

ОТЗЫВ

официального оппонента доцента, кандидата технических наук
Удодова Сергея Алексеевича на диссертационную работу
Абдуллаева Абухана Магомедовича на тему: **«Разработка комплексных наноструктурированных добавок для получения высокопрочных мелкозернистых бетонов»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 Строительные материалы и изделия

На отзыв были представлены автореферат и диссертация, состоящие из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 197 наименований и приложений. Изложена на 204 страницах текста, в том числе 2 страницы приложений, содержит 60 рисунков и 37 таблиц.

Актуальности темы диссертационной работы

Актуальность диссертационной работы Абдуллаева А.М. определяется целым рядом взаимосвязанных факторов научно-технического, экономического и экологического характера.

Прежде всего, развитие строительной отрасли сегодня невозможно без внедрения нанотехнологий, которые включены в перечень критических технологий Российской Федерации. Это свидетельствует о государственной значимости исследований, направленных на создание наномодифицированных строительных материалов. Многочисленные научные центры страны ведут активные разработки в этой области, что подтверждает высокую востребованность и перспективность данного направления. Наноразмерные добавки позволяют вывести свойства бетона на принципиально новый уровень: они заполняют мельчайшие пустоты цементного камня, выступают в роли центров кристаллизации и формируют армирующую сетку на наноуровне, что в совокупности обеспечивает существенное повышение прочности и эксплуатационных характеристик материала.

Не менее важным фактором актуальности является необходимость вовлечения в производственный оборот местного сырья. Мелкие заполнители из месторождений Чеченской Республики характеризуются низким модулем крупности и повышенным содержанием глинистых и пылеватых частиц, что ухудшает адгезию с цементным камнем, увеличивает водопотребность и усадочные деформации, приводя к потере прочности бетонов. В результате такие заполнители не отвечают требованиям, предъявляемым к

качественным бетонным смесям. Возникает противоречие между экономической целесообразностью применения доступного местного сырья и необходимостью обеспечения нормативной прочности, что и определяет научную проблематику работы.

Кроме того, использование местных ресурсов полностью соответствует концепции устойчивого развития: оно снижает транспортные расходы, уменьшает углеродный след от перевозок и способствует более рациональному использованию природных запасов. В условиях ориентации российского рынка строительных материалов на импортозамещение эффективное применение доступного регионального сырья — бентонитов и мелких песков — для разработки нанодобавок и получения качественного мелкозернистого бетона становится актуальной задачей для всех регионов России. Таким образом, разработка комплексных наноструктурированных добавок и высокопрочных мелкозернистых бетонов на местном дешёвом заполнителе представляет высокую научную и практическую ценность.

Целью диссертационной работы является разработка комплексных наноструктурированных добавок для получения высокопрочных мелкозернистых бетонов на основе мелких заполнителей месторождений Чеченской Республики. Достижение поставленной цели предполагает решение комплекса взаимосвязанных задач: разработку технологии получения наночастиц золь-геля кремниевой кислоты и наночастиц активированного бентонита на основе минерального сырья ЧР; исследование влияния пластифицирующих добавок в отдельности и в комплексе с разработанными наночастицами на поверхностное натяжение воды затворения; определение рациональной концентрации гиперпластификатора, способствующего оптимальной диспергируемости частиц и высокому уплотнению структуры цементного камня; оптимизацию составов комплексных наноструктурированных добавок по их влиянию на реологию и кинетику твердения; определение влияния разработанных составов на физико-механические свойства мелкозернистых бетонов на мелких заполнителях; разработку оптимальных рецептов высокопрочных бетонов на некондиционных мелких песках; оценку технико-экономической эффективности применения комплексных нанодобавок и разработку технологической схемы для их реализации.

Научная новизна диссертационной работы заключается в формировании целостной картины влияния комплексных наноструктурированных добавок на процессы структурообразования

цементных систем и свойства мелкозернистых бетонов на местных заполнителях.

Впервые развиты научные представления о закономерностях влияния количественного и качественного состава комплексных наноструктурированных добавок, включающих активированный бентонит, наночастицы золь-геля кремниевой кислоты и гиперпластификатор, на поверхностное натяжение воды затворения. Установлено, что определённые концентрации компонентов предотвращают агрегацию нанодобавок и разуплотнение структуры цементного камня, способствуя достижению высокой плотности и прочности композиции.

Раскрыт характер влияния гиперпластификатора Frem Giper S-TB на дисперсность, упаковку и гидратационную активность цементного порошка. Показано, что введение гиперпластификатора вызывает эффективную дезагрегацию частиц, подтверждаемую уменьшением среднего размера частиц в суспензии цемента и ростом удельной поверхности, что обеспечивает увеличение числа активных контактов и повышение адгезии.

Выявлены закономерности влияния рецептурно-технологических факторов на реологию смесей и кинетику твердения вяжущего материала. Установлено, что максимальный синергетический эффект достигается при заметном снижении поверхностного натяжения водной фазы и значительном водоредуцирующем действии, при этом существенно повышается плотность и скорость набора прочности цементного камня.

Установлены зависимости влияния рецептурных факторов на свойства мелкозернистых бетонов на заполнителях с низким модулем крупности и комплексных наноструктурированных добавок, состоящих из гиперпластификатора, наночастиц активированного бентонита или золь-геля кремниевой кислоты. Полученные зависимости позволяют направленно регулировать физико-механические характеристики бетонов на некондиционном местном сырье.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе, является достаточной и обеспечивается комплексным подходом к решению поставленных задач, корректным применением современных методов исследования и

согласованностью полученных результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными.

Обоснованность подтверждается адекватным выбором методов исследования, соответствующих цели и задачам работы. Автором использован широкий спектр взаимодополняющих физико-механических и физико-химических методов оценки макро- и микроструктуры материалов: определение поверхностного натяжения методом висящей капли на тензиометре DSA100; лазерный гранулометрический анализ на анализаторе Horiba LB550; определение удельной поверхности на приборе ПСХ-12; рентгенофазовый анализ на дифрактометре Shimadzu XRD-6000; элементный анализ (EDS) и микроструктурные исследования на растровом электронном микроскопе Quanta 3D 200i; стандартные испытания по ГОСТ 310.3-76, ГОСТ 310.4-81, ГОСТ 10181-2014, ГОСТ 12730.1-2020, ГОСТ 10060.4-95. Обработка данных проводилась с применением методов математической статистики.

Теоретическая обоснованность базируется на рабочей гипотезе, согласно которой высокопрочные мелкозернистые бетоны могут быть получены на основе выявленных закономерностей влияния рецептурно-технологических факторов на свойства наноструктурированных композитов. Методология исследования строится на регулировании структуры и свойств материала комплексными наноструктурированными добавками, изменяющими поверхностные свойства воды затворения, взаимодействующей с продуктами гидратации.

Согласованность результатов подтверждается тем, что установленные закономерности не противоречат классическим положениям физической химии дисперсных систем, а данные РФА о трансформации гидросиликатных фаз в сторону низкоосновных соединений CSH(B) соответствуют известным закономерностям твердения цементных систем. Апробация на международных и всероссийских конференциях, публикация 25 научных трудов (10 статей ВАК РФ, 5 публикаций Scopus и WoS), внедрение в учебный процесс и личное выполнение автором всего цикла исследований дополнительно подтверждают высокую степень обоснованности сформулированных положений.

Достоверность результатов подтверждается согласованностью полученных данных с известными теоретическими и экспериментальными данными и их непротиворечивостью современным представлениям о строении поверхностного слоя и получении высокопрочных композитов.

Экспериментальные данные получены с использованием сертифицированного и метрологически поверенного оборудования и аттестованных методик. Применён комплекс взаимодополняющих методов (тензиометрия, лазерная гранулометрия, РФА, электронная микроскопия, стандартные испытания по ГОСТ), а обработка результатов выполнена методами математической статистики. Дополнительно достоверность подтверждается апробацией на международных и всероссийских конференциях, публикацией 25 научных трудов (10 статей ВАК РФ, 5 публикаций Scopus и WoS), внедрением в учебный процесс и личным выполнением автором всего цикла исследований.

Оценка содержания диссертации

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна работы и ее практическая значимость.

Первая глава посвящена изучению и анализу опыта отечественных и зарубежных ученых в области разработки и внедрения высокопрочных мелкозернистых бетонов на основе наноструктурированных компонентов, а также использованием мелких заполнителей различного модуля крупности, в том числе месторождений ЧР в строительство.

Во второй главе приведены основные сведения о физико-технических и химических характеристиках используемых материалов, основные технические характеристики экспериментального оборудования, а также описана методика проведения экспериментальных исследований.

Третья глава посвящена результатам получения наноструктурированных добавок и оптимизации параметров наночастиц за счёт изменения условий экспериментов и вводимых компонентов. Исследовано поверхностное натяжение воды затворения под действием этих добавок — отдельно и совместно с гиперпластификаторами — с определением максимальной эффективности. Показано влияние изменения поверхностных свойств воды затворения на диспергирование цемента различных фракций, бентонита и природного песка с использованием наиболее эффективного гиперпластификатора, а также на степень уплотнения цементного порошка. Изучены реология и физико-механические свойства цементного теста и камня при комплексном и отдельном применении нанодобавок и гиперпластификатора.

Четвёртая глава посвящена экспериментальному подтверждению эффективности разработанных составов. В ней представлены микрофотографии сколов цементного камня, отражающие особенности его

структуры, и результаты рентгенофазового анализа образцов, изготовленных с использованием комплексных наноструктурированных добавок. Кроме того, в главе приведены прочностные показатели мелкозернистых бетонов, изготовленных по ГОСТ 310.4-81, характеризующихся подвижностью ПЗ и П1 и приготовленных на мелких песках месторождений Чеченской Республики. Совокупность полученных результатов даёт основание утверждать, что разработанные комплексные добавки обладают полифункциональным действием: они способствуют повышению ранней и проектной прочности бетона и одновременно обеспечивают водоредуцирующий и пластифицирующий эффекты.

В пятой главе диссертационного исследования представлены результаты определения технико-экономической эффективности разработанных составов мелкозернистых бетонов, что позволяет оценить целесообразность и практическую значимость их применения. Кроме того, в данной главе описана последовательность технологического процесса производства мелкозернистых бетонов на комплексных наноструктурированных добавках, включая основные этапы и технологические операции.

В заключении работы сформулированы общие выводы, обобщающие результаты проведённого исследования, а также намечены перспективы для дальнейшей разработки данной темы, что определяет направления последующих научных изысканий.

Замечания по диссертационной работе:

1. Требуется уточнить влияние комплексных наноструктурированных добавок и мелких песков ЧР на усадочные деформации и прочность образцов в длительные сроки твердения, так как местные мелкие заполнители как указано в главе 2 содержат примеси и существует вероятность такого исхода.
2. Не указано, проводилась ли оценка стабильности поверхностного натяжения воды затворения при введении различных добавок.
3. Желательно было бы сравнить эффективность разработанных комплексных добавок с известными промышленными аналогами, что позволило бы более объективно оценить их конкурентные преимущества.
4. В тексте автореферата встречаются отдельные стилистические неточности, не влияющие на общее содержание работы.

Сделанные замечания не снижают общего благоприятного впечатления от работы, выполненной на хорошем научно-методическом уровне.

Заключение

Диссертационная работа написана грамотно, аккуратно, логично и последовательно, снабжена достаточным количеством ссылок на литературу, содержит необходимое число рисунков и таблиц, наглядно иллюстрирующих полученные результаты. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Учитывая всё сказанное, считаю, что диссертационная работа Абдуллаева Абухана Магомедовича на тему «Разработка комплексных наноструктурированных добавок для получения высокопрочных мелкозернистых бетонов» написана на актуальную тему, содержит элементы научной новизны и практической ценности. Работа отличается целостностью структуры и выполнена грамотным научно-техническим языком. Сделанные выводы обоснованы на основе проведённых исследований и полностью соответствуют основным положениям в области материаловедения.

Диссертационная работа «Разработка комплексных наноструктурированных добавок для получения высокопрочных мелкозернистых бетонов» соответствует требованиям п.п. 9-11 и 13- 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. с изм., внесенными Решением Верховного Суда РФ от 21.04.2014 N АКПИ14-115, Постановлением Правительства РФ от 26.05.2020 N 751 (в ред. Постановлений Правительства РФ от 21.04.2016 N 335, от 02.08.2016 N 748, а ее автор, Абдуллаев Абухан Магомедович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 – Строительные материалы и изделия.

Директор
по научно-техническому сопровождению
общества с ограниченной ответственностью
«Центр развития строительных технологий»
канд. техн. наук, доцент



С.А. Удодов

Подпись к.т.н. Удодова С.А. заверяю

Генеральный директор

«30» 09 2026 г.



И.В. Бондаренко