

ОТЗЫВ

официального оппонента, профессора кафедры «Инженерная экология» Белорусского национального технического университета, д.х.н., профессора Яглова Валерия Николаевича на диссертационную работу Полониной Елены Николаевны «Конструкционный бетон, модифицированный комплексной добавкой, содержащей гидротермальный нанокремнезем и углеродные нанотрубки», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия в совет Д 02.05.05 по защите диссертаций при Белорусском национальном техническом университете

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки.

Диссертация Полониной Е.Н. соответствует отрасли науки и специальности 05.23.05 - строительные материалы и изделия в части п. III. 1 и III. 2., по которой она представлена к защите.

Диссертация включает введение, общую характеристику работы, пять глав, заключение, библиографический список и приложения. Диссертация изложена на 191 страницах, включая 79 рисунка и 44 таблицы и приложения на 229 стр. Библиографический список включает 307 наименований зарубежных и отечественных авторов, из которых 56 – авторские работы.

2. Актуальность темы диссертации.

Тема диссертации актуальна с практической и научной точек зрения.

3. Степень новизны результатов диссертации и научных положений, выносимых на защиту.

Представленная работа является достаточно обширным научным исследованием, которая вносит существенный вклад в новое научное направление в строительном материаловедении – наномодифицированные бетоны.

К настоящему времени выполнено большое количество исследований, посвященных использованию наночастиц различных материалов для направленного улучшения физико-технических характеристик бетона, таких как механическая прочность при сжатии, изгибе и растяжении, модуля упругости, водонепроницаемости, снижения усадки, сохранения стальной арматуры. В большинстве случаев эксперименты по модифицированию выполнены с наночастицами SiO_2 в разных формах: пирогенные нанопорошки, нанопорошки, осажденные из растворов жидкого стекла, наночастицы в комбинации с микрокремнеземом и др.

Несмотря на все положительные эффекты, нанокремнезем, полученный разными методами, показывает значительный разброс характеристик.

Автором правильно отмечена исключительная роль гидротермальных наночастиц SiO_2 , полученных в гидротермальных условиях, которые обладают высокой удельной поверхностью, и плотностью химически активных поверхностных силанольных групп Si-OH.

С отзывом ознакомлен 25.11.2011 г.
Яглов В.Н. Полонина Е.Н.

Другим наноматериалом используемым автором для наноармирования бетона были углеродные нанотрубки (МУНТ). Область их использования достаточно широка. Эти добавки обладают большей прочностью, чем обычные волокна, более высоким удлинением при небольшом диаметре волокон. Использование диспергирующих агентов показало высокую эффективность наноматериала при относительно малом его расходе. Объяснение их эффективности автор обосновано связывает с высоким энергетическим потенциалом поверхности углеродных наночастиц, а также с эффективностью процесса нано- и микроармирования. Нанотрубки и нановолокна автор справедливо относит также к материалам, повышающим скорость гидратации цемента и направлено изменяющим структуру гидросиликатов кальция, что повышает прочность, трещиностойкость и изменяет электрические свойства бетона.

В конце первой главы автор проводит анализ публикаций по применению методов нанотехнологий для исследования материалов с модельными вяжущими и правильно отмечает, что результатом наномодифицирования являются повышенные характеристики бетона, изменение структуры пор, повышение водонепроницаемости и абразивных характеристик, а также морозостойкости, химической стойкости и в целом долговечности бетона. Все это позволило обобщить цель исследования, как разработка способа модифицирования портландцементного бетона комбинированной добавкой, влияющей на наноструктуру C-S-H-геля, для повышения упруго-механических характеристик, показателей вязкопластичного разрушения и долговечности. В этой связи были определены задачи исследования для достижения поставленной цели.

Во второй главе «Материалы и методы, используемые в исследованиях» достаточно подробно описаны использованные в работе материалы и современные методики проведения эксперимента, включающие последовательность всех этапов подготовки и анализа объектов исследований. Следует отметить, что в работе использованы современные методы исследования физико-химических свойств исходных компонентов, бетонных смесей и твердых образцов бетона, а также минерально-фазовые составы и структурные характеристики цементного камня.

Автором разработаны более 50 новых рецептов материалов с содержанием малых доз наночастиц, что обеспечено испытанием более 500 образцов различных форм. На основании полученных экспериментальных данных автор обосновала и представила основные механизмы влияния наночастиц на структуру бетона.

Глава 3 посвящена технологии получения наноматериалов и изготовлению на их основе комплексной добавки. Автором обосновано использована сочетания известных компонентов комплексной добавки и разработан технологический регламент по ее изготовлению и применению. Автором реализована технология получения стабилизированной суспензии

комплексной добавки. В возрасте одного года размер частиц УНМ составлял от 0,165 мкм до 0,334 мкм, а частиц SiO_2 6,6 нм. Полученная смесь наночастиц после обработки в кавитаторе показало высокую седиментационную устойчивость. Склонность к осаждению наночастиц не наблюдалось, т. е. кавитатор обеспечил дезагрегацию наночастиц достаточно.

Влияние наноматериалов на свойства цементного камня рассмотрено в главе 4. В возрасте 4 часов не было выявлено значимого влияния наночастиц на повышение скорости гидратации основных минералов портландцементного клинкера. В возрасте 1 и 28 суток в присутствии наночастиц возрастает скорость поликонденсации кремнекислородных тетраэдров, благодаря действию поверхности наночастиц. Разность по прочности при сжатии между контрольными образцами и образцами, модифицированными наночастицами SiO_2 , и УНТ в раннем возрасте 1 – 3 суток составило порядка 13 %, а в возрасте 28 суток порядка 12 %, а разница прочности на изгиб составило, соответственно, 40 % и 22 %. Используя метод наноиндентирования установлено, что при введении комплексной нанодобавки увеличивается скорость гидратации алита и объемная плотность упаковки частиц, а, следовательно, повышаются и механические характеристики бетона.

Физико-технические свойства тяжелого бетона, модифицированного наночастицами представлены в главе 5. Эксперименты показали, что гидротермальный кремнезем оказывает на цемент тройное воздействие – усиливает процесс гидратации, блокирует поры, увеличивает клеящую способность вяжущего. Автором разработаны рецептуры вяжущих материалов, позволяющих повысить прочностные характеристики тяжелого бетона. При использовании комплексной добавки, содержащей гидротермальный нанокремнезем и углеродные нанотрубки, автору удалось повысить прочностные характеристики бетона на 80% по сравнению с использованием бетона без добавок. Причем использование комбинации наночастиц SiO_2 и МУНТ, прочностные характеристики возрастают на большую величину, чем при их отдельном использовании. Таким образом, при использовании комплекса физико-химических методов исследований было установлено наличие синергетического эффекта.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации обеспечены тем, что в диссертации автор системно использовала стандартизированные методики научных исследований; современные приборы и методы при проведении экспериментов; а также метод статистической обработки большого объема экспериментальных данных, с подтверждением полученных закономерностей производственной апробации результатов исследований.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации.

Научная значимость исследований заключается в установлении направленного воздействия на структуру С-S-H-геля малых и сверхмалых доз наночастиц и изменения пропорций наночастиц МУНТ и SiO_2 с целью повышения свойств бетона.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования состоит в развитии технологий модифицирования бетона малыми дозами наночастиц МУНТ и SiO_2 на основе их влияния на структуру С-S-H-геля.

Экономическая и социальная значимость результатов исследований – использование в комплексной добавке малых доз гидротермальных наночастиц SiO_2 и наночастиц МУНТ дает повышение физико-механических характеристик бетона за счет направленного действия наночастиц на структуру С-S-H-геля, что дополнительно приводит к снижению стоимости каждого 1 м^3 бетонной смеси до 34 бел. руб.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати.

Основные положения и результаты диссертационной работы в достаточной мере опубликованы в открытой печати. Всего по теме диссертации опубликовано 56 публикаций, в том числе 23 статьи в рецензируемых журналах, 8 из которых включены в издания перечня ВАК РФ, 26 статей и материалов докладов научно-технических конференций, 1 монография; получено 3 патента; разработан 1 межгосударственный стандарт, 2 производственно-практических издания.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК.

Работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК.

8. Замечания по диссертации.

8.1. Автор оптимизировала составы и технологию бетона с использованием обширного комплекса физико-химических методов исследований и математической обработки их результатов. Однако отмечая полученные результаты по улучшению характеристик бетона, модифицированного наночастицами SiO_2 и МУНТ следует отметить, что повышение качества бетона не всегда сопровождается пояснением действия наночастиц в твердеющем бетоне, тем более, что полученное влияние предложенных автором добавок носит экстремальный характер.

8.2. Автору следовало бы дать пояснение по каким признакам следует выбирать из широкого набора известных наночастиц те, которые могут дать положительный результат при их использовании. Тем более, что автор использовала не одну, а две нанодобавки.

8.3. Оптимальное количество нанодобавок определено автором по увеличению прочностных характеристик бетона. Было бы желательно более подробно связать этот эффект со структурными превращениями в твердеющем бетоне.

8.4. При использовании сокращений автор не всегда учитывала двойной смысл вводимых буквенных сокращений. Например, СН – портландцемент (хотя СН обозначает также сульфат натрия), G – модуль сдвига (также обозначается энергия Гиббса), Н – твердость (хотя также обозначается энтальпия химических реакций), R – добавка, использованная на БелАЭС (хотя также обозначается газовая постоянная).

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки проделанной работы.

9. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует.

На основании изложенного, можно сделать вывод, что представленная к защите работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней и присвоения ученых званий», а ее автор Полонина Е. Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук» за **новые** научно обоснованные результаты, полученные при исследовании свойств бетона с комплексной добавкой, и **включающие**:

– экспериментально обоснованные рациональные сочетания компонентов добавки МУНТ и SiO_2 в диапазоне 0,00003–0,0009 % и 0,000001–0,000008 % от массы цемента, соответственно, и поликарбоксилатный суперпластификатор в количестве 0,32 % – 0,5 % от массы цемента;

– результаты, полученные с использованием комплекса методов, которые выявили изменение в скорости и степени поликонденсации кремнекислородных тетраэдров – продуктов гидратации алита и коррелирующем повышении доли низкоосновных гидросиликатов кальция C-S-H(I) и тоберморитподобных структур с пониженными значениями отношения Ca/Si в составе фаз C-S-H-геля, что приводит к повышению упорядоченности структуры наночастиц C-S-H-геля, и как следствие, к повышению упорядоченности и объемной плотности укладки этих наночастиц в фазах C-S-H-геля, пропорциональному увеличению приведенного модуля упругости, твердости, физико-механических характеристик портландцементного камня и бетона;

что в совокупности позволило уменьшить стоимость наномодифицирования бетона за счет снижения расхода наночастиц до 34 бел. руб. за 1 м^3 .

Я, Яглов Валерий Николаевич, даю согласие на размещение данного отзыва на официальном сайте Белорусского национального технического университета.

Официальный оппонент:
Профессор кафедры «Инженерная экология»
Белорусского национального технического
университета, д. х. н, профессор



В. Н. Яглов

« 21 » 11 2022 г.



22

22 22.11.2022

Отзыв посетил в совете

 /Ковшор С.И./