

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Рябчевского Игоря Сергеевича
«Теплоизоляционные пенобетоны на основе сухих смесей», представленную
на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной
специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки)

На отзыв были представлены:

- диссертационная работа, состоящая из введения, 5 глав, приложений, списка литературы, содержащего 208 наименований, объем работы 217 страниц машинописного текста с 58 рисунками и 38 таблицами;
- автореферат диссертации на 20 страницах.

Актуальность темы исследования

Актуальность темы исследований обусловлена необходимостью снижения энерго- и ресурсопотребления в строительстве. Решением этой проблемы является применение теплоизоляционных пенобетонов на основе сухих смесей. Исследование данных технологических подходов соответствует приоритетам «зеленого» строительства и государственных программ по энергосбережению, направленных на создание экологичных зданий.

Теплоизоляционные пенобетоны на основе сухих смесей обладают значительным потенциалом для снижения энергопотребления зданий, однако их широкое применение сдерживается технологическими ограничениями, такими, как сложность стабилизации пенообразователей в сухом состоянии, неоднородность структуры и недостаточная прочность при низкой плотности.

Особую важность представляет разработка методов оптимизации состава и технологических процессов, включая механоактивацию сырья и введение минеральных добавок, которые обеспечивают формирование однородной пористой структуры. Совершенствование этих процессов позволяет не только повысить механическую прочность материала, но и сохранить его низкую

теплопроводность, что важно для обеспечения энергоэффективности ограждающих конструкций зданий.

Вышеизложенное дает основание утверждать, что исследования, которым посвящена диссертационная работа Рябчевского И. С., являются актуальными, важными и значимыми.

Общая характеристика работы

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

В первой главе представлен обзор рынка сухих строительных смесей. Рассматриваются вопросы повышения эффективности пенобетонов на основе сухих смесей, методы контроля и оценки качества пористой структуры материалов, включая использование фрактального анализа. Особое внимание уделено анализу механизмов повышения эффективности производства теплоизоляционных пенобетонов.

Во второй главе описаны характеристики вяжущих материалов, модификаторов, методы исследования.

Третья глава посвящена обоснованию выбора компонентов при создании сухих пенобетонных смесей. Автором установлены закономерности влияния компонентов и технологических параметров на свойства сухих пенобетонных смесей. Выявлено, что синтетический пенообразователь ПО-6 НП при концентрации 4% обеспечивает максимальную кратность пены. Установлена оптимальная концентрация пенообразователя ПО-6НП, составляющая 3% и обеспечивающая максимальную кратность пены. Bentonитовая глина ТОО «ТАГБЕНТ» при дозировке до 3 мас. % подтвердила свою эффективность как стабилизатор, снижая водоотделение до 33,4%.

Анализ влияния минеральных добавок выявил, что перлит, несмотря на

снижение средней плотности пенобетона на 5-8%, повышает гигроскопичность смеси, что диктует необходимость корректировки водоцементного отношения до 0,35. Микрокремнезем, вводимый в количестве 1-5%, за счет пуццолановой активности увеличивает прочность на сжатие на 10-15%, формируя плотную матрицу с ультрадисперсными частицами (0,1-0,5 мкм). При этом его шарообразная морфология минимизирует влияние на реологию, что делает его предпочтительным для структурного упрочнения.

Исследования процесса помола подтвердили превосходство роторно-шаровой мельницы, обеспечивающей удельную поверхность 883 м²/кг и прочность 90,5 МПа, что на 15,8% выше результатов, полученных при помоле в вибрационной мельнице.

Использование суперпластификатора Elocrete продемонстрировало наибольшую эффективность, повысив прочность на 15,9% за счет улучшенной дисперсности частиц и снижения водоцементного отношения. На основе представленных данных по совокупности факторов произведено ранжирование помольных агрегатов по степени повышения эффективности их использования: вибрационная мельница → вихревая струйная мельница → роторно-шаровая мельница.

Исследования структурообразования, проведенные диссертантом, позволили выявить влияние компонентов на фазовый состав и микроструктуру цементной матрицы. Установлено, что перлит формирует механически закрепленную систему за счет проникновения гидратных новообразований в его поры. Добавка микрокремнезема способствует образованию низкоосновного C-S-H геля, снижая содержание портландита. Взаимодействие компонентов создает многофазную систему (этtringит, C-S-H гель), что способствует повышению прочности и снижению усадочных деформаций цементного камня.

В четвертой главе представлены результаты проектирования рецептурно-технологических факторов производства теплоизоляционных пенобетонов на основе сухих смесей. Значительное внимание уделено совершенствованию системы контроля макропористой структуры с применением методов

фрактального анализа. Представлены результаты количественной и морфологической оценки пористости, выявлены взаимосвязи фрактальной размерности со степенью лакунарности систем моно- и гетеродисперсной упаковки пор.

В пятой главе предложены технологические решения по совершенствованию схемы производства сухих смесей и теплоизоляционных пенобетонов на их основе, проведено технико-экономическое обоснование эффективности предложенных мероприятий. Приведены результаты апробации разработок и их внедрения в производство; представлен перечень созданных нормативных документов, результаты внедрения разработок автора.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты исследования. Приводятся рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Обоснованность 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.

Цели и задачи, поставленные автором в диссертационной работе, сформулированы грамотно. Выводы по главам и заключение научно обоснованы, убедительны и отражают суть выполненных исследований. Автором проведен большой объем научных исследований. Определены перспективы дальнейших исследований.

Результаты работы прошли апробацию на конференциях различного уровня. Сформулированные соискателем в диссертационной работе научные положения,

выводы и рекомендации в достаточной степени подтверждаются результатами большого объема экспериментальных исследований. На основании вышеизложенного степень обоснованности и аргументации научных положений, заключения и рекомендации не вызывает сомнений.

Основные положения, выводы и рекомендации диссертационного исследования Рябчевского Игоря Сергеевича обладают научной новизной, высокой степенью обоснованности и достоверности.

Научная новизна

Соискателем 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 ($0,06\text{--}0,07\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) 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 закрепленную систему за счет 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 создает полифазную систему (этtringит, C-S-H гель), что повышает прочность цементного камня.

Дополнена система контроля и оценка 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, включающая 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, позволяющая количественно оценивать степень лакуарности пористой структуры теплоизоляционных пенобетонов.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы

Дополнены теоретические представления о процессах структурообразования теплоизоляционных пенобетонов на основе сухих смесей с применением минеральных добавок и стабилизированных пенообразующих компонентов.

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.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационного исследования, выводы и рекомендации, сформулированные автором, свидетельствуют о возможности их применения на предприятиях по производству сухих пенобетонных смесей и изделий на их основе.

Теоретические положения диссертационной работы и результаты экспериментальных исследований могут быть рекомендованы для внедрения в учебный процесс при подготовке бакалавров и магистрантов по направлению «Строительство».

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

В процессе обсуждения работы сделаны следующие замечания.

1. В диссертационном исследовании в качестве пенообразователей рассматриваются синтетический «ПО-6НП» и белковый «Эталон», однако автором не уточняется, чем обусловлен выбор данных пенообразователей.

2. В пункте 4.4 текста диссертации не указаны минимальные диаметры пор пенобетона, а также влияния их пространственной организации на степень достоверности качественной оценки пористой структуры материала методом анализа изображений с использованием аморфного углерода.

3. В пункте 4.5.2. текста диссертации описано применение губки Менгера для определения фрактальной размерности кубической структуры ячеистых бетонов, однако не представлены результаты данных исследований.

4. На рисунке 4.29 текста диссертации и рисунке 11 текста автореферата не приведены доверительные интервалы для значений фрактальной размерности.

5. На рисунке 5.1 главы 5 текста диссертации приведена технологическая схема производства сухих пенобетонных смесей, однако на данной схеме отсутствует этап перевода жидкого пенообразователя в сухое состояние.

Отмеченные замечания не снижают значимости представленных автором результатов и общей положительной оценки диссертационной работы Рябчевского Игоря Сергеевича.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным

Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Рябчевского Игоря Сергеевича является самостоятельно выполненной актуальной научно-квалификационной работой. Она содержит научную новизну, практическую ценность и в ней на основе выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические решения, обеспечивающие получение теплоизоляционных пенобетонов на основе сухих смесей. Указанные решения имеют существенное значение для развития строительного материаловедения.

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Диссертация имеет прикладной характер, результаты проведенного исследования находят применение при выборе технологических решений для

создания сухих пенобетонных смесей.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с существующими нормативными требованиями. Автореферат отражает содержание диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Теплоизоляционные пенобетоны на основе сухих смесей» отвечает требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Рябчевский Игорь Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки).

Официальный оппонент,

доктор технических наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), профессор, заведующий кафедрой «Управление качеством»



Логанина Валентина Ивановна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» (Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, ПГУАС)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28

Тел.: +7 (909) 316-99-50

e-mail: loganin@mail.ru

Личную подпись Логаниной Валентины Ивановны заверяю

Проректор по научной работе

12.05.2025 г.



А.Н. Сафьянов