович, 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 строительных материалов и технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», протокол заседания № 3 от 06.11.2025 г.

Кудяков Александр Иванович, советник РААСН, доктор технических наук по специальности 2.1.5 «Строительные материалы и изделия», профессор, профессор кафедры «Строительные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», заслуженный работник высшей школы РФ, почетный строитель РФ.

Телефон: 8 (913)8208554, kudyakow@mail.tomsknet.ru


«21» ноября 2025

Кудяков Александр Иванович

Стешенко Алексей Борисович, кандидат технических наук по специальности 2.1.5 «Строительные материалы и изделия», доцент, доцент кафедры «Строительные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет».

Телефон: 8 (909)5396643, steshenko.alexey@gmail.com


«21» ноября 2025

Стешенко Алексей Борисович

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет».

634003, Томская область, г. Томск, пл. Соляная, д. 2.

Телефон: +7 (3822) 65-39-30

Е-mail: rector@tsuab.ru Сайт: <https://tsuab.ru/>


Подпись  «21» 11 2025 г.
У.о. начальник отдела
делопроизводства


Подпись  «21» 11 2025 г.
У.о. начальник отдела
делопроизводства