

ОТЗЫВ

официального оппонента Жабина Дмитрия Владимировича
по диссертационной работе Касумова Аяза Шахина Оглы на тему:
**«ПЕНОБЕТОН С ПОВЫШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ
СВОЙСТВАМИ»**, представленной на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности 05.23.05 - Строительные ма-
териалы и изделия

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, 2 приложений. Работа изложена на 143 страницах машинописного текста, включающего 33 рисунков, 25 таблиц, 204 наименования литературных источников.

Актуальность темы. Неавтоклавный пенобетон получает все более широкое применение в жилищном строительстве в качестве ограждающих конструкций. Обладая высоким уровнем теплофизических свойств, надежностью, включая долговечность, простой технологией и невысокими производственными затратами ячеистый бетон неавтоклавного твердения характеризуется высокими деформациями усадки, приводящими к трещинообразованию, снижению прочности и морозостойкости, а также повышению теплопроводности и водопоглощения. Поэтому диссертационная работа Касумова Аяза Шахина Оглы, посвященная разработке состава и оптимальной структуры пенобетона с повышенными эксплуатационными свойствами является, несомненно, актуальной.

Решение означенной проблемы получения эффективного с повышенными эксплуатационными свойствами теплоизоляционного материала в виде пенобетона неавтоклавного твердения на основе цементного вяжущего вещества в рецензируемой работе обеспечивается стабилизацией пенобетонной смеси и оптимизацией его структуры полифункциональными с пролонгированным действием минеральными и химическими добавками-модификаторами с синергетическим и расширяющимся эффектами действия.

Новизна исследований и полученных результатов достигнута разработкой теоретических положений формирования оптимальной структуры путем применения разнодисперсных минеральных добавок индивидуально и в комплексе с химическими модификаторами для обеспечения высокой концентрации твёрдой фазы в единице объема и соответственно повышения прочности и других строительно-технических свойств (далее СТС) пенобетона. Стабилизация пены обеспечивается применением высокодисперсного микрокремнезема, повышающего поверхностное натяжение пленки пузырьков воздуха за счет высокого капиллярного потенциала и препятствующего стеканию жидкости через каналы Гиббса-Плато на площадки Плато, а также использованием высокоэффективного, обладающего расширяющимся эффектом, ускорителя твердения АС, применение которого обосновано законом Шульце-Гарди.

В первой главе на основании анализа научно-технических источников предложена рабочая гипотеза, сущность которой заключается в следующем. Основным недостатком ячеистых бетонов неавтоклавного твердения являются высокие усадочные деформации, формирующие в бетоне собственное поле растягивающих напряжений, способствующих трещинообразованию и приводящих к ухудшению таких показателей качества как прочность, теплопроводность, водопоглощение, морозостойкость и паропроницаемость. Диссертантом разработано предположение, что улучшение СТС пенобетона возможно путём модифицирования состава пенобетонной смеси комплексными химическими добавками: суперпластификаторами и ускорителем твердения АС, обладающими расширяющим эффектом и тонкодисперсными минеральными модификаторами структуры и свойств, обеспечивающими многоуровневую оптимизацию дисперсного состава. Принятые и исследованные в работе виды и параметры химических и минеральных модификаторов позволят получить неавтоклавный пенобетон, обладающий низкими значениями деформации усадки, а также повышенными прочностными и другими эксплуатационными характеристиками.

Во второй главе (методика исследований и материалы) диссертант изложил обоснование выбора видов материалов для экспериментальных работ и результаты определения их основных свойств, а также стандартного и оригинального оборудования, в т.ч. для изучения структуры пенобетона, обеспечивающего достоверность результатов исследований с вероятностью 0,95. Приводятся подробные методики проведения экспериментальных работ.

В третьей главе диссертант приводит теоретическое обосновывание выбора компонентов для пенобетона, обеспечивающих высокие устойчивость и коэффициент использования пены, оказывающих значимое влияние на его качество. Означенные теоретические исследования подтверждены результатами экспериментальных работ.

Необходимо отметить подробный теоретический анализ, выполненный диссертантом, по выбору разнодисперсных минеральных модификаторов (доменный гранулированный шлак, метакаолин (МБ-Б-II-2) и микрокремнезем) для оптимизации дисперсного состава пенобетона на различных структурных уровнях, обеспечивающих значимое повышение концентрации твердой фазы в единице объема, плотности и прочности (в 2-3 раза) матрицы.

Экспериментальные исследования по определению оптимального содержания модификаторов структуры и свойств выполнены с использованием мелкозернистого бетона, с целью исключения факторов наиболее значимо влияющего на результаты испытаний (пены, коэффициента использования пены и средней плотности пенобетона). Очевидно, что означенные исследования характеризуются высокой достоверностью полученных результатов и позволили диссертанту с хорошим научным обоснованием подойти к проектированию состава пенобетона для экспериментальных работ.

С использованием оптимального содержания принятых модификаторов разработан состав пенобетона со сниженным на 84 кг/м^3 расходом портландцемента относительно контрольного состава. Прочность пенобетона

марки по средней плотности D400 с химико-минеральной модификацией структуры после ТВО и твердения в НУ в контрольные сроки испытания превышает прочность контрольного состава в 2 раза. Деформация усадки пенобетона оптимального состава уменьшается относительно контрольного состава в 4 раза и находится на уровне деформаций усадки газобетона автоклавного твердения. Таким образом, выполненные диссертантом экспериментальные исследования подтвердили высокую эффективность, разработанных теоретических положений о необходимости многоуровневой оптимизации дисперсного состава пенобетона минеральными добавками индивидуально и в комплексе с химическими модификаторами.

Получены математические модели свойств (прочность, теплопроводность) и оптимизирован состав пенобетона в зависимости от количества тонкодисперсного доменного шлака, микрокремнезема, метаксаолина и комплексного химического модификатора.

В четвёртой главе рассматриваются научные положения по трёхуровневой оптимизации дисперсного состава пенобетона путем применения минеральных модификаторов различной дисперсности. Это обеспечивает высокую концентрацию твердой фазы в единице объема матрицы за счет рационального дисперсно-гранулометрического состава пенобетона, прочность матрицы, а также низкие значения деформации усадки. Такие параметры компонентов пенобетона уменьшают межчастичную пустотность на 9-12 %, повышают прочность в 2 раза, водостойкость на 12 %, а также обеспечивают значимое снижение водопоглощения (до 2 раз), коэффициента теплопроводности (на 26,5...27 %) и деформации усадки (в 4-5 раз).

В процессе исследований диссертантом установлено, что введение в дисперсный состав пенобетона тонкодисперсного доменного шлака со смешанным состоянием (аморфное и кристаллическое в плотном контакте) и высокодисперсного в основном аморфного строения микрокремнезема, выполняющих роль «рассеивающих экранов» для фононов, значительно снижает теплопроводность пенобетона. Его значение снижается также за счёт формирования однородной тонкодисперсной ячеистой структуры с равномерно распределенными пузырьками воздуха диаметрами от 20 до 200 мкм, исключая конвективную составляющую. Такая структура пены образуется в результате применения микрокремнезема и ускорителя твердения АС, стабилизирующих ее состояние. Размеры ячеек пенобетона контрольного состава составляют 30-625 мкм.

Структурными исследованиями, выполненными с использованием современного оборудования, подтверждено, что в пенобетоне модифицированном комплексом минеральных и химических добавок, принятых в работе, обеспечивается формирование плотной структуры межпоровых перегородок, состоящих из низкоосновных гидросиликатных фаз кальция, эттрингита, снижающего за счет нанометрового игольчатого строения деструктивные процессы на начальной стадии синтеза прочности цементного камня, портландита и др. Минимальная толщина перегородок между ячейками модифицированного пенобетона составляет 23,3-24,8 мкм, контрольного состава -

40,2-42,8 мкм, т.е. показано, что параметры структуры ячеек (уменьшение размера пузырьков воздуха в 1,5-3 раза, толщины перегородок в 2 раза и значимое повышение концентрации твердой фазы в единице объема) модифицированного пенобетона и обеспечивают повышение его прочности более чем в 2 раза относительно контрольного состава.

В пятой главе приводится технология получения модифицированного пенобетона с рациональным дисперсным составом, а также результаты его промышленного внедрения в ООО «МЦМ-стоун». В опытной партии было изготовлено 28 тыс. шт. или 250 м³ пенобетонных блоков, использованные при строительстве жилого дома в Московской области.

Эффективность, принятых решений, оценена на примере завода по производству модифицированного пенобетона с рациональным дисперсным составом мощностью 200 тыс. м³ в год, которая по капиталовложениям составляет более 290 млн. руб.

Новизна исследований и полученных результатов. Разработаны научные основы создания рационального дисперсного состава неавтоклавного модифицированного пенобетона путем многоуровневой оптимальной упаковки частиц твёрдых компонентов с минимальной толщиной прослойки цементного камня, обеспечившего максимально стеснённые условия формирования структуры плотных перегородок, а также высокую прочность, низкие теплопроводность и усадку неавтоклавного пенобетона.

Теоретически обосновано введение в состав пены микрокремнезёма, а в состав пенобетонной смеси тонкодисперсного шлака, комплексного модификатора с ускорителем твердения, обеспечивших повышение прочности неавтоклавного пенобетона более, чем в 2 раза, снижение теплопроводности на 25 %, усадки - более, чем в 4 раза.

Установлено, что введение микрокремнезема в пену повышает устойчивость и улучшает ее реологические свойства, которая после перемешивания с модифицированной ускорителем твердения пенобетонной смесью обеспечивает получение однородной массы, способной к оптимально быстрому схватыванию и темпу роста прочности с тонкими, плотными и прочными перегородками между тонкодисперсными воздушными ячейками.

Получены математические модели свойств и оптимизирован состав пенобетона в зависимости от количества тонкодисперсного доменного шлака и комплексного модификатора.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций:

Проведение исследований осуществлялось с применением современного оборудования и аналитических способов изучения структурных характеристик цементного камня, растворов и бетонов, а также методик действующих ГОСТ. Использованные в работе приборы и оборудование аттестованы, прошли поверку и удовлетворяют требованиям действующих стандартов.

Диссертант выполнил экспериментальную часть работы с использованием прецизионной современной аппаратуры, компьютерных программ, статистических методов оценки результатов исследований, обеспечивающих до-

стоверность сформулированных выводов и рекомендаций, характеризующихся несомненной новизной.

Научные положения обоснованы и разработаны с использованием физико-химической механики, основных законов термодинамики, молекулярной физики, а также анализа данных, содержащихся в современных научно-технических источниках других авторов, экспериментальных результатов исследований настоящей работы, а также методов математического планирования эксперимента.

Высокая степень достоверности результатов обеспечивается статистическими методами обработки данных, аттестованным лабораторным оборудованием, стандартными методами испытаний и современными аналитическими способами определения свойств материалов.

Практическая значимость работы:

- Разработаны технология получения и составы эффективного модифицированного пенобетона с рациональным дисперсным составом марки по средней плотности D400, имеющий в возрасте 28 суток следующие свойства: среднюю плотность – 389 кг/м³; предел прочности при сжатии – 3,22 МПа, класс по прочности - В2,5; марку по морозостойкости - F75; влажность по массе в возрасте 180 суток - 5,14 %; коэффициент теплопроводности, - 0,08 Вт/(м·С) усадку в возрасте 180 сут. - 0,64 мм/м; водопоглощение по массе – 29,2 %; коэффициент размягчения – 0,84.

- Разработаны технические условия: «Модифицированный пенобетон с рациональными параметрами компонентов состава. ТУ 5741-005-29888514-2016», утвержденные ООО «Инновационный ресурс».

Внедрение результатов исследований осуществлено в ООО «МЦМ-стоун». Изготовлено 28 тыс. шт. или 250 м³ пенобетонных блоков с маркой по средней плотности D400, которые были использованы при строительстве жилого дома в Московской области.

На основании вышеизложенного следует отметить, что диссертант обладает профессионализмом в исследованиях пенобетона с оптимизированной структурой разнодисперсными минеральными модификаторами и химическими добавками, с целью значимого повышения его эксплуатационных свойств, а также умеет правильно использовать основные результаты работ ведущих отечественных специалистов в данной области: Т.А. Уховой, А.П. Меркина, Г.П. Сахарова, Н.П., Кондращенко В.И., Сажнева, Е.В. Королёва и др.

Диссертация написана хорошим русским языком и оформлена в соответствии с требованиями ВАК.

По диссертации имеются замечания частного характера, не снижающее высокого качества выполненной работы в целом:

1. При проведении экспериментальных исследований использован один вид цемента и суперпластификаторы. Известно, что оптимальное содержание суперпластификатора значимо зависит от минералогического со-

става портландцемента, в основном от содержания трехкальциевого алюмината. Очевидно, что при использовании цемента, отличного от принятого в работе, содержание суперпластификатора может измениться и повлиять на экономическую эффективность принятых в диссертации решений.

2. В работе подробно исследован ускоритель твердения бетона АС, обладающий расширяющимся эффектом и оказывающий существенное влияние на усадку пенобетона. К сожалению, диссертант не привел его состав.

Опубликованные статьи по теме диссертации, в том числе четыре в изданиях, входящих в Перечень ВАК РФ, автореферат диссертации - полностью отражают содержание диссертационной работы.

Таким образом, диссертационная работа Касумова Аяза Шахина Оглы «Пенобетон с повышенными эксплуатационными свойствами» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи разработки пенобетона с повышенными эксплуатационными свойствами, обеспечиваемыми высокой концентрацией твёрдой фазы в единице объёма за счёт применения многоуровневой оптимизации дисперсно-гранулометрического состава минеральными добавками индивидуально и в комплексе с химическими модификаторами. имеющей значение для развития отрасли строительного материаловедения, и таким образом, отвечает требованиям п. 9 «Положение о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Касумов Аяз Шахин Оглы, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 - Строительные материалы и изделия.

Заместитель руководителя проекта
Открытого акционерного общества
«Московской инженерно-строительной
компании» (ОАО «МИСК»),
кандидат технических наук (специальность
05.23.05 - «Строительные материалы и
изделия»)

Жабин
Дмитрий
Владимирович

29.10.2017

117630, г. Москва, ул. Обручева, д. 23
тел. 8 (916)117-69-38;
email: zhabindv@bk.ru

Подпись к.т.н. Жабина Д.В. заверяю:



Прозоров Б.В.

ОТЗЫВ

официального оппонента Перфилова Владимира Александровича на диссертационную работу Касумова Аяза Шахина Оглы: «Пенобетон с повышенными эксплуатационными свойствами», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия

На основании изучения представленных материалов: диссертации, автореферата, сканированных копий печатных работ, было установлено следующее.

Актуальность темы диссертационной работы обоснована и не вызывает сомнений. В Российской Федерации в 2016 году достигнута рекордная величина жилищного строительства – 85 млн. м². Увеличивается объём монолитного и индивидуального строительства. Неавтоклавный пенобетон получает широкое применение в качестве ограждающих конструкций. Это связано с тем, что такой материал имеет хорошие теплофизические свойства, требуемую надёжность, включая долговечность, простую технологию изготовления при невысоких производственных затратах. К недостаткам ячеистого бетона неавтоклавного твердения можно отнести высокие деформации усадки. Усадка, как известно, приводит к трещинообразованию, что, в свою очередь, снижает прочностные показатели, морозостойкость, повышает коэффициент теплопроводности и водопоглощение. Следовательно, получение пенобетона с повышенными эксплуатационными свойствами: например, с низкой деформацией усадки можно достичь за счёт уплотнения цементной матрицы между воздушными ячейками благодаря химико-минеральной модификации на нескольких структурных уровнях и ускорением сроков схватывания с одновременной стабилизацией структуры при приготовлении пенобетонной смеси и в процессе формования изделий.

Тема диссертации и решение проблемы получения эффективного теплоизоляционного неавтоклавного цементного пенобетона за счёт стабилизации структуры и свойств пенобетонной смеси и пенобетона с использованием полифункциональных органо-минеральных модификаторов пролонгированного действия является безусловно актуальными. Тема диссертации и решение указанной проблемы имеет важное значение для науки и практики.

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

Основные научные положения, выводы и рекомендации, представленные в работе, являются достаточно обоснованными и доказательными. На основании научных положений автор успешно решает практические задачи получения рационального дисперсного состава неавтоклавного модифицированного пенобетона путем трёхуровневой оптимальной упаковки твёрдых частиц с минимальной толщиной прослойки цементного камня, что обеспечивает максимально стеснённые условия для формирования плотной структуры перегородок между воздушными ячейками и улучшение эксплуатационных свойств неавтоклавного пенобетона. Автором научно обосновано применение в составе пены микрокремнезёма, а в составе пенобетонной смеси - тонкодисперсного шлака, ком-

плексного модификатора с ускорителем твердения. Это позволило обеспечить высокую концентрацию твёрдой фазы в перегородках и повышение прочности неавтоклавного пенобетона более чем в 2 раза, снижение усадки более чем в 4 раза, а теплопроводности - на 25 %. Автором доказано, что использование микрокремнезема в пене повышает устойчивость и улучшает ее реологические свойства. Она после перемешивания с модифицированной ускорителем твердения пенобетонной смесью, обеспечивает получение однородной массы, способной к быстрому схватыванию и приросту прочности, с тонкими, плотными и прочными перегородками между тонкодисперсными воздушными ячейками. Полученные автором математические модели свойств, позволили оптимизировать состав пенобетона в зависимости от количества тонкодисперсного доменного шлака и комплексного модификатора.

Все главы диссертации завершаются логичными выводами, которые обобщены в разделе «Заключение». Следует отметить системный подход к изучению проблемы. Это нашло отражение в структуре работы, методологии и последовательности выполнения исследований. Научные положения, выводы и практические рекомендации хорошо обоснованы. Результаты работы прошли достаточную апробацию, изложены в 4 статьях из Перечня ВАК РФ.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается применением в исследованиях научно-обоснованных методов исследований; использованием современного научно-исследовательского оборудования; вероятностно-статистической обработкой экспериментальных результатов; соответствием результатов опытно-промышленных испытаний данным лабораторных исследований.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов.

Полученные автором результаты имеют несомненную значимость для науки и практики. Автором определены параметры минеральных компонентов, обеспечивающих трёхуровневую оптимизацию дисперсного состава пенобетона, значительное повышение концентрации твердой фазы в перегородках между воздушными ячейками его эксплуатационных свойств. Комплексная химико-минеральная модификация пенобетона позволила получить улучшенные физико-механические свойства.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке технологии получения неавтоклавного модифицированного комплексной химико-минеральной добавкой пенобетона марки D400 с рациональным дисперсным составом. Пенобетон имеет в возрасте 28 суток следующие свойства: среднюю плотность – 389 кг/м³; предел прочности на сжатие – 3,22 МПа, класс по прочности – В 2,5; марку по морозостойкости - F75; влажность по массе в возрасте 180 суток - 5,14 %; коэффициент теплопроводности - 0,08 Вт/(м·С); усадку в возрасте 180 сут. - 0,64 мм/м; водопоглощение по массе – 29,2 %; коэффициент размягчения – 0,84.

Автором разработаны Технические условия: «Модифицированный пено-

бетон с рациональными параметрами компонентов состава. ТУ 5741-005-29888514-2016», утвержденные ООО «Инновационный ресурс». На основании ТУ выпущена опытная партия пенобетонных стеновых блоков объемом 28 тыс. шт., использованных при строительстве жилого дома в Подмосковье.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Основные результаты и выводы диссертации Касумова Аяза Шахина Оглы могут быть использованы:

- на предприятиях ОАО «ГЛАВМОССТРОЙ»;
- на предприятиях Финансово-строительной корпорации «Лидер»;
- на предприятиях ЗАО «Мосстрой-17»;
- на предприятиях Группы компаний «Северо-Запад-Строй»;
- на других заинтересованных предприятиях строительного комплекса Москвы, Санкт-Петербурга, Волгограда и других городов России;
- при создании новых видов пенобетона неавтоклавного твердения с использованием тонко- и ультрадисперсных минеральных наполнителей и органоминеральных модификаторов.

Оценка содержания диссертации, ее завершенности.

Представленная диссертационная работа изложена на 143 страницах текста, состоит из введения, 5 глав, заключения, библиографического списка из 204 наименований и 2 приложений, 33 рисунков, 25 таблиц.

В 1-ой главе изложены состояние проблемы, перспективы развития производства и применения ячеистого бетона, известные положения структурообразования ячеистого бетона, свойства пены и пенообразователей для ячеистого бетона, выводы по главе 1. Автором справедливо отмечаются преимущества пенобетона неавтоклавного твердения: надёжность, включая долговечность, простота технических решений, невысокие производственные затраты при его изготовлении. Им выявлены основные структурообразующие факторы: концентрация твёрдой фазы в межпоровых перегородках, дисперсность и активность минеральных модификаторов, возможность создания многоуровневого рационального дисперсного состава матрицы и др. Отмечено, что необходим учёт взаимосвязи материаловедческого и технологического аспектов формирования его структуры и свойств. На основании анализа научно-технических источников автором выявлены недостатки и была предложена работоспособная научная гипотеза для их устранения.

Во 2-ой главе приводятся методики исследований, используемое оборудование и описание свойств, применённых в работе материалов.

В 3-ей главе рассмотрены физико-химические методы модифицирования пенобетона, свойства цементного теста с добавкой ускорителя твердения, рациональные параметры ускорителя твердения АС для смеси мелкозернистого бетона, рациональные параметры тонкодисперсного шлака, параметры микрокремнезёма и модификатора МБ Б-II-2 и проведена оценка рациональных параметров компонентов пенобетона.

В этой главе автор разработал научные положения физико-химических методов последовательного модифицирования цементного теста, мелкозернистого бетона, пенобетона путем определения рациональных параметров компонентов составов. Оптимизация дисперсного состава осуществлена на трёх уровнях введением в исследуемые цементные системы разнодисперсных модификаторов и шлака, модификатора МБ Б-II-2, микрокремнезёма (или совместное введение модификатора МБ Б-II-2 и микрокремнезёма) в комплексе с ускорителем твердения «АС», обеспечивая значимое повышение качества и расширение областей применения пенобетона. Автор справедливо считает, что использование высокодисперсных минеральных добавок различной дисперсности оптимизирует дисперсный состав пенобетона, обеспечивая получение ячеистой структуры с тонкими, плотными и прочными перегородками между пузырьками воздуха. Тонкодисперсная устойчивая структура пены при этом обеспечивается применением микрокремнезёма и ускорителя твердения «АС» в оптимальном количестве (0,07...0,09 % от массы цемента).

Исследованиями с использованием мелкозернистого бетона было определено оптимальное количество ускорителя твердения АС, тонкодисперсного шлака, комплексного модификатора (КМ) в виде микрокремнезёма марки МБ10-01 и МБ-Б-II-2 в соотношении по массе 1:1. Автором определено рациональное содержание тонкодисперсного шлака, используемого взамен такого же количества цемента. Класс прочности мелкозернистого бетона со шлаком, С-3 (0,6 %) и ускорителем твердения (0,07...0,09 %) в возрасте 28 суток повышается с В22,5 до В55. Экономия портландцемента составила от 115 до 231 кг/м³. Автором установлено рациональное количество комплексного модификатора КМ (в виде смеси 1:1 микрокремнезёма МБ 10-01 и МБ-Б-II-2), равное 20 % (взамен такого же количества цемента). Прочность мелкозернистого бетона при указанном расходе КМ и твердении в нормальных условиях в возрасте 28 суток составляет 89,1 МПа, а после ТВО в возрасте 1 и 28 суток - 68,8 и 87,2 МПа, что соответственно превышает прочность контрольного состава более чем в 2,7 раза. Применение модификатора КМ повышает класс бетона по прочности с В25 до В65. Экономия цемента составляет 77 кг на 1 м³ бетона.

После этого автор разработал оптимальный состав пенобетона, включающий портландцемент, тонкодисперсный шлак, комплексный модификатор (КМ), ускоритель твердения «АС», а также пенообразователь ПБ-2000 и воду. Экономия портландцемента составляет 84 кг/м³. Прочность пенобетона марки D400 с химико-минеральным модификатором структуры в возрасте 1 и 28 суток превышает прочность контрольного состава в 2 раза. Деформация усадки пенобетона оптимального состава уменьшается от 1,8 до 4 раз относительно контрольного состава и находится на уровне усадки газобетона автоклавного твердения. При этом коэффициент теплопроводности снижается на 26...27 % за счёт применения высокодисперсных минеральных модификаторов, выполняющих роль экранов, рассеивающих фононы. Наиболее значимый эффект достигается при их аморфном (микрокремнезем) и аморфно-кристаллическом в плотном фазовом контакте (тонкодисперсный шлак) состоянии. Установлен индекс эффективности модификатора для модифицированного состава пенобетона по сравнению с кон-

трольным составом. Автором получены адекватные математические модели свойств и оптимизирован состав пенобетона в зависимости от количества тонкодисперсного доменного шлака и комплексного модификатора.

В 4-ой главе автором разработаны научные основы снижения теплопроводности пенобетона, глубоко исследована структура модифицированного пенобетона рационального дисперсного состава и его строительно-технические свойства: прочность, коэффициент теплопроводности, влажность, водопоглощение, водостойкость, деформации усадки во времени.

Автором разработаны научные решения трёхуровневой оптимизации дисперсного состава пенобетона с рациональным применением химических и разнодисперсных минеральных модификаторов. Параметры компонентов пенобетона уменьшают межчастичную и межзерновую пустотность на 9...12 %, что повышает прочность в 2 раза, структурную и теплотехническую однородность, снижает водопоглощение до 2 раз, коэффициент теплопроводности - на 26...27 % и усадку - в 4...5 раз.

Теоретически и экспериментально автор установил, что введение в состав пенобетона тонкодисперсного доменного шлака со смешанным состоянием (аморфное и кристаллическое в плотном контакте) и высокодисперсных аморфных метакаолина и микрокремнезёма, как «рассеивающих экранов» для фононов, значительно снижает теплопроводность пенобетона. Её коэффициент снижается также за счёт формирования однородной тонкодисперсной ячеистой структуры с равномерно распределенными пузырьками воздуха с диаметрами от 20 до 200 мкм, исключая конвективный теплообмен. Размеры ячеек пенобетона контрольного состава – 30...625 мкм.

Автором установлена плотная структура межпоровых перегородок, состоящих из тоберморитоподобных гидросиликатов кальция, этtringита, снижающая деструктивные процессы на начальной стадии структурообразования. Минимальная толщина перегородок между ячейками модифицированного пенобетона составляет 23,3...24,8 мкм, контрольного состава - 40,2...42,8 мкм. Автор справедливо считает, что уменьшение размера в 1,5...3 раза, толщины перегородок в 2 раза и повышение их плотности у модифицированного пенобетона обеспечивают главным образом повышение его прочности более чем в 2 раза по сравнению с контрольным составом.

Автором установлено, что высокая прочность модифицированного пенобетона, рациональный дисперсный состав, наличие ускорителя твердения «АС» (наиболее значимый фактор для обеспечения расширяющего эффекта при твердении в начальный период формирования структуры) значительно снижает усадку (в 4-5 раз) по сравнению с контрольным составом марки D400. При этом её абсолютные значения составляют 0,64...0,65 мм/м, т.е. на уровне автоклавного газобетона. Деформация усадки модифицированного пенобетона стабилизируется на 140 сутки, а на 156 сутки становится постоянной.

В 5-ой главе автором на основании разработанных ТУ успешно проведено опытное внедрение результатов работы. Объём внедрения составил 250 м³. Была разработана технология и рассчитана эффективность завода по производству

модифицированного неавтоклавного пенобетона мощностью 200 тыс. м³ в год. Она составила более 290 млн. руб.

Замечания по работе

По диссертационной работе имеются замечания:

1. В диссертации не были проведены стандартные исследования для определения пуццоланической активности компонентов смеси и новообразований в пенобетоне к Ca(OH)₂.
2. Чем обоснован выбор пенообразователя ПБ-2000?
3. Сравнивались ли полученные показатели прочности, плотности и теплопроводности с другими известными составами пенобетонов, например с использованием фибровых наполнителей?
4. В тексте диссертации даны межплоскостные расстояния и идентифицированные названия новообразований в межпоровых перегородках пенобетона. Эти названия надо было нанести на рентгенограммы для упрощения изучения работы.
5. В заключении по работе некоторые пункты можно было бы обобщить, что сделало бы итоговые выводы более короткими.
6. В тексте диссертации много сокращений (аббревиатур), что затрудняет восприятие содержания.
7. Встречаются редакционные неточности и опечатки.

Замечания носят, в основном, редакционный и рекомендательный характер и не уменьшают положительного впечатления. Работа имеет научную новизну и практическую ценность. Её актуальность, новизна, достоверность результатов и выводов не вызывают сомнений.

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

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК РФ. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Касумова Аяза Шахина Оглы выполнена автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, представленные к защите, свидетельствуют о личном вкладе автора диссертации в науку.

Диссертация имеет прикладной характер и в ней приводятся сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов. Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

В целом, диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи, имеющей значение для строительного материаловедения и строительной отрасли. Диссертация по критериям актуальности, научной новизны, практической значимости, обоснованности и достоверности выводов, степени опубликования результатов, апробации, методологического уровня, редакционного оформления отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым

ВАК к кандидатским диссертациям. Автор работы - Касумов Аяз Шахин Оглы заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия.

Официальный оппонент:

доктор технических наук (05.23.05 -
Строительные материалы и изделия),
профессор, заведующий кафедрой «Неф-
тегазовые сооружения»



Перфилов
Владимир
Александрович

24.10.2017 г.

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего об-
разования «Волгоградский государствен-
ный технический университет»

400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28,
Тел.: 8-905-064-39-42,
e-mail: vladimirperfilov@mail.ru

Подпись д.т.н., проф. *Перфилова В.А.* заверяю:
Ученый секретарь ИАиС ВолгГТУ



А.В. Савченко

