

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Учреждения образования  
«Брестский государственный  
технический университет»

А.Г.Баханович

2022 г.

### ОТЗЫВ ОППОНИРУЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Учреждения образования «Брестский государственный технический университет» на диссертацию 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

Рассмотрев представленные советом по защите диссертаций Д 02.05.05 при Белорусском национальном техническом университете диссертацию и автореферат диссертации Полониной Елены Николаевны «Конструкционный бетон, модифицированный комплексной добавкой, содержащей гидротермальный нанокремнезем и углеродные нанотрубки», заслушав и обсудив доклад соискателя, а также проект отзыва оппонировавшей организации, подготовленный экспертом, доцентом кафедры технологии бетона и строительных материалов Павловой Инессой Павловной, кандидатом технических наук, доцентом, секция по техническим наукам научно-технического совета Учреждения образования «Брестский государственный технический университет» приняла следующее заключение:

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, общих выводов, списка использованной литературы и приложений. Работа содержит 420 страниц, из них 191 страницу основного текста.

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки

Содержание диссертации соответствует отрасли «Технические науки». Область исследований соответствует п. III.1 «Научные основы технологий получения и применения материалов, веществ искусственных и природных из древесины, каменных, гидроизоляционных, звукоизоляционных, огне- и термостойких, огне- и термозащитных, коррозионностойких и коррозионнозащитных, органических и неорганических вяжущих, асфальто-полимерцементных, цементоплимерных и цементобетонов, железобетонов, химических и минералогических добавок, разделительных смазок для форм и опалубок, заполнителей, а также технологий применения красок, клеев, химических и минеральных модификаторов свойств, мягчителей, растворителей,

наполнителей, пигментов, полимеров, стабилизаторов, металлов и их сплавов и др. в составе строительных материалов, изделий и конструкций на их основе» паспорта специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия, утвержденного приказом ВАК Республики Беларусь от 19 февраля 2021 г. №48.

## 2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи

Научный вклад соискателя в решение научной задачи заключается в:

– экспериментально обоснованных рациональных сочетаниях компонентов КД в бетон, включающей комбинацию наночастиц МУНТ и  $\text{SiO}_2$  в диапазоне 0,00003%–0,0009% и 0,000001%–0,000008% от массы цемента соответственно, и пластифицирующую добавку I группы на основе эфиров поликарбоксилатов в количестве 0,32%–0,5% от массы цемента, подтвержденных повышением механических и физических характеристик цементных композитов: повышение прочности бетона при сжатии – для раннего возраста (1-е, 7-е сутки) – более 90 %, в возрасте 28 суток – до 77 % (по сравнению с бетоном без добавок) и до 57 % по сравнению с бетоном, содержащим равное количество применяемого в добавке пластификатора; повышение коэффициентов интенсивности напряжений при нормальном отрыве и поперечном сдвиге; увеличение марки бетона по водонепроницаемости до W20 и по морозостойкости – до F500;

– экспериментальном подтверждении механизма действия комбинированной нанодобавки на структуру C-S-H-геля по результатам применения комплекса методов ТГ, РФА, ИК-спектроскопии, упругих ультразвуковых волн, НИ, заключающегося в: изменении 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, результирующем в повышении упорядоченности структуры наночастиц C-S-H-геля, и, как следствие, повышения упорядоченности и объемной плотности укладки этих наночастиц в фазах C-S-H-геля; пропорциональному увеличению приведенного модуля упругости, твердости, механических характеристик портландцементного камня и бетона.

## 3. Конкретные научные результаты, за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень

Результаты исследований и защищаемые научные положения являются новыми. Соискатель Полонина Елена Николаевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия за:

– разработку научно-практических основ получения новой комплексной добавки в бетон с комбинацией наночастиц ( $\text{МУНТ}+\text{SiO}_2$ ) в диапазоне малых доз, а также экспериментально выявленного их рационального соотношения с учетом повышения механических и физических характеристик бетона нормального веса;

– механизм повышения прочности модифицированных цементных композитов, экспериментально подтвержденный комплексом методов: по РФА – комплексная добавка способствует повышению доли низкоосновных гидросиликатов кальция C-S-H (I) и тоберморитподобных структур с пониженными значениями отношения Ca/Si в составе фаз C-S-H-геля, увеличению упорядоченности структуры наночастиц и фаз C-S-H-геля; ИК-спектральным анализом – за счет повышения скорости и степени полимеризации–поликонденсации кремнекислородных тетраэдров (продуктов гидратации алита), приводящих к повышению упорядоченности и однородности структуры, формы частиц C-S-H-геля и самого C-S-H-геля; методом упругих ультразвуковых волн – повышение модулей E и G; методом наноиндентирования – повышение модуля упругости и твердости C-S-H-геля, которые прямо пропорциональны объемной плотности упаковки наночастиц;

– экспериментально подтвержденную зависимость роста прочности цементного камня и конструкционного бетона нормального веса от входящих в состав компонентов комплексной добавки. Прирост средней прочности бетона на сжатие в случае применения комбинации наночастиц SiO<sub>2</sub> и МУНТ превышал эффект от ввода наночастиц SiO<sub>2</sub> и МУНТ отдельно в возрасте 1 сут до 35 %, 7 сут – до 15,0 %, 28 сут – до 14,6 % соответственно.

– экспериментально подтвержденное влияние комплексной добавки на свойства бетонной смеси и бетона для рецептур, используемых при строительстве БелАЭС (классы C20/25 – C50/60), а именно: достижение марки по удобоукладываемости П4–П5 при сохраняемости удобоукладываемости во времени 180 мин, для самоуплотняющихся смесей – Р4–Р6 при сохраняемости 120 мин; ранняя прочность бетона при сжатии увеличивалась до 60 %; прочность при сжатии в возрасте 28 суток – до 40 %; прочность бетона при осевом растяжении до 2,9 МПа и прочность бетона на растяжение при четырехточечном изгибе до 6,5 МПа; повышение марки бетона по водонепроницаемости и морозостойкости до W20 и до F500 соответственно.

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

Результаты, приведенные в диссертационном исследовании, научно обоснованы, так как получены соискателем, опираясь на классические положения теории бетоноведения с использованием стандартизированных и общепризнанных методик научных исследований, современных измерительных приборов и методов ведения экспериментальных исследований.

Основные положения диссертационной работы отражены в 56 публикациях, в том числе в 23 статьях в рецензируемых журналах, 8 из которых включены ВАК РБ в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, в 26 статьях и материалах докладов научно-технических конференций, в 1 монографии; получено 3 патента; разработаны 2 производственно-практических издания, что

свидетельствует о достаточной информированности научных кругов о полученных в диссертации результатах.

Анализ содержания диссертационной работы, обоснованность приведенных выводов, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, ответы соискателя на поставленные в ходе обсуждения вопросы свидетельствуют о том, что научная квалификация Е.Н.Полониной соответствует требованиям, предъявляемым к соискателям ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия.

#### 5. Конкретные рекомендации о возможности использования результатов диссертации

Практическая значимость результатов диссертационного исследования подтверждается использованием результатов диссертационного исследования при производстве железобетонных изделий – ограждающих конструкций градирен и фундаментных блоков на БелАЭС».

#### 6. Замечания по тексту и содержанию диссертации

6.1. Вероятно, в названии диссертации следовало бы отразить не только объект исследования, но и предмет.

6.2. В «целях и задачах исследования» в предложении «...Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи...» «необходимо было решить» следует заменить на «были решены».

6.3. На с. 7 диссертации в задачах «...разработать технологию, а также технологический регламент на приготовление и применение стабилизированной комплексной добавки (КД), включающей гидротермальный золь  $\text{SiO}_2$  и водную дисперсию углеродного наноматериала...». Является ли технологией механическое смешение двух ранее полученных другими учеными добавок?

6.4. «Объект исследования – конструкционный бетон». Следовало бы акцентировать внимание, что речь идет о конструкционных бетонах нормального веса, поскольку легкие конструкционные бетоны в работе не рассматриваются.

6.5. В главе 2 нигде не указано, какими положениями руководствовался соискатель при назначении возможных пропорций между компонентами в составе КД для экспериментальных исследований.

6.6. П. 3.1 и 3.2 из главы 3, возможно, следовало бы вынести в литературный обзор, поскольку указанные в этих пунктах технологии получения добавок принадлежат другим авторам.

6.7. На рис. 3.10 следовало бы выделить, какая часть в представленной схеме предложена лично соискателем.

6.8. С. 59 «Необходимое количество сухого вещества компонентов в комплексной добавке – МУНТ и  $\text{SiO}_2$ , а также дозировку комплексной добавки (% от массы цемента) определяет строительная (производственная) лаборатория в зависимости от требуемых технологических показателей бетонной смеси и

физико-технических свойств бетона.». Не приведет ли это к усложнению и удлинению рабочего процесса, поскольку в большинстве случаев представленные на рынке добавки поставляются в товарном виде с руководством по применению и не требуют дополнительных изысканий на производстве?

6.9. «...При оценке прочностных характеристик цементного камня выявлено, что введение добавки, при прочих равных условиях, эффективно для всех типов используемых вяжущих...». Сложно оценить «все» типы вяжущих, поскольку в работе упоминается только цементы ПЩ М500 Д0 ОАО «Белорусский цементный завод» и филиал №1 БЦК ОАО «Красносельскстройматериалы», которые схожи по своим характеристикам (относятся к алитовым цементам), а вяжущие – понятие весьма емкое, начиная от классификации на органические и минеральные, воздушные и гидравлические и т.д.

6.10. В работе нет оценки влияния КД на изменение удобоукладываемости бетонных смесей (к примеру, снижение В/Ц от 0,45 до 0,26 для составов №19–27 при сохранении удобоукладываемости ОК 21...22 см, табл. 2.2, с. 30). Опять же, оценка прочностных характеристик бетона осуществляется на составах с разными В/Ц (изменение от 0,45 до 0,26 для составов 19–27 табл. 2.2, с. 30). Как из полученных данных по прочности в таком случае вычленить влияние снижения В/Ц, и не может ли этот фактор оказаться превалирующим в повышении прочностных показателей?

6.11. Из работы не совсем ясно, предложен ли готовый коммерческий продукт с четко прописанными дозировками для производителей бетона, а также, к каким варьируемым параметрам бетонной смеси и бетона наиболее чувствительна КД, и как следует варьировать пропорции между МУНТ и гидротермальным золем  $\text{SiO}_2$ , а также общую дозировку добавки, например, при изменении вида цемента, расхода вяжущего и т.п.

Приведенные замечания не изменяют сущности, научной значимости результатов исследований, достоверности сделанных на их основе выводов и рекомендаций рассматриваемой диссертационной работы.

## Выводы

1. Диссертация Полониной Елены Николаевны представляет собой самостоятельную квалификационную научную работу в рамках выбранного направления исследований, которая выполнена на высоком научном уровне, содержит новые экспериментальные результаты и соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь.

2. Диссертация соискателя Е.Н.Полониной соответствует пункту 21 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь. Соискатель Полонина Елена Николаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук за новые научно-обоснованные теоретические и экспериментальные результаты, полученные при

разработке способа модифицирования портландцементного конструкционного бетона нормального веса малыми дозами наночастиц МУНТ и  $\text{SiO}_2$ , отличающиеся эффектом влияния на структуру С-S-H-геля, регулируемым изменением количества наночастиц; изменением пропорций наночастиц МУНТ/ $\text{SiO}_2$ ; при сохранении дозировки – изменением удельной поверхности наночастиц (за счет уменьшения или увеличения размеров наночастиц).

Доклад соискателя Полониной Елены Николаевны по диссертации и проект отзыва на нее, подготовленный кандидатом технических наук, доцентом Павловой Инессой Павловной, назначенной экспертом в соответствии с приказом ректора Учреждения образования «Брестский государственный технический университет» от 16.11.2022 № 142, были заслушаны и обсуждены на заседании секции по техническим наукам научно-технического совета университета, протокол от 01.12.2022 №5.

На заседании присутствовали 24 члена секции по техническим наукам научно-технического совета, из них 4 – с ученой степенью доктора наук и 19 – с ученой степенью кандидата наук.

Отзыв оппонировавшей организации после обсуждения принят открытым голосованием членов секции по техническим наукам научно-технического совета, имеющих ученые степени.

Результаты голосования:

«за» – 23;

«против» – нет;


«воздержались» – нет.

Мы, нижеподписавшиеся, даем согласие на размещение данного отзыва в открытом доступе на официальном сайте Белорусского национального технического университета.


Председатель заседания, проректор по научной работе университета, кандидат технических наук, доцент

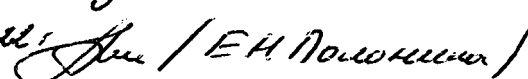
 Н.Н.Шалобита

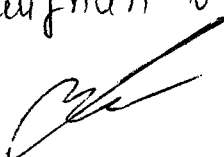
Эксперт, доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов, кандидат технических наук, доцент

 И.П.Павлова

Секретарь заседания, старший преподаватель кафедры прикладной механики

 Н.В.Бочарова

С отзывом ознакомлена  
05.12.2022 г.  / Е.Н.Полонина

Отзыв рассмотрен в совете  
05.12.2022 г.  / Кобаяши И.И.