

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по научной работе ФГБОУ
ВО Томского государственного архи-
тектурно-строительного университета
(ТГАСУ)

С.В. Ефименко

«31» мая 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Томского архитектурно-строительного университета (ТГАСУ) на диссертационную работу Гичко Николая Олеговича на тему: «Повышение прочности и морозостойкости тяжелого бетона полифункциональной органоминеральной добавкой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 «Строительные материалы и изделия»

1. Актуальность темы исследования.

В стратегическом развитии строительной отрасли России до 2035 года предполагается реализация эффективных мер и инструментов по ресурсному обеспечению объектов строительства строительными материалами высокого качества, изготовленными с максимальным использованием местного природного и вторичного сырья. Для этого предусматривается формирование высокотехнологичной, энергоэффективной и сбалансированной промышленности строительных материалов инновационного типа, обеспечивающей объекты строительства продукцией с требуемыми характеристиками. Приоритетными направлениями в инновационных технологиях являются производство модифицированных бетонных и железобетонных изделий с улучшенными эксплуатационными свойствами (прочность, морозостойкость) и пониженным содержанием клинкерной составляющей (цемента), что существенно снижает их энергоемкость, стоимость, а также выбросы углекислого газа в окружающую среду. Особое внимание уделяется разработке системы управления процессами на всех этапах жизненного цикла бетона (информационное моделирование процессов). Это позволит вовлечь в производство цементных бетонов с частичной заменой клинкера (цемента) побочные продукты промышленности, что вписывается в решение актуальной проблемы в России, развитие BIM технологий в строительной индустрии. Поэтому исследования в области развития знаний по управлению технологическими процессами (научного обоснования выбора компонентов, технологической подготовки и приготовления вяжущего с понижен-

ным содержанием портландцементного клинкера с использованием минерального и органического местного сырья и отходов промышленности) с получением бетонов повышенного качества актуальны, востребованы и представляют научный интерес при разработке инновационных строительных технологий.

Диссертационная работа Н.О. Гичко, выполнялась на кафедре «Строительные материалы, стандартизация и сертификация» в соответствии с планом НИР НГАСУ (Сибстрин), код ГРНТИ 567.09.33.

2. Оценка структуры и содержания работы.

Для подготовки отзыва представлен автореферат и диссертация, изложенная на 163 страницах. Диссертация состоит из введения, 5 глав с результатами исследований, заключения, списка литературы из 228 наименований работ отечественных и зарубежных авторов, национальных стандартов, 7 приложений. В диссертации 30 рисунков и 43 таблицы.

Введение. Обоснована актуальность и степень разработанности в России и за рубежом темы выполненной диссертационной работы, сформулированы цель и задачи для ее достижения, научная новизна исследования, приведены защищаемые положения, теоретическая и практическая значимость работы, методология, методы исследований и достоверность научных результатов, а также сведения по апробации и рекомендациям внедрения результатов работы в строительстве и использования в учебном процессе при подготовке бакалавров, магистрантов и аспирантов по направлению «Строительство» в ФГБОУ НГАСУ.

Первая глава. Приведены результаты анализа отечественной и зарубежной литературы по вопросам исследования и разработки технологических решений производства цементных тяжелых бетонов с повышенной прочностью и морозостойкостью путем введения модифицирующих минеральных и органических добавок. Большое внимание уделено управлению структурой тяжелого бетона путем введения в состав смеси добавок, имеющих химическое сродство, близкие термодинамические характеристики с минералами цемента и высокую упругость. Сформулирована научная гипотеза повышения прочности и морозостойкости бетона путем введения на стадии приготовления бетонной смеси минеральных добавок диоксида и известняка, а для снижения водоцементного отношения поликарбосилатного пластификатора, с последующим формованием изделий известными способами. На основе анализа литературных данных сформулирована цель работы и задачи исследований.

Вторая глава. Приведены стандартные характеристики используемых сырьевых материалов (портландцемент, диоксид, известняк, волластонит, диабаз, ще-

бень, песок, поликарбоксилатный суперпластификатор FIX-1), позволяющие оценить их качество и возможность использования для установления закономерностей при проведении исследований в соответствии с сформулированной целью и задачами, а также применяемые методы экспериментальных исследований и оборудования для их проведения с обеспечением получения достоверных результатов для принятия эффективных технологических решений в производстве тяжелых бетонов высокого качества.

Третья глава. Установлены закономерности структурообразования, определены оптимальные составы и физико-механические характеристики затвердевших цементных композиций, включающих портландцемент ЦЕМ-II/A-III 32,5Б АО «Искитимцемент», дисперсные минеральные добавки (диопсид - 27 мкм, волластонит – 28,9 мкм, известняк – 12,3 мкм и диабаз – 8,7 мкм) имеющие близкие термодинамические характеристики (энтальпия, энтропия и дзета потенциал) с клинкерными минералами. Исследования проводились на образцах кубов из цементного камня с ребром 20 мм, изготовленных из теста нормальной густоты. Наибольший прирост прочности цементного камня в ранние сроки твердения обеспечивает известняковая добавка (до 42 %), а в возрасте 28 суток – диопсидовая добавка (до 49 %). Карбонатные добавки взаимодействуют с гидроксидом кальция, выделяющегося при гидролизе алита, основного минерала портландцемента. Установлены закономерности твердения цементного камня с бинарными кальциевыми добавками (известняк + диопсид) – БКМД. При введении оптимального количества бинарной добавки (7 %), содержащей 67 % диопсида и 33 % известняка, получен прирост прочности в возрасте 28 суток естественного твердения и ТВО 43 – 49 %. При этом достигнуто снижение объема крупных пор (73,1 мкм) на 28 % и увеличение содержания мелких пор (до 1,2 мкм) на 14 %, что благоприятно скажется на повышении прочности и морозостойкости бетона. Эта добавка принята приоритетной при дальнейших исследованиях бетона.

Четвертая глава. Установлены закономерности по структурообразованию цементных растворов с различными видами и содержанием исследованных минеральных добавок, а также поликарбоксилатного суперпластификатора FIX-1. Наибольший прирост прочности при сжатии цементно-песчаного раствора при твердении образцов 28 суток в нормальных условиях получен при содержании диопсида 7 % - (48 %), известняка 1-3 % (16,5-43 %), волластонита 9 % - (23 %), а диабаза повышение прочности всего до 10 %. При введении бинарной добавки (состоящей из известняка и диопсида в соотношении 1:3 по массе) в количестве 7 % прочность при сжатии образцов увеличивается на 42 %, а прочность при изгибе на 24 %.

Проведены исследования по влиянию модифицирующих добавок на свойства тяжелых бетонов. Установление рецептурных параметров тяжелых бетонов проводилось с применением многофакторного планирования экспериментов. Установлено, что при введении монодобавки наибольший прирост прочности бетона в 28 суточном возрасте (29 %) получен с 9 % диопсида, а бинарных добавок (диопсид + известняк) 7 % - прирост на 41 %. Большое внимание уделено установлению закономерностей твердения бетона с полифункциональной органоминеральной добавкой (ПОМД), включающей бинарную кальциевую добавку (87,5 %) и карбоксилатный пластификатор (12,5 %). Достигнуто увеличение прочности по сравнению с бетоном без добавки на 67 % и на 25 % по сравнению с бетоном с бинарной кальциевой добавкой. При этом увеличивается количество пор с диаметром 50 нм, что способствует снижению водопоглощения с 6,3 до 4,5 %, повышению водонепроницаемости с W8 до W16 и морозостойкости до F400.

Пятая глава. На основании оптимизированных составов тяжелого бетона с полифункциональной органоминеральной добавкой (ПОМД) разработана технологическая схема приготовления бетонной смеси и изделий, которая предполагает управление процессами на всех этапах жизненного цикла изделий: прием и складирование компонентов, помол диопсида и известняка, приготовление модифицированного вяжущего в смесителе (известняк, диопсид, цемент), приготовление и дозирование водного раствора пластификатора, приготовление бетонной смеси путем перемешивания всех компонентов, формование изделий, твердение, складирование готовых изделий.

Проведены опытно-промышленные испытания в производственных условиях при изготовлении тротуарных плиток, которые подтвердили достоверность научных результатов диссертационной работы.

Автореферат соответствует тексту диссертационной работы, а опубликованные статьи и национальные стандарты отражают содержание представленной для рецензирования работы.

Диссертация соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, т.е. является научно-квалификационной работой, отражающей результаты исследований автора.

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.1.5 «Строительные материалы и изделия» (технические науки) по пунктам 1, 9 и 15.

3. Научная новизна и основные защищаемые положения.

Автором при проведении научных исследований используется феноменологическая модель управления твердеющей минеральной системы, а именно цемент-

ной бетонной смеси с полифункциональной органоминеральной добавкой, на всех этапах жизненного цикла объекта исследований (научное обоснование выбора компонентов, состав, процессы, многоуровневая структура и свойства). Научно обоснован выбор бинарной кальций-карбонатной добавки, включающей диопсид и известняк, а также поликарбоксилатного пластификатора (в составе полифункциональной органоминеральной добавки). Физико-химическими и механическими методами установлены закономерности структурообразования и определен оптимальный состав модифицированной вяжущей композиции, полученной путем перемешивания минеральных добавок и суперпластификатора с портландцементом, цементно-песчаного раствора и бетона. Научно-обоснован выбор минеральных добавок с близкими удельными термодинамическими характеристиками с клинкерными минералами (энтальпия и энтропия образования, твердость и модуль упругости), что приводит к формированию дополнительных центров кристаллизации, упрочнению цементного камня, повышению содержания микро и наноразмерных пор диаметром до 50 нм.

Предложен механизм управления структурообразованием цементного бетона путем введения на стадии приготовления смеси бинарной кальций-карбонатной добавки, включающей диопсид и известняк, а также поликарбоксилатного пластификатора (в составе полифункциональной органоминеральной добавки из композиционного вяжущего. Формируется более плотная и однородная структура.

Установлены закономерности влияния количественного соотношения компонентов композиционного вяжущего и бетона на технологические и физико-механические характеристики, что позволило установить алгоритм для разработки состава бетона с повышенными прочностными характеристиками и морозостойкостью.

На защиту диссертации выносятся следующие основные положения:

- научное обоснование и экспериментальное подтверждение возможности получения тяжелого бетона высокого качества путем введения на стадии приготовления смеси полифункциональной органоминеральной добавки, а именно бинарной кальций-карбонатной, кальций-силикатной и поликарбоксилатного пластификатора.
- механизм физико-химического взаимодействия кальций-карбонатных и кальций-силикатных минеральных добавок, а также суперпластификатора с минералами цемента при структурообразовании цементных композиций (каменя, раствора, бетона) и их влияние на свойства при различных условиях и сроках твердения композиций;

- технологические решения и управление процессами по формированию состава, способа приготовления тяжелого бетона и формования изделий;
- опытно-промышленное подтверждение научных результатов диссертационной работы по повышению прочности и морозостойкости бетонов с разработанной полифункциональной добавкой и технико-экономической эффективности разработанного технологического решения.

4. Теоретическая и практическая значимость диссертации.

В работе развиваются представления о структурно-феноменологическом анализе взаимосвязи микроструктурных показателей затвердевших цементных систем с модифицирующими добавками с их физико-механическими свойствами. Исследование физико-химических процессов твердения модифицированных полидисперсных цементных композиций ученые преимущественно проводят с использованием эмпирических подходов.

Использование автором методологии анализа взаимосвязи структурных и химических показателей твердеющих смесей на микроуровне с физико-механическими характеристиками затвердевших цементного камня, раствора и бетона позволило с большой вероятностью разработать многокомпонентные композиционные цементные вяжущие и тяжелые бетоны повышенного качества с заданными свойствами, разработать инновационные технологии их изготовления и производства изделий.

Теоретически обоснована целесообразность использования кальций силикатных и кальций карбонатных минеральных добавок с близкими термодинамическими характеристиками и химическим сродством с основными минералами цемента (алит и белит) и продуктами гидратации (гидросиликаты и портландит), что позволило существенно повысить прочность и морозостойкость бетона.

Научно обоснована необходимость применения поликарбоксилатного пластификатора для снижения водоцементного отношения и размера пор в цементной матрице бетона для повышения его качества.

Осуществлен выпуск опытной партии бетонной смеси с использованием разработанных добавок, а также тротуарных камней, подтвердивших достоверность научных результатов диссертационной работы соискателя. Научные исследования, выполненные и приведенные автором в диссертации, достаточны по составу и объему, выбор вариантов технологических решений на каждом этапе жизненного цикла объекта исследований научно обоснованы. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, теоретически и экспери-

ментально подтверждены и согласуются с фундаментальными основами строительного материаловедения.

5. Обоснованность и достоверность результатов работы.

Достоверность и обоснованность научных результатов, выводов и рекомендаций подтверждена комплексом выполненных экспериментальных испытаний и исследований, которые проводились в соответствии с научно-обоснованными и стандартными методиками, с привлечением современного аттестованного испытательного оборудования и поверенных средств измерений, применением математического планирования экспериментов, а также сопоставлением с результатами исследований, полученными другими учеными. Исследования проводились в аттестованной Росакредитацией лаборатории. Достоверность результатов выполненной научной работы подтвердилась положительными результатами опытно-промышленных испытаний разработанных технологических решений.

6. Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

1. При проведении исследований использовался цемент ЦЕМ-П/А-Ш 32,5Б, т.е. цемент с содержанием шлака 6-20 %. На остальные минералы (klinkерные, гипсовый камень) остается 80-94 %. В диссертации в таблице указывается, что содержание алита (C_3S), основного клинкерного минерала, 67 %, т.е. в цементной составляющей используемого вяжущего содержание алита 71-83 %. Это не соответствует реальным составам клинкерных минералов в цементе.

2. В работе не указываются размерные (зерновые) характеристики исходного сырья, применяемого в качестве минеральных модификаторов, которые поступают на склад. В технологической схеме процесс начинается с измельчения диопсида и известняка. Как обеспечить требуемую (указанную) дисперсность минеральных добавок после измельчения, если не известен зерновой состав исходного сырья.

3. По результатам научных исследований разработана полифункциональная органоминеральная добавка (смесь бинарной кальций-карбонатной 86-88 % и поликарбоксилатной 12-14 % добавок). В таблице 4.10 приведена рецептура рекомендуемой бетонной смеси. Однако по технологической схеме отдельно дозируется измельченный диопсид, известняк и цемент, а затем перемешанная смесь дисперсных компонентов подается в смеситель бетонной смеси. Пластификатор вначале дозируется для получения водного раствора, а потом водный раствор подается в смеситель. Отсутствует состав бетона применительно к разработанной технологической схеме приготовления бетонной смеси. Не приводится удобоукладываемость бетонной смеси.

4. На разработанную полифункциональную органоминеральную добавку для массового использования в производстве бетонной смеси в реальном секторе строительства следовало бы разработать технические условия, которые составляются в соответствии с ГОСТ 2.114-2016.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация Гичко Н.О. выполнена и оформлена на высоком уровне с достаточным количеством поясняющих таблиц и рисунков. Язык и стиль представленной работы соответствуют нормам написания современных научно-технических текстов. Результаты работы широко освещены в открытой печати и доложены на конференциях различного уровня.

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

Диссертация Гичко Николая Олеговича на тему: «Повышение прочности и морозостойкости тяжелого бетона полифункциональной органоминеральной добавкой» соответствует критериям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. с изм. от 20.03.21 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, и является завершенной научно-квалификационной работой. В работе на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические решения, обеспечивающие производство цементных тяжелых бетонов с комплексными кальций-карбонатными минеральными добавками (диопсид, известняк) и поликарбоксилатным суперпластификатором FIX-1 с повышенной прочностью и морозостойкостью.

Диссертация выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне с использованием современных методов исследования и оборудования, обладает внутренним единством научной новизной, практической ценностью, перспективностью для дальнейшего развития, а результаты работы способствуют решению важных строительно-технических задач по ресурсному обеспечению объектов строительства современными конструкциями из тяжелых бетонов с использованием минеральных и органических модификаторов на основе природного и вторичного сырья. Предложенные автором диссертации научно обоснованные технологические решения аргументированы и оценены в сравнении с другими известными опубликованными решениями.

Основные результаты научных исследований соискателя опубликованы в 23 научных статьях, в том числе 8 в журналах рекомендованных ВАК, 3 в журналах,

индексируемых в международных реферативных базах данных и системах цитирования Scopus и Web of Science, а также доложены на конференциях различного уровня. Получен патент на изобретение.

На основании вышеизложенного считаем, что Гичко Николай Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 – Строительные материалы и изделия.

Диссертационная работа Гичко Н.О. и отзыв ведущей организации заслушаны и одобрены на семинаре кафедры «Строительные материалы и технологии» Томского государственного архитектурно-строительного университета Протокол № 7 от 21.05.2024 г.

Кудяков Александр Иванович, советник РААСН, доктор технических наук по специальности 2.1.5 «Строительные материалы и изделия», профессор, профессор кафедры «Строительные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»,
заслуженный работник высшей школы РФ, почетный строитель РФ.
Телефон: 8 (913)8208554, kudyakow@mail.tomsknet.ru

Кудяков Александр Иванович
«31» мая 2024

Стещенко Алексей Борисович, кандидат технических наук по специальности 2.1.5 «Строительные материалы и изделия», доцент, доцент кафедры «Строительные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет».

Телефон: 8 (909)5396643 steshenko.alexey@gmail.com

Стещенко Алексей Борисович
«31» мая 2024

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет» (ТГАСУ).

634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.

Тел. +7(3822)653265

E-mail: nauka@tsuab.ru