

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

**доктора технических наук, профессора Низиной Татьяны Анатольевны
на диссертационную работу Демьяненко Ольги Викторовны на тему
«Мелкозернистый бетон с многоуровневой структурой,
регулируемой полифункциональной добавкой,
и повышенными эксплуатационными свойствами»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.1.5 Строительные материалы и изделия**

Актуальность темы диссертационного исследования

В связи с необходимостью повышения темпов строительства в Российской Федерации к вопросам модернизации и внедрения новых технологий в строительной отрасли, к качеству современных строительных материалов предъявляются жесткие требования при одновременном снижении материальных и энергетических затрат на их производство. По-прежнему одним из наиболее широко применяемых конструкционных материалов является цементный бетон. Производству мелкозернистого бетона уделяется особое внимание в районах, где отсутствует крупный заполнитель (в том числе, северные районы России).

Для повышения качества и востребованности бетона необходимы новые знания о процессах структурообразования в цементном камне с функциональными добавками на макро- и микроуровне, а также об упаковке зерен мелкого заполнителя в цементной матрице, влияющих на основные характеристики – прочность, морозостойкость, водонепроницаемость, деформативность. Поэтому цель диссертационного исследования, заключающаяся в разработке научно обоснованных подходов к формированию состава и свойств мелкозернистого бетона с многоуровневой структурой, регулируемой полифункциональной добавкой, без сомнений, является актуальной.

Структура и содержание работы

Представленная на отзыв диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 211 наименований. Диссертационная работа изложена на 208 страницах машинописного текста, содержит 48 таблиц, 68 рисунков и 3 приложения.

Общая характеристика работы

Во введении дана общая характеристика диссертационной работы, обоснованы актуальность научного направления, теоретическая и практическая значимость, новизна полученных результатов.

Первая глава посвящена анализу современного состояния проблемы разработки составов мелкозернистого бетона с модифицирующими добавками. Показаны различные приемы повышения качества бетона: оптимизация состава компонентов смесей, применение модифицирующих добавок и тонкодисперсных минеральных наполнителей, проектирование состава и др. Отмечено, что основным достоинством мелкозернистых бетонов является его многофункциональность, а также возможность применения местных материалов и техногенных отходов предприятий регионов, что позволяет производить изделия с более низкой себестоимостью.

Во второй главе описаны применяемые в работе материалы и методы исследований. Для получения полифункциональной добавки для мелкозернистого бетона соискателем использовались следующие компоненты: наноразмерный диоксид кремния, микрокремнезем, микрокальцит и термомодифицированный торф. Для оценки структурных характеристик цементного камня применялись физико-химические методы анализа. Физико-механические испытания проводились в соответствии с действующими российскими стандартами и методиками.

В третьей главе приведены результаты исследования влияния двухкомпонентных модифицирующих добавок на физико-механические характеристики цементного камня. Обоснован выбор компонентов для получения полифункциональной добавки, близких по вещественному составу с цементом, но имеющих разную структуру и свойства (нано-SiO₂ и микрокомпонент (микрокремнезем, микрокальцит, МТ-600). Представлены результаты физико-механических испытаний цементного камня. Установлено, что введение полифункциональной добавки повышает прочность цементного камня на: 38,6; 31,3; 72,2 и 79,7% для 3, 7, 28 и 120 суток твердения по сравнению с контрольными образцами.

Исследованы физико-химические процессы гидратации модифицированного цементного камня с различными добавками.

В четвертой главе предложен способ проектирования состава мелкозернистого бетона, который учитывает структурно-технологические характеристики дисперсных материалов, особенности взаимодействия компонентов на разных масштабных уровнях, и тем самым позволяет получать бетоны с высокими эксплуатационными свойствами. Приведены расчетные составы мелкозернистого бетона с полифункциональной добавкой с использованием аналитического метода проектирования. Изучено изменение физико-механических характеристик мелкозернистого бетона: прочность при сжатии и изгибе, морозостойкость, водонепроницаемость, деформативность и др. Автором установлено, что введение 5% полифункциональной добавки в состав мелкозернистого бетона, а также рационально подобранное соотношение компонентов заполнителей (отсев щебня и песок) приводит к уплотнению структуры бетонов, что позволяет обеспечить высокую трещиностойкость и деформативность.

В пятой главе представлена технологическая схема изготовления полифункциональной добавки и модифицированной бетонной смеси на его основе. Приведен экономический анализ разработанных составов полифункциональной добавки и мелкозернистого бетона.

В заключении сформулированы основные выводы и рекомендации по практическому применению результатов работы.

Внедрение результатов диссертационного исследования Демьяненко Ольги Викторовны осуществлено на двух объектах строительства, а также в инновационном центре, что свидетельствует об их актуальности и востребованности. Результаты диссертационной работы достаточно полно опубликованы в 32 научных работах, в том числе 10 – в журналах из перечня ВАК РФ, 6 – в изданиях, индексируемых в международной базе SCOPUS и Web of Science.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов подтверждается обоснованным выбором новейших методов исследования, использованием испытательного оборудования с высокой степени воспроизводимости результатов, применением стандартных методик. Анализ результатов, их апробация и результаты промышленного внедрения разработанных составов и методики проектирования состава, свидетельствуют о достоверности и обоснованности сформулированных в работе основных положений, выводов и рекомендаций.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна положений заключается в разработке принципов формирования составов модифицирующих добавок для цементных композиций синергетического действия, обладающих различным составом, дисперсностью и соотношением гидрофильно-гидрофобных свойств. Выявлен эффект повышения прочности при сжатии цементного камня до 32% (90 МПа) с введением в цементную матрицу 0,03% добавки нано-SiO₂ от массы цемента, что связано с образованием дополнительного количества высокопрочных низкоосновных гидросиликатов кальция и увеличением центров кристаллизации на первичной стадии гидратации цемента. Установлено, что формирование плотной и однородной структуры мелкозернистого бетона на различных масштабных уровнях, а также повышение его свойств (пределы прочности при сжатии и изгибе, водонепроницаемость, морозостойкость) связано с применением разработанной полифункциональной добавки и проектированием состава бетона, с учетом структурно-технологических характеристик дисперсных компонентов.

Соискателем предложена методика проектирования состава мелкозернистого бетона, заключающаяся в разработке алгоритма и модернизации математической модели формирования плотной упаковки бетона, позволяющей учитывать при расчете состава бетонной смеси совокупность дисперсных материалов с размерами частиц до 5 мм, а также толщину пленки обмазки зерен дисперсных материалов цементным тестом. Представлены результаты исследований структуры и свойств мелкозернистого бетона с полифункциональной добавкой.

Все вышеизложенное свидетельствует о достаточно высоком уровне проведенных автором теоретических и экспериментальных исследований.

Значимость полученных автором результатов для науки и практики

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в развитии представлений о формировании однородной, плотной структуры цементного камня и мелкозернистого бетона на различных масштабных уровнях, в соответствии с принципами полидисперсного соответствия, вещественного подобия и структурно-технологических характеристик микродисперсных материалов, включая наноразмерные частицы. Разработана полифункциональная добавка из МК/МСа/МТ-600/Тs38 (45,2/45,1/9,1/0,6 %), обеспечивающая повышение прочности цементного камня на сжатие и изгиб до 117,3 МПа и 12,5 МПа соответственно, снижение водопотребности на 5 %, ускорение сроков схватывания. Оценена эффективность ее влияния на эксплуатационные свойства мелкозернистого бетона. Разработаны технические условия на полифункциональную добавку.

Модернизирована математическая модель плотной упаковки бетона, позволяющая учитывать при проектировании состава бетонной смеси дисперсность используемых компонентов. Разработан алгоритм проектирования состава мелкозернистого бетона с учетом структурно-технологических характеристик микродисперсных компонентов и толщины обмазки зерен заполнителя цементным тестом, обеспечивающий получение однородной, плотной структуры мелкозернистого бетона с высокими эксплуатационными свойствами.

Разработаны и рекомендованы к промышленному производству составы мелкозернистого бетона с многоуровневой полифункциональной добавкой в количестве 5 % от массы цемента, обеспечивающей следующие эксплуатационные характеристики бетона: класс по прочности В60, прочность при изгибе – 12,5 МПа, морозостойкость - F₁₈₀₀, водонепроницаемость – W₁₆. Результаты подтверждаются актами опытно-промышленных испытаний и внедрения.

Предложена технология производства модифицированного мелкозернистого бетона, обеспечивающая повышенные эксплуатационные характеристики материала. Определена экономическая эффективность разработанной полифункциональной добавки и мелкозернистого бетона, составляющая 19 % по сравнению с заводскими аналогами.

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

По диссертационной работе возникло несколько вопросов и замечаний:

1. На мой взгляд, в работе недостаточно подробно изложены сведения об используемых алгоритмах расчета составов полифункциональных добавок (как стехиометрическом, так и экспериментальном), приведенных в параграфе 3.3, что затрудняет понимание почему были выбраны именно такие составы (состав 1: МК – 14,4 %; МСа – 80 %; МТ-600 – 5 %; Ts38 – 0,6 %; состав 2: МК – 45,2 %; МСа – 45,1 %; МТ-600 – 9,1 %; Ts38 – 0,6 %).

2. Считаю, что при разработке составов полифункциональных добавок и бетонов на их основе следовало бы более активно использовать методы планирования экспериментальных исследований, в том числе метод крутого восхождения, который позволил бы быстрее выявить область оптимума, в том числе при многокритериальной оптимизации. Также ряд результатов, представленных в виде объемных таблиц, явно более удачно смотрелись бы в виде графических зависимостей.

3. Из диссертационной работы не совсем понятно можно ли учесть в используемой модели СРМ геометрию частиц заполнителей различных фракций, в частности, отсутствие сферичности, что характерно для большинства видов дисперсных наполнителей. Через какие показатели представленных в главе 4 уравнений можно учесть минеральный состав наполнителей?

4. Также есть вопросы по используемому программному комплексу *T-sim*:

- Есть ли возможность при использовании текущей версии программы расширить комплекс критериев оптимизации (судя по тексту диссертации, на данный момент их три – осадка конуса и предел прочности при сжатии в возрасте 7 и 28 суток), если, например, есть дополнительные требования по плотности, пределу прочности при изгибе и т.д.?

- В каком виде представляются ограничения по возможным уровням технологических и эксплуатационных показателей? Очевидно же, что при попытке за проектировать составы, бетоны на основе которых должны обладать комплексом более высоких показателей, чем рядовые, требуемого решения может не быть, тем более при многокритериальной оптимизации.

- Как происходит выбор рекомендуемого состава, если целый ряд комбинаций варьируемых показателей (судя по рис. 4.6-4.9 диссертации и рис. 11-12 автореферата, это расход цемента, щебня/песка и воды) отвечает предъявляемым требованиям?

5. В работе встречаются незначительные смысловые погрешности и опечатки.

Сделанные замечания не снижают научную и практическую значимость диссертационного исследования, выполненного О.В. Демьяненко.

**Заключение о соответствии диссертации критериям
«Положения о порядке присуждения ученой степени»**

Анализ работы позволяет сделать вывод, что диссертация на тему «Мелкозернистый бетон с многоуровневой структурой, регулируемой полифункциональной добавкой, и повышенными эксплуатационными свойствами», является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащую научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной. Диссертационная работа полностью соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям в соответствии с Положением о присуждении ученых степеней, утвержденного Правительством РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции, а ее автор Демьяненко Ольга Викторовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 Строительные материалы и изделия.

Официальный оппонент:
доктор технических наук
(05.23.05 – Строительные материалы и изделия),
профессор, профессор кафедры
«Строительные конструкции»



Низина
Татьяна Анатольевна
09.09.2022

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва»
430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68
Тел.: 8(8342) 47-71-56, e-mail: nizinata@yandex.ru

Подпись Низиной Т. А. заверено:

Учётный секретарь

учёного совета университета

профессор

М. М. Туров

