

ОТЗЫВ

на диссертационную работу *Демьяненко Ольги Викторовны*
*«Мелкозернистый бетон с многоуровневой структурой,
регулируемой полифункциональной добавкой,
и повышенными эксплуатационными свойствами»,*
представленную к защите на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и
изделия

На отзыв были представлены:

- диссертационная работа, состоящая из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и 3 приложений. Общий объем 208 страниц, из них 200 страниц текста, включающих 68 рисунков, 48 таблиц. Библиографический список включает 211 наименований.
- автореферат диссертации на 24 страницах.

В нашей стране в последнее время увеличивается темп строительства, что обусловлено стратегией строительного комплекса России до 2030 года, предусматривающая развитие инновационных технологий производства строительных материалов высокого качества. Особое внимание уделяется мелкозернистым бетонам, используемым для изготовления тонкостенных конструкций сложной конфигурации, безнапорных и низконапорных труб, ударостойких и изгибаемых конструкций. Производство мелкозернистых бетонов ограничивается в связи с недостаточной системной информацией о закономерностях формирования составов, структуры, технологических процессов, свойств, сложностью обеспечения стабильности требуемых характеристик, большим расходом цемента и повышенной стоимостью.

Таким образом, диссертационная работа, актуальна, так как затрагивает вопросы научно обоснованного выбора сырья, разработки нового эффективного компонента – полифункциональной добавки, достижения оптимальной упаковки зерен заполнителя, регулирования структурообразующих процессов на различных масштабных уровнях,

совершенствования проектного этапа при разработке составов мелкозернистого бетона с учетом различных параметров.

Об актуальности выбранной темы работы также свидетельствует выполнение исследований в рамках научных проектов: при поддержке гранта Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «У.М.Н.И.К» (2016–2018 гг.), № FEMN-2020-0004 «Развитие физических представлений и технологий получения металлических и неметаллических наноструктурированных материалов».

Общая характеристика работы

Во введении обоснованы актуальность темы диссертации, степень ее разработанности, формулирование цели и задач, научной новизны, теоретической и практической значимости работы, отражены основные положения, выносимые на защиту, приведены сведения о степени достоверности полученных результатов, их апробация и внедрение.

В первой главе представлен анализ состояния исследований российских и зарубежных авторов по получению мелкозернистых бетонов повышенного качества. Проведен анализ основных проблем при разработке составов и технологий производства мелкозернистых бетонов, связанных с трудностью получения их однородной структуры и стабильности свойств. Приведен анализ свойств и факторов, влияющих на конечные физико-механические характеристики мелкозернистого бетона с повышенными эксплуатационными свойствами.

Во второй главе описаны основные характеристики применяемых материалов и методов исследования.

В третьей главе представлены результаты исследований влияния разработанных комплексных (двухкомпонентных) и полифункциональной добавок на свойства цементного камня. Обоснован выбор компонентов добавок, близких по вещественному составу с цементом, но имеющих разную структуру и свойства: нано-SiO₂, микрокремнезем (МК),

микрокальцит (МСа), термомодифицированный торф (МТ-600). Представлена модель формирования вещественного состава полифункциональной добавки. Эффект действия полифункциональной добавки достигается за счет выстраивания структуры цементного камня на различных масштабных уровнях в соответствии с принципами полидисперсного соответствия и вещественного подобия с использованием выбранных веществ, и предположительно приобретаемыми свойствами цементного камня с каждым последующим микродисперсным компонентом добавки. Установлено, что введение полифункциональной добавки (ПД) повышает прочность цементного камня на 38,6 % (3 суток твердения), в 7 суток до 31,3 %, в 28 суток на 72,2 %, в 120 суток на 79,7 % по сравнению с контрольными образцами. Раскрыты физико-химические процессы гидратации модифицированного цементного камня с различными добавками.

В четвертой главе предложен алгоритм проектирования состава мелкозернистого бетона, учитывающий структурно-технологические характеристики дисперсных материалов: индекс компактности сыпучих материалов K ; кривую распределения частиц по размерам, коэффициенты их взаимодействия (функции α , функция β), критический диаметр раздвижки зерен заполнителей x_0 и толщину обмазки их цементным тестом; представлены расчетные составы мелкозернистого бетона с полифункциональной добавкой с использованием аналитического метода проектирования, определены их физико-механические характеристики (прочность при сжатии и изгибе, морозостойкость, водонепроницаемость, деформативность и др.). Показано, что разработанный состав мелкозернистого бетона работает упруго в более широком диапазоне нагрузок, что позволяет обеспечить высокую трещиностойкость и деформативность бетона на основе модифицированного цемента.

В пятой главе предложена технология производства полифункциональной добавки и модифицированной бетонной смеси с использованием типового бетоносмесительного оборудования.

Дополнительно организован пост приготовления полифункциональной добавки. Представлены рекомендации по используемому оборудованию и основным этапам технологического оборудования. Представлена экономическая эффективность разработанного мелкозернистого бетона и приведены результаты внедрения разработок автора.

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

Автор в своих исследованиях опирается на результаты фундаментальных и прикладных исследований в области получения высококачественных мелкозернистых бетонов, использует анализ научно-технической литературы, а также применяет комплекс методов исследования с использованием современного высокотехнологичного оборудования, что позволило получить обоснованные достоверные результаты.

Основные выводы, представленные в заключении диссертации и автореферате диссертации, отражают содержание и результат проведенных экспериментально-теоретических исследований, раскрывают полноту решения поставленных в работе задач.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечена тем, что: изложенные положения базируются на общепризнанных законах строительного материаловедения, химии, физики; данные по исследованию системы «цемент-добавка», состава, структуры, свойств, базирующихся на методах, включающих рентгенофазовый анализ, количественный фазовый анализ, электронно-микроскопический анализ и анализ элементного состава добавок, дериватографический анализ; теоретические аспекты гипотезы согласуются с экспериментальными данными, в том числе полученными другими авторами. Выводы и рекомендации, изложенные в диссертации, получили положительную апробацию и внедрение в строительной отрасли на предприятия: ООО «Кадегис», инновационный центр «Сколково», ООО «ИСЦ «Стройпроект», ООО «ПСК «ВЕСТА», а также используются в учебном процессе.

Новизна диссертационной работы заключается: установлен эффект повышения прочности при сжатии цементного камня до 32 % (90 МПа) с введением в цементную матрицу добавки нано-SiO₂ (размер частиц до 40 нм) в количестве 0,03 % от массы цемента, что связано с образованием дополнительного количества высокопрочных низкоосновных гидросиликатов кальция и увеличением центров кристаллизации на первичной стадии гидратации цемента. Доказано, что нано-SiO₂, с учетом структурных характеристик добавки, ее содержания, способов получения наноразмерных частиц и условий их введения в цементную матрицу, является инициатором формирования структуры и прочностных свойств в системе «нано-SiO₂ – микродисперсный компонент – цемент»; установлено, что комплексные (двухкомпонентные) добавки на основе нано-SiO₂ (Ts38) и микродисперсных компонентов (микрокремнезем, микрокальцит, термомодифицированный торф), близких по вещественному составу к цементу, но имеющих разную структуру и свойства, обеспечивают повышение прочности на сжатие цементного камня от 94 до 106 МПа по сравнению с контрольными значениями. Совместное введение нано-SiO₂ (Ts38) и микрокальцита обеспечивает дополнительные центры кристаллизации и равномерное распределение продуктов гидратации по объему цементного теста; с микрокремнеземом активизируется образование дополнительного количества высокопрочных низкоосновных гидросиликатов кальция и связывание гидроксида кальция в нерастворимые соединения; с микродисперсным термомодифицированным торфом повышается прочность цементного камня на изгиб до 29 % (5,9 МПа), а за счет его гидрофобно-гидрофильных свойств (содержание органических веществ до 8 %) снижается водопотребность; установлено, что полифункциональная добавка для мелкозернистых бетонов, включающая в установленном количестве нано-SiO₂, микрокремнезем, МТ-600 и микрокальцит, создает условия для многоуровневого формирования структуры композиционного материала, обеспечивает повышение прочности при сжатии цементного камня на 72,2 %

(117,3 МПа), на изгиб – на 53,7 % (12,5 МПа) по сравнению с контрольным, водопотребность снижается на 5 %, что связано с ускорением процессов первичной самоорганизации формирования структуры цементного камня, где инициатором физико-химического взаимодействия компонентов добавки с продуктами гидратации цемента является нано-SiO₂, что подтверждает синергетический эффект действия выбранных микродисперсных компонентов.

Установлено, что формирование плотной и однородной структуры мелкозернистого бетона на различных масштабных уровнях, а также повышение его эксплуатационных характеристик (прочности при сжатии - до 77,1 МПа, на изгиб - до 12,5 МПа, водонепроницаемости, морозостойкости) связано с применением разработанной полифункциональной добавки и проектированием состава бетона, с учетом структурно-технологических характеристик дисперсных компонентов.

Теоретическая 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.

Практическая значимость работы:

1. Разработана полифункциональная добавка из МК – 45,2 %; МСа – 45,1 %; МТ-600 – 9,1 %; Ts38 – 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.

2. 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.

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

4. Предложена технология производства модифицированного мелкозернистого бетона, обеспечивающая повышенные эксплуатационные характеристики материала. Определена экономическая эффективность разработанной полифункциональной добавки и мелкозернистого бетона, составляющая 19,0 % по сравнению с заводскими аналогами.

Техническая новизна научных исследований подтверждена патентом на изобретение РФ № 2576766 от 10.03.2016.

Оценка публикаций автора

По результатам выполненных в диссертационной работе исследований опубликовано 32 научные работы, в том числе 10 – в журналах из перечня ВАК РФ, 6 – в изданиях, индексируемых в международной базе SCOPUS и Web of Science. Получен патент на изобретение. Публикации в полном объеме отражают основные положения диссертационной работы Демьяненко О.В.

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы:

1. Известны работы Лукутцовой Н.П., в которых представлены вопросы регулирования структуры композиционных материалов на микро- и наноуровне с использованием микрокремнезема и нанокремнезема, полученного с использованием золь-гель технологий. Учитывались ли автором эти работы при составлении литературного обзора по теме диссертации.

2. Автор при составлении модели формирования вещественного состава комплексной модифицированной добавки для МЗБ (рис. 3.2 диссертации) предполагает, что совместное использование микрокальцита и нано-SiO₂ позволит обеспечить равномерность распределения дисперсных частиц в объеме цементного теста, в отличие от других комплексных добавок. За счет чего обеспечивается равномерность распределения дисперсных частиц?

3. Чем автор объясняет эффективность использования добавки Ts38 (табл. 3.1, стр. 77; рис. 3.8, стр. 86 диссертации) для модификации цементного камня. За счет чего происходит снижение водоцементного отношения при использовании этого вида нано-SiO₂, хотя известно, что наличие высокодисперсного компонента увеличивает водопотребность теста? Очевидно, эффект связан с характером поверхности нанокремнезема или способом его получения.

4. Как оценивалось однородное перемешивание сухого цемента с нанодисперсным кремнеземом? Известно, что наноразмерные добавки агломерируются в сухом виде, и при перемешивании с портландцементом в сухом состоянии сложно достичь однородного распределения.

Указанные замечания не влияют на общий положительный отзыв.

Диссертация Демьяненко Ольги Викторовны представляет собой завершенное научное исследование на актуальную тему. Работа написана грамотным техническим языком, графический материал выполнен на

высоком уровне. Положения, выводы и рекомендации соответствуют цели и задачам исследования, подтверждены экспериментальными данными. Работа содержит ряд новых научных результатов, несущих существенные теоретическое и практическое значение для развития строительного материаловедения. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Учитывая актуальность затронутых вопросов, научную новизну, теоретическую и практическую значимость полученных результатов, считаю, что диссертационная работа на тему **«Мелкозернистый бетон с многоуровневой структурой, регулируемой полифункциональной добавкой, и повышенными эксплуатационными свойствами»** 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
по специальности 05.23.05 –
Строительные
материалы и изделия, профессор,
заведующая кафедрой
«Строительные материалы,
автомобильные дороги и
деревообработка» ФГБОУ ВО
«Восточно-Сибирский
государственный университет
технологий и управления»



Урханова
Лариса Алексеевна



30 августа 2022 г.

Адрес: ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», 670000, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д.40 в, стр. 1.

Телефон: (3012) 43-14-15

E-mail urkhanova@mail.ru

Сайт: <https://esstu.ru/index.htm>