

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Рябчевского Игоря Сергеевича на тему:

«Теплоизоляционные пенобетоны на основе сухих смесей»,

представленную к защите на соискание ученой степени кандидата

технических наук по специальности

2.1.5. Строительные материалы и изделия

Актуальность. Диссертация Рябчевского Игоря Сергеевича посвящена разработке теплоизоляционных пенобетонов на основе сухих смесей – материалов, востребованных в энергоэффективном строительстве благодаря низкой теплопроводности и малой плотности. Однако широкое применение пенобетонов ограничено недостаточной материальной базой качественных сухих пенообразователей, а также необходимостью обеспечения стабильности структуры и эксплуатационных свойств материала.

Ключевой задачей является управление процессами структурообразования пенобетонов, включая рационализацию состава сухих смесей за счет механоактивации сырья и введения минеральных добавок, таких как микрокремнезем и вспученный перлитовый песок. Данные меры направлены на создание однородной пористой структуры пенобетонов, повышение прочности и сохранение теплоизоляционных свойств.

Заслуживают внимания разработанные соискателем методы фрактального анализа и цифровой обработки изображений, позволяющие количественно оценивать параметры пористости, прогнозируя функциональные характеристики материала.

Внедрение предложенных технологических решений обеспечивает производство пенобетонов с улучшенными физико-механическими свойствами, соответствующими требованиям современных строительных стандартов и способствующими снижению энергопотребления зданий, минимизации теплопотерь и повышению долговечности конструкций, что подтверждает актуальность данного исследования.

Подтверждением актуальности данного направления также служит поддержка исследований Рябчевского И.С. Программой развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова до 2021 года, НИР А54/20; Программой развития БГТУ им. В.Г. Шухова «Приоритет 2030» на 2021-2030 гг., № Пр-10/22; при финансовой поддержке в форме гранта Фонда содействия инновациям по программе «УМНИК» проект № 17343ГУ/2022, 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 теплоизоляционных пенобетонов на основе сухих смесей за счет рационального подбора сырьевых компонентов

(цемента, минеральных добавок – микрокремнезема и вспученного перлитового песка), их предварительной механоактивации для достижения удельной поверхности $700\text{--}850\text{ м}^2/\text{кг}$, перевода жидкого пенообразователя в сухое состояние гидратационным методом, применения бентонитовой глины в качестве стабилизатора пены, а также формирования однородной пористой структуры теплоизоляционных пенобетонов с полидисперсным распределением пор при создании полифазной системы композиции вяжущего и стабилизированного пенообразующего компонента, что обеспечивает низкую среднюю плотность ($202\text{--}296\text{ кг/м}^3$) и теплопроводность ($0,06\text{--}0,07\text{ Вт/(м·К)}$) материала при достаточной прочности на сжатие ($0,50\text{--}1,17\text{ МПа}$).

Установлены закономерности влияния минеральных добавок на микроструктуру цементного камня: перлит формирует механически закреплённую систему за счёт проникновения гидратных новообразований в его поры, исключая дефекты расслоения; микрокремнезем индуцирует образование низкоосновного C-S-H геля повышенной плотности, снижая содержание портландита. Совместное использование микрокремнезема и вспученного перлитового песка в цементной матрице создаёт полифазную систему (эттрингит, C-S-H гель), что повышает прочность цементного камня.

Развита система контроля и оценки качества макропористой структуры теплоизоляционных пенобетонов, в том числе с использованием методов фрактального анализа, основанная на применении аморфного углерода в качестве контрастного агента для заполнения пор, включающий бинаризацию цифровых изображений поверхности материала, где поры, заполненные углеродом, идентифицируются по интенсивности пикселей при определении параметров пористости материала. Выявлена функциональная взаимосвязь между распределением пор по размерам, их морфологией, пространственной организацией и фрактальной размерностью, позволяющие количественно оценивать степень лакуарности пористой структуры теплоизоляционных пенобетонов.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в развитии теоретических представлений о процессах структурообразования теплоизоляционных пенобетонов на основе сухих смесей с применением минеральных добавок и стабилизированных пенообразующих компонентов.

Соискателем дополнены теоретические представления о применении методов фрактального анализа для оценки качества пористой структуры теплоизоляционных пенобетонов, а также о корреляции фрактальной размерности со степенью лакуарности систем моно- и гетеродисперсной упаковки пор.

Предложены режимы механоактивации сырьевых компонентов сухих смесей, направленные на повышение реакционной способности сырья и однородности структуры. По совокупности факторов проведено ранжирование помольных агрегатов по степени повышения эффективности их использования: вибрационная мельница → вихревая струйная мельница

→ роторно-шаровая мельница. Экспериментально подтверждено, что применение роторно-шаровой мельницы обеспечивает достижение удельной поверхности сырьевых компонентов теплоизоляционных пенобетонов 700–850 м²/кг при минимальной продолжительности помола.

Обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность и эффективность применения 10 % микрокремнезема и 5 % вспученного перлитового песка в качестве минеральной добавки для теплоизоляционного пенобетона марки по средней плотности D300; 5 % микрокремнезема и 10 % вспученного перлитового песка в качестве минеральных добавок для теплоизоляционного пенобетона марок по средней плотности D200 и D250, рекомендуемых для утепления стен с несущим каркасом, чердачных перекрытий, полов по лагам, плоских кровель и мансард.

Предложены технологическая схема производства сухих пенобетонных смесей, основанная на совместном помоле компонентов в роторно-шаровой мельнице, и технологическая схема производства теплоизоляционных пенобетонов на основе разработанных сухих смесей, особенностью которой является затворение сухой смеси водой без использования пеногенератора, что упрощает процесс заливки пенобетона в производственных условиях.

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 современного состояния производства сухих строительных смесей и неавтоклавных пенобетонов. Рассмотрены особенности структурообразования, включая влияние минеральных добавок и механоактивации сырья на формирование пористой структуры. Проанализированы методы контроля и оценки качества макропористой структуры, такие как фрактальный анализ и цифровая обработка изображений.

Во второй главе представлены характеристики сырьевых компонентов и описаны методы исследований. Приведены методики анализа состава и структуры материалов, стандартизированные испытания физико-механических свойств, а также авторские подходы к оценке пористости с использованием аморфного углерода и программного анализа изображений.

Третья глава посвящена определению критериев выбора компонентов для сухих пенобетонных смесей. В рамках исследования проведен анализ эффективности различных типов пенообразователей, изучено влияние стабилизаторов на кратность и стабильность пены. Особое внимание уделено оценке воздействия режимов механоактивации сырья на технологические

свойства смесей и характеристики затвердевшего материала. Рассмотрены механизмы структурообразования цементного камня при введении микрокремнезема и вспученного перлитового песка.

Четвертая глава содержит результаты экспериментальных исследований, отражающие взаимосвязь составов сухих смесей и свойств полученных теплоизоляционных пенобетонов. Представлена рационализация рецептурно-технологических параметров, включая подбор соотношений компонентов и режимов механоактивации сырья. С использованием методов фрактального анализа и обработки изображений изучены распределение пор, их морфологические особенности и пространственная организация. Выявлены корреляции между фрактальной размерностью и степенью лакуарности пористой структуры теплоизоляционных пенобетонов.

В пятой главе предложена технология производства сухих пенобетонных смесей и изделий на их основе; обоснована технико-экономическая эффективность предложенных решений, включая снижение себестоимости; представлен перечень созданных нормативных документов, результаты внедрения разработок автора.

Автор в своих исследованиях опирается на результаты фундаментальных и прикладных исследований, проведенных отечественными и зарубежными учеными в области получения теплоизоляционных пенобетонов на основе сухих смесей. Экспериментальная часть включала анализ сухих смесей и пенобетонов на их основе с применением рентгеновской дифрактометрии, растровой электронной микроскопии и стандартизированных испытаний образцов. Структурные характеристики теплоизоляционных пенобетонов оценивались методами компьютерной обработки изображений, включая расчет фрактальной размерности пор для оценки качества макроструктуры материала.

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

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечена выполнением широкого комплекса экспериментальных исследований с применением различных методов и современного высокотехнологичного сертифицированного оборудования с учетом требований нормативной документации российских стандартов; производственными испытаниями и их положительными практическими результатами; соответствием полученных результатов общепринятым фактам и работам других авторов. 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

По материалам диссертации опубликовано 16 статей, в том числе: 2 статьи в российском журнале, входящем в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ. Получен 1 патент на изобретение и 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Публикации в полном объеме отражают основные положения диссертационной работы Рябчевского И.С.

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

1. Из текста диссертации неясно, почему при переводе жидких пенообразователей в сухое состояние для термической обработки выбраны именно 40-80°C, а не другие диапазоны температур.

2. Чем обосновано применение бентонитовых глин в качестве стабилизаторов пены? Почему не рассматривались другие добавки?

3. В п. 3.4. текста диссертации описаны режимы механоактивации сырьевых компонентов сухих смесей, однако не указано, как предотвращалось их осаждение на стенках барабана роторно-шаровой мельницы при помоле.

4. В п. 1.4.2. главы 1 текста диссертации описаны типы изображений, используемые для определения пористой структуры ячеистых бетонов. К какому типу изображений относятся фотографии поверхностей пенобетонов, приведенные в п. 4.4. текста диссертации, и с использованием какого оборудования были получены данные изображения?

5. В теоретической и практической значимости диссертационного исследования говорится о корреляции фрактальной размерности со степенью лакунарности систем моно- и гетеродисперсной упаковки пор. Следовало бы в тексте диссертации и автореферата более подробно отразить, что понимается под степенью лакунарности пористой структуры теплоизоляционных пенобетонов, и в чем именно она выражается.

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

Научно-исследовательская работа Рябчевского Игоря Сергеевича представляет собой самостоятельно выполненную, завершенную научно-квалификационную работу, в которой изложено новое научно обоснованное технологическое решение по получению теплоизоляционных пенобетонов на основе сухих смесей за счет рационального подбора сырьевых компонентов, их предварительной механоактивации, перевода жидкого пенообразователя в

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.

Официальный оппонент:

(специальность 05.23.05 – Строительные материалы 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»

H. R.

Павленко
Наталья Викторовна

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

« 12 » 05 2025 г.

Личную подпись Н.В.Павленко удостоверяю

Заведующий отделом кадров

И.С. Расчинская



ЗАВ.ОТДЕЛОМ КАДРОВ
НИИСФ РААСН
РАСЧИНСКАЯ И.С.