

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

профессора, доктора технических наук

Загороднюк Лилии Хасановны

на диссертационную работу **Прищепа Инги Александровны**

**«Пенобетон неавтоклавного твердения с дисперсными добавками
и однородной пористой структурой»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.1.5 – Строительные материалы и изделия

На отзыв представлены:

- диссертация, состоящая из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложений на 144 страницах компьютерной верстки, включающая 51 рисунок, 32 таблицы, три приложения (на 4 страницах) и список литературы из 196 наименований;
- автореферат диссертации – на 24 страницах машинописного текста.

Актуальность работы

Для выполнения важного национального проекта России «Жилище и городская среда» к 2030 году необходимо увеличение доли малоэтажного жилищного строительства в общем объеме строительства до 40%. Одним из наиболее перспективных материалов для реализации данного проекта является неавтоклавный пенобетон, применяемый во многих регионах России с различными климатическими условиями. Несмотря на высокие теплофизические показатели неавтоклавного пенобетона, проблема получения прочного долговечного композита с оптимальной поровой структурой весьма актуальна. Пенобетон с высокими показателями качества возможно изготовить направленной модификацией бетонной смеси за счет использования модифицирующих добавок, которые способствуют формированию стабильности пенобетонной смеси при одновременном увеличении физико-механических свойств затвердевшего пенобетона.

Представленные в работе новые технологические решения получения эффективного пенобетона с использованием дисперсных термомодифицированных торфяных добавок и золы-уноса являются весьма актуальными, особенно для районов страны с экстремальными природными условиями.

Диссертационная работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект FEMN-2022-0001).

Общая характеристика работы

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, определены основные положения, выносимые на защиту, представлены сведения о степени достоверности, апробации и внедрении полученных результатов.

В первой главе приведен аналитический обзор работ по теме исследований в

области применения модифицирующих добавок для управления процессами структурообразования и достижения повышенной однородной структуры пенобетонов, а также имеющихся технологических разработок для получения пенобетонов неавтоклавного твердения с повышенными показателями качества.

На основании проведенного анализа литературных источников соискатель убедительно формулирует цель и задачи научных исследований.

Во второй главе приведены характеристики используемых в работе сырьевых материалов: портландцемента ООО «Топкинский цемент», кварцево-полевошпатового песка Кудровского месторождения, трех видов синтетических пенообразователей: «Бенотех ПБ-С», «Пеностром» и «ПБ-Люкс». В качестве дисперсных добавок применялись термомодифицированные торфяные добавки трех разновидностей (ТМТ400, ТМТ600 и ТМТ 800) и зола-унос от сжигания каменных углей Кузнецкого бассейна с ТЭЦ-5 г. Новосибирска.

В работе использованы физико-химические и физико-механические методы исследования с применением поверенных средств измерений, аттестованного оборудования и стандартных методик, отвечающим требованиям государственных стандартов. Для изучения свойств пенобетонов соискатель использовал авторские методики.

В третьей главе приведены результаты исследований по влиянию добавок на свойства пен и цементных композиций. Представлены сравнительные результаты влияния различных пенообразующих добавок на кратность и стойкость пен, а также термомодифицированных торфяных добавок с различными дозировками на свойства формирующихся пен: стойкость, кратность и плотность. Изучена микроструктура пен с термомодифицированными торфяными добавками и установлено, что микрочастицы торфа интенсивно мигрируют по границам раздела пены и формируют агрегаты достаточно крупных размеров, особенно в узлах ребер Плато. Проведенные исследования позволили установить, что добавка ТМТ600 концентрируется на границах раздела фаз пенообразователя, где сосредоточена наибольшая энергия сил поверхностного натяжения. При увеличении концентрации этой добавки в узлах и на поверхности границы раздела фаз пены повышается ее устойчивость. Форма структурных ячеек пены имеет вид многогранников в форме пяти- и шестиугольников. Со временем, вследствие синерезиса и внутренних взаимодействий в системе, происходит уплотнение объемной пенной сетки с отделением жидкости через каналы Плато-Гиббса. В конечном счете добавка с поглощенной жидкостью распределяется в узлах, тем самым уплотняя микроструктуру и повышает устойчивость пены. Приведены результаты влияния золы-уноса на свойства пен. Проведены исследования по влиянию дисперсных термомодифицированных торфяных добавок и золы-уноса на свойства цементного теста и камня. Установлено, что наиболее эффективным пенообразователем в исследуемых системах является пенообразователь Бенотех-ПБ-С. Соискателем доказана возможность и целесообразность использования термомодифицирующей торфяной добавки для улучшения реологических характеристик теста и получения цементного камня с

повышенной прочностью при сжатии на 15%. Исследования микроструктуры цементного камня с термомодифицированными торфяными добавками свидетельствуют о получении однородного микропористого материала с равномерно распределенной кристаллической фазой, представленной плотно упакованными гидратами. Результаты рентгенофазового анализа убедительно свидетельствуют о высокой степени гидратации портландцемента в совокупности с термомодифицированной торфяной добавкой.

Четвёртая глава посвящена исследованию пенобетонной смеси и пенобетона с дисперсными добавками. Автором проведен подбор состава модифицированного пенобетона в соответствии с нормативными требованиями. Посредством метода математического планирования эксперимента проведена оптимизация технологических параметров по водо-твердому отношению компонентов, расходу термомодифицированной торфяной добавки и дозировки пенообразователя. Получена модель процесса и номограммы для технологического регулирования процесса получения качественного пенобетона. Методом электронной микроскопии изучены особенности формирования структуры пенобетона с дисперсными добавками. Соискателем установлено, что пенобетон с термомодифицированной торфяной добавкой имеет мелкопористую структуру с содержанием пор размером 0,7 мм до 80% и выраженное сужение плотности распределения анализируемой случайной величины по мере увеличения размера локального объема. Особого внимания заслуживает применяемый автором метод компьютерной томографии, с помощью которого исследованы структуры пенобетонов разработанных составов и проведена оценка параметров структурных фрагментов. Разработан алгоритм и его программная реализация в MathCad для оценки степени однородности пористой структуры пенобетона по локальным объемам и проведена его апробация на образцах пенобетона с добавками. Полученные результаты рекомендуется использовать при совершенствовании технологии производства цементных пенобетонов с дисперсными добавками, характеризующихся улучшенными технологическими, физико-механическими и эксплуатационными показателями: класс пенобетона – 2,5; морозостойкость – F75; усадка при высыхании – 1,7 мм/м; коэффициент теплопроводности в сухом состоянии – 0,1 Вт/(м°С).

В пятой главе приводится технико-экономическое обоснование производства пенобетона с дисперсными добавками, включающее описание технологической схемы изготовления пенобетонных изделий по двум способам применения дисперсных добавок: с использованием термомодифицированной торфяной добавки и золы-унос, а также технико-экономическая эффективность пенобетона с дисперсными добавками. Показана экономическая эффективность использования термомодифицированной торфяной добавки ТМТ600 в составе пенобетона, обеспечивающая экономию дорогостоящего энергоемкого портландцемента. Применение пенобетона неавтоклавного твердения с использованием термомодифицированной торфяной добавки ТМТ600 в малоэтажном строительстве обеспечит экономичность по производственным и

эксплуатационным затратам, повысит сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, тем самым снизит теплопроводность на 34,8% и сократит ежегодные затраты на отопление. Приведены результаты производственной апробации разработанных составов и технологических приемов производства пенобетонов. Промышленная апробация подтвердила достоверность полученных результатов исследований, что позволяет рекомендовать их к внедрению.

В заключении сформулированы выводы и рекомендации по практическому применению результатов работы при производстве пенобетонов в малоэтажном строительстве.

Внедрение результатов диссертационного исследования Прищепа Инги Александровны осуществлено на ООО «Золотые ворота» и при возведении жилого дома.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Основные научные положения, выводы и рекомендации, изложенные в работе, достаточно обоснованы.

Целенаправленный анализ состояния проблемы позволил автору сформулировать основные направления теоретических и экспериментальных исследований и предложить научно обоснованные технологические решения управления процессом структурообразования пенобетона неавтоклавного твердения с однородной пористой структурой с преимущественным размером пор до 0,5 мм путем введения в смесь дисперсной добавки ТМТ600, что обеспечило снижение коэффициента теплопроводности на 34,8 % (0,11 Вт/м °С) и повысить марку по морозостойкости до F75 с сохранением марки пенобетона по средней плотности D700. Соискателем установлены закономерности влияния добавки ТМТ600 на процессы начального структурообразования пенобетонной смеси, свидетельствующие о повышении пластической прочности через три часа твердения на 65%, а в проектном возрасте 28 суток прочность при сжатии пенобетонов увеличивается на 52,3% при снижении усадочных деформаций на 70% в сравнении с контрольными составами. Проведенные автором исследования позволили установить, что при введении в пену добавки ТМТ600 происходит адсорбция твердых частиц на границе раздела фаз и уплотнение пленки, что приводит к стабилизации пены и ее стойкости, а не адсорбированная доля добавки коагулирует каналы Плато-Гиббса, тем самым обеспечивая уплотнение межпоровых перегородок.

Цели и задачи, поставленные автором в диссертационной работе, последовательны и логичны. Выводы по главам, основные выводы и заключение по диссертации научно обоснованы, убедительны и отражают суть выполненных исследований. Автором проведен значительный объем экспериментальных и теоретических исследований. Определены перспективы дальнейшей работы.

Результаты, полученные в процессе выполнения диссертации, обсуждались на Международных и Российских конференциях, прошли опытно-промышленные испытания и внедрены в производство.

Таким образом, можно констатировать, что сформулированные соискателем в диссертационной работе научные положения, выводы и рекомендации в достаточной степени подтверждаются результатами экспериментальных исследований. Степень обоснованности и аргументации научных положений, заключения и рекомендаций не вызывают сомнений.

Вышеизложенное позволяет утверждать, что основные положения, выводы и рекомендации диссертационного исследования Прищепа Инги Александровны подтверждают научную новизну, высокую степень обоснованности и достоверности.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Изложенные в диссертации положения базируются на общепринятых подходах строителного материаловедения, физики, химии и кристаллоэнергетики. Результаты исследований дисперсных минеральных добавок, а также их влияние на структурообразование модифицированного цементного камня и пенобетона получены с использованием современного высокотехнологичного аттестованного оборудования, а также планирования экспериментов и статистического анализа результатов. Теоретические гипотезы согласуются с экспериментальными результатами, в том числе, с результатами, полученными другими авторами. Экспериментальные исследования выполнялись с использованием современных методов, в том числе с применением качественного и количественного элементного анализа, рентгенографического, термогравиметрического, микроструктурных методов анализа. Исследования пористой структуры образцов проводилось методом рентгеновской компьютерной томографии.

Новизна диссертационной работы состоит в разработке научно-обоснованного технологического решения, заключающегося в управлении процессом структурообразования пенобетона неавтоклавного твердения с однородной пористой структурой с преимущественным размером пор до 0,5 мм путем введения в смесь дисперсной добавки ТМТ600, что позволяет снизить коэффициент теплопроводности на 34,8% (0,11 Вт/м°C) и повысить марку по морозостойкости до F75 с сохранением марки пенобетона по средней плотности D700.

Установлены закономерности влияния добавки ТМТ600 на процессы начального структурообразования пенобетонной смеси (повышение пластической прочности через три часа твердения на 65%), и в проектном возрасте 28 суток (прочность при сжатии пенобетонов увеличивается на 52,3 %) при снижении усадочных деформаций на 70% в сравнении с контрольными составами.

Установлено, что при введении в пену добавки ТМТ600 происходит адсорбция твердых дисперсных частиц на границе раздела фаз и уплотнение

пленки, что препятствует разрушению пены и приводит к увеличению ее стойкости. При этом не адсорбированная часть добавки располагается на пузырьках в межпузырьковом пространстве, что обеспечивает кольматацию каналов Плато-Гиббса с формированием плотной упаковки твердых частиц и приводит к существенной стойкости структуры пены.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований

Дополнены теоретические и методологические знания по управлению структурой пенобетона неавтоклавного твердения с дисперсными добавками, полученными на основе термомодифицированного торфа и золы-уноса.

Обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность и эффективность применения дисперсной добавки, полученной на основе термомодифицированного торфа и золы-уноса, для получения пенобетона неавтоклавного твердения с высокими показателями качества: класс бетона В 2,5, морозостойкость F75, коэффициент теплопроводности 0,11 Вт/м^{°С}, с сохранением марки по средней плотности D700.

Разработаны алгоритм и его программная реализация в MathCad для оценки степени однородности пенобетона по пористости и по локальным объемам, проведена его апробация на образцах пенобетона с применением метода компьютерной томографии.

Разработаны технические условия и технологический регламент для промышленного выпуска блоков стеновых из конструкционно-теплоизоляционного пенобетона с дисперсной добавкой.

Проведена опытно-промышленная апробация результатов исследования и осуществлено внедрение практических рекомендаций в ООО «Золотые ворота».

Оценка публикаций автора

По материалам исследований опубликовано 27 работ с участием автора, в том числе 5 статей в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ, 8 статей в журналах, индексируемых базами данных Scopus, Web of Science. Получен патент на изобретение, разработана и проведена государственная регистрация программы для ЭВМ. Публикации в полном объеме отражают основные положения диссертационной работы Прищепа Инги Александровны.

Замечания по диссертационной работе

Оценивая положительно диссертационную работу Прищепа И. А., считаю необходимым отметить следующие замечания:

1. Из диссертации не понятно обоснование выбора применяемых дисперсных добавок: термомодифицированных торфяных и золы-уноса. Указанные добавки имеют различную удельную поверхность: ТМТ600 – 600 м²/кг, а зола-унос – 260 м²/кг. Предусматривалась ли дополнительная активация?

2. При проведении исследований используются термомодифицированные торфяные добавки, однако не приводятся нормативные документы на эти добавки ТМТ 400, ТМТ600 и ТМТ 800. В тексте диссертации (стр. 31) указано, что в зависимости от температуры тепловой обработки торфа добавки классифицируются на четыре типа, а четвертый тип не приведен.

3. Как следует из диссертации (стр. 71 – 73) повышение прочности модифицированного цементного камня происходит по причине взаимодействия портландита с функциональными группами органоминеральных комплексов добавки ТМТ600 с образованием новых фаз (дополнительные пики на рентгенограмме) и увеличения содержания низкоосновных гидросиликатов кальция. Вопрос - идентифицируются новые фазы или их количество увеличивается?

Замечания не снижают научную и практическую значимость работы, носят рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней»

На основании изложенного можно сделать вывод, что в целом диссертационное исследование Прищепа Инги Александровны на тему «Пенобетон неавтоклавного твердения с дисперсными добавками и однородной пористой структурой» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, выполненную на хорошем научном уровне. В ней содержится решение актуальной задачи получения пенобетона неавтоклавного твердения с дисперсными добавками и однородной пористой структурой. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики, расширяют представление о влиянии дисперсных добавок на основе модифицированного торфа и золы-уноса и способствуют получению пенобетонов с однородной пористой структурой и высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Отмеченные замечания не меняют положительного мнения о диссертационной работе в целом.

Содержание диссертации изложено в логически-последовательной форме, грамотным русским языком, принятым в научной литературе. Графический материал выполнен на высоком уровне. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

В целом диссертационная работа является законченным научным исследованием, имеющим научную новизну и практическую полезность, что соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции Правительства Российской Федерации), предъявляемых к работам, представленным на соискание степени кандидата технических наук по

специальности 2.1.5 «Строительные материалы и изделия», а ее автор Прищепа Инга Александровна заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 «Строительные материалы и изделия».

Официальный оппонент:

доктор технических наук

научная специальность 2.1.5
—«Строительные материалы и
изделия»,

профессор, профессор кафедры
«Строительного материаловедения,
изделий и конструкций»

ФГБОУ ВО «Белгородский
государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова»

Телефон +7(980)5244712

E-mail: lhz47@mail.ru

Загороднюк
Лилия Хасановна

Подпись профессора Загороднюк Л.Х.  заверяю.
Начальник управления кадров
ФГБОУ ВО БГТУ им. В.Г. Шухова

Байдина О.В.

Сведения об организации:
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный
технологический университет им. В.Г. Шухова»
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
Тел.: 8(4722) 558201,
E-mail: smik@bstu.ru