

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Марушко Михаила Викторовича на тему:

«Термовакуумированный ячеистый бетон неавтоклавного твердения»,

представленную к защите на соискание ученой степени кандидата

технических наук по специальности

2.1.5. Строительные материалы и изделия

Актуальность. Диссертация Марушко Михаила Викторовича посвящена разработке термовакуумированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения – материала, востребованного в современном строительстве благодаря высоким физико-механическим характеристикам. Однако широкое применение неавтоклавных ячеистых бетонов ограничено неоднородностью поровой структуры, недостаточной прочностью и высокими показателями водопоглощения и усадки, что снижает их эксплуатационные характеристики.

Ключевой задачей является управление процессами структурообразования ячеистых бетонов, включая рационализацию состава смесей за счет применения промышленных отходов (золы-уноса) и оптимизацию параметров термовакуумной обработки. Данные меры направлены на создание однородной замкнутой пористой структуры, повышение прочностных характеристик и снижение теплопроводности материала.

Заслуживают внимания разработанные соискателем принципы управления фазовым составом смеси на основе диаграммы агрегатных состояний и адаптированная модель динамики роста пор, позволяющие прогнозировать формирование структуры материала при различных технологических параметрах.

Внедрение предложенных технологических решений обеспечивает производство ячеистых бетонов с улучшенными физико-механическими характеристикам, соответствующими требованиям современных строительных стандартов и способствующими повышению энергоэффективности зданий, снижению себестоимости и утилизации промышленных отходов, что подтверждает актуальность данного исследования.

Подтверждением актуальности данного направления также служит поддержка исследований М.В. Марушко 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, а также опубликование статей и представление работ на конкурсах и конференциях различного уровня.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем: автором обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение, обеспечивающее получение термовакуумированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения с однородной пористой структурой и улучшенными физико-механическими характеристиками за счет совместного применения температурного фактора и вакуумирования для управления кинетикой газовыделения и гидратации на стадии формирования структуры. Установлено, что величина вакуума 0,085–0,095 МПа создает условия для контролируемого роста газовых 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, заключающийся в следующем. 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, тогда как 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 формализован процесс перехода от начального состояния системы через стадии воздухововлечения, термовакуумирования, гидратации цемента и твердения изделия, что позволяет количественно описывать изменение объемных концентраций фаз на каждом технологическом этапе.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в дополнении теоретических представлений о процессах формирования пористой структуры неавтоклавного ячеистого бетона при комплексном воздействии температуры и вакуума.

Соискателем развиты модельные представления о динамике расширения газовых 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 промышленных отходов (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·°С)) характеристиками.

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

*Степень обоснованности научных положений,
выводов и рекомендаций, их достоверность*

Общая характеристика работы

Введение посвящено обоснованию актуальности темы исследования; степени ее разработанности; формулированию цели и задач, научной новизны, теоретической и практической значимости работы. Отражены основные положения, выносимые на защиту, сведения о степени достоверности полученных результатов, их апробация и внедрение.

Первая глава посвящена анализу современных направлений в производстве ячеистого бетона неавтоклавного твердения. Рассмотрены технологические аспекты формирования пористой структуры ячеистых бетонов, методы управления процессом структурообразования и пути повышения эффективности материала. Особое внимание уделено анализу влияния внешнего давления на формирование пористой структуры ячеистых бетонов и возможностям применения промышленных отходов в качестве заполнителей ячеистого бетона.

Во второй главе представлены характеристики сырьевых компонентов и описаны методы исследований. Приведены методики анализа состава и структуры материалов, стандартизированные испытания физико-механических свойств.

Третья глава посвящена исследованию параметров управления структурообразованием ячеистого бетона неавтоклавного твердения. Проанализировано влияние избыточного давления на процесс поризации, определены оптимальные режимы температурного воздействия. Изучена эффективность воздухововлекающих добавок и разработаны принципы управления фазовым составом смеси с использованием диаграммы агрегатных состояний, описывающей последовательность стадий структурообразования материала.

Четвертая глава содержит результаты экспериментальных исследований, отражающие взаимосвязь составов и свойств полученных термовакуумированных ячеистых бетонов неавтоклавного твердения. Представлена рационализация рецептурно-технологических параметров ячеистых бетонов на основе математического планирования эксперимента. Изучены особенности распределения пор, их морфологические особенности для разработанных термовакуумированных ячеистых бетонов неавтоклавного твердения в зависимости от марки по средней плотности.

Выявлены корреляции между фазовым составом, параметрами пористости и физико-механическими характеристиками материала.

В пятой главе предложена технология производства изделий из термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения; обоснована технико-экономическая эффективность термовакuumирования поризованной смеси с применением воздухововлекающей добавки; представлен перечень созданных нормативных документов, результаты внедрения разработок автора.

Автор в своих исследованиях опирается на результаты как фундаментальных, так и прикладных работ отечественных и зарубежных ученых, посвященных разработке технологий производства ячеистых бетонов неавтоклавного твердения. Экспериментальные исследования охватывали изучение структуры и свойств ячеистых бетонов с использованием методов рентгеновской дифрактометрии, растровой электронной микроскопии, а также комплекса стандартизированных испытаний образцов. Все эксперименты проводились на высокотехнологичном сертифицированном оборудовании, что обеспечило необходимую точность и статистическую обоснованность полученных данных

Основные выводы, представленные в **заключении** диссертации и автореферате диссертации, отражают содержание и результаты проведенных экспериментально-теоретических исследований, раскрывают полноту решения поставленных в работе задач.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечена проведением обширного комплекса экспериментальных исследований, выполненных с применением разнообразных методик и современного сертифицированного высокотехнологичного оборудования в строгом соответствии с требованиями действующих нормативных документов и государственных стандартов Российской Федерации. Итоговые данные согласуются с общепринятыми научными положениями и не вступают в противоречие с выводами, представленными в трудах других исследователей. Проведенные эксперименты прошли апробацию как в лабораторных, так и в промышленных условиях. Выводы и рекомендации, изложенные в диссертации, получили положительную апробацию и внедрение в строительной отрасли на предприятии ООО «СТРОЙТЕХНОЛОГИЯ» (г. Белгород). Теоретические и экспериментальные положения диссертационной работы используются в учебном процессе.

Оценка публикаций автора

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. Получен патент на изобретение и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Публикации в полном объеме отражают основные положения диссертационной работы Марушко М.В.

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

1. В диссертационном исследовании в качестве воздухововлекающих добавок рассматриваются Полипласт АЭРО 815, Аэропласт и АЭРОМИКС, однако соискателем не уточняется, чем обусловлен выбор данных воздухововлекающих добавок.

2. Имеет ли место химическое воздействие воздухововлекающих добавок на реакцию гидратации цементных систем?

3. Проводился ли статистический анализ распределения частиц золуноса по форме (сферичность, угловатость) и его корреляции с реологическими свойствами смесей для подтверждения тезиса о том, что кинетика гидратации цементной смеси и кинетика набора прочности образцов цементного камня обусловлены размером и формой частиц применяемых золуноса, что приведено на странице 110 текста диссертации.

4. В разработанной технологической схеме производства изделий из термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения отсутствует механизм настройки оборудования для требуемого температурного режима в процессе приготовления ячеистобетонной смеси.

5. В п. 5.1 текста диссертации, где описан технологический процесс производства термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения, не указана продолжительность термовакuumирования ячеистобетонной смеси, а также неясно, подвергаются ли какой-либо предварительной обработке сырьевые компоненты смеси.

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общую положительную оценку работы.

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

Диссертация Марушко Михаила Викторовича представляет собой самостоятельно выполненную, завершенную научно-квалификационную работу, в которой изложено новое научно обоснованное технологическое решение по получению ячеистого бетона неавтоклавного твердения с улучшенными физико-механическими характеристиками за счет

термовакuumирования смеси в процессе формирования пористой структуры материала.

Диссертация написана грамотным техническим языком, графический материал выполнен на высоком уровне. Положения, выводы и рекомендации соответствуют цели и задачам исследования, подтверждены полученными экспериментальными данными. Работа содержит ряд новых научных результатов, имеющих существенное теоретическое и практическое значение для развития строительного материаловедения и строительной отрасли страны. Автореферат диссертации полностью отражает основное содержание диссертации.

Учитывая актуальность затронутых вопросов, научную новизну, теоретическую и практическую значимость полученных результатов, считаю, что диссертационная работа на тему «Термовакuumированный ячеистый бетон неавтоклавного твердения» соответствует критериям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Марушко Михаил Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

Официальный оппонент:

кандидат технических наук
(специальность 05.23.05 – Строительные материалы и изделия), доцент, старший научный сотрудник Сектора 12.1 «Сектор испытаний теплофизических характеристик строительных материалов» ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук»

Павленко
Наталья Викторовна

«12» ноября 2025 г.

127238, г. Москва, Локомотивный проезд, 21
Тел. +7 (495) 482-39-72
E-mail: nv-pavlenko@mail.ru

Личную подпись Н.В. Павленко удостоверяю

Заведующий отделом кадров



И.С. Расчинская