

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу

**Панарина Игоря Ивановича** на тему:

**«КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЦЕМЕНТЫ, АКТИВИРОВАННЫЕ  
ОБОГАЩЕННЫМИ ЗОЛОШЛАКОВЫМИ СМЕСЯМИ, И ТОРКРЕТ-  
БЕТОНЫ НА ИХ ОСНОВЕ»**, представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 2.1.5 – «Строительные  
материалы и изделия»

### **Структура и объем работы.**

Для отзыва представлен автореферат и диссертация, состоящая из введения, пяти глав, выводов и библиографического списка. Диссертация состоит из 162 страниц печатного текста, в том числе содержит 21 таблицу, 69 рисунков, библиографический список из 142 наименований и 4 приложения.

### **Актуальность темы диссертационного исследования**

Диссертация Панарина Игоря Ивановича посвящена созданию цементных композиционных материалов для торкретирования. Предложено технологическое решение, обеспечивающее получение торкрет-бетонов на композиционном цементе (КЦ).

Представляется актуальным создание цементных материалов нового поколения на основе активированных композиционных цементов с применением обогащенных техногенных ресурсов алюмосиликатного состава для получения эффективных торкрет-бетонов.

В связи с этим тематика диссертационной работы Панарина И.И. является актуальной и важной.

**Целью работы** является разработать научно обоснованное технологическое решение, направленное на создание эффективных

композиционных цементов, активированных обогащенными золошлаковыми смесями, и торкрет-бетонов на их основе.

Научную новизну проведенных диссертационных исследований составляют следующие положения:

- Решена важная научная задача, заключающаяся в разработке составов и технологии получения композиционного цемента и торкретбетона на его основе с использованием местного сырья и отходов промышленности (золошлаковых отходов ТЭЦ и бетонного лома).

- Предложено научно обоснованное технологическое решение получения торкрет-бетона на композиционном цементе, заключающееся в применении техногенных ресурсов на основе отходов промышленности (золошлаковых смесей) и строительства (бетонного лома от разборки зданий и сооружений), активированных и гомогенизированных в вибрационной мельнице, которое позволяет управлять процессами структурообразования за счет сродства структур и формирования высокопрочных новообразований. Разработанная торкрет-бетонная смесь с низким значением отскока ( $<8\%$ ) обеспечивает уплотнение и упрочнение адгезионной контактной зоны с базовым материалом бетонной стены, приводя к более эффективной передаче нагрузок между слоями и увеличивая общую несущую способность всей конструкции. Установлено, что введение алюмосиликатной составляющей золошлаковой смеси, полученной ее двухступенчатым обогащением, в состав композиционного цемента, вследствие пуццолановой реакции (на наноуровне - до 50 нм), формирования центров кристаллизации новообразований (на микроуровне - 50-100 нм) и кольматации мезо- и макропор (на макроуровне - 0,1-1 мкм) способствует управлению структурообразованием цементного камня с формированием его высокопрочной микроструктуры.

- Обоснован механизм управления структурообразованием высокоплотного (показатель средней размерности открытых капиллярных пор  $\lambda=0,052$ , показатель однородности размеров открытых капиллярных пор  $\alpha=0,856$ ) бетонного композита, основанный на комплексном эффекте

компонентов композиционного цемента (алюмосиликатной составляющей и бетонного лома, подобранных и подготовленных по авторской технологии) рационального состава и гранулометрии. При усилении несущих железобетонных стен торкрет-бетоном на композиционных цементах адгезия между базовым и ремонтным слоями стены возрастает в 1,5 раза по сравнению с традиционным торкрет-бетоном.

- Впервые выявлены закономерности влияния различных факторов (состава и пропорции исходных компонентов, параметров их помола) на повышение комплекса эксплуатационных характеристик ремонтных материалов: марки по водонепроницаемости до W16, водопоглощения менее 6 мас. %, марки по морозостойкости выше F1300. Научно обоснованы зависимости между количеством введенных алюмосиликатов из обогащенной золошлаковой смеси (до 35 мас. %), физико-механическими свойствами и характеристиками поровой структуры цементных композитов, в частности снижается показатель средней размерности открытых капиллярных пор в 4 раза и повышается показатель однородности размеров открытых капиллярных пор в 3 раза, что способствует существенному повышению прочностных свойств и эксплуатационных характеристик торкрет-бетонов.

***Ценность работы для науки и практики*** обусловлена следующим:

- В развитие теории бетоноведения получены новые данные о технологических способах получения торкрет-бетонных смесей на основе композиционных цементов посредством энергосберегающих технологических процессов (усовершенствованы параметры флотации, магнитной сепарации и измельчения).

- Разработаны композиционные цементы класса ЦЕМ V 52.5 с использованием обогащённой золошлаковой смеси, замещающей портландцементный клинкер до 65 мас. %.

- Предложены составы торкрет-бетонных смесей на основе композиционных цементов с применением ранее не используемых сырьевых

ресурсов (алюмосиликатной составляющей обогащенной золошлаковой смеси, полученной по разработанной технологии), обеспечивающих создание высокоплотной упаковки гидратных новообразований, что в свою очередь способствует росту ранней прочности торкрет-бетонов на сжатие до 62%, на растяжение при изгибе – до 49%, коэффициента ударной вязкости – до 80%.

- Предложена энергоэффективная технология (50 кВт-ч на 1 м<sup>3</sup>) получения алюмосиликатной составляющей КЦ путем обогащения золошлаковой смеси, включающего ее флотацию и магнитную сепарацию. При замещении обогащенной золошлаковой смесью портландцементного клинкера более 35 мас. %, она является регулятором структурообразования композиционного цемента, повышая физико-механические свойства и эксплуатационные характеристики композитов на его основе.

***Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе.*** Сформированные в работе научные положения, выводы и рекомендации соответствуют общепринятым теоретическим положениям строительного материаловедения и результатам исследований других авторов. Следует отметить системный подход к изучению темы, что находит отражение в структуре работы, методологии и последовательности выполнения исследований. Диссертационная работа представлена методически верно, а решение научной задачи выполнено на высоком научном и профессиональном уровне. Результаты работы опубликованы в ряде рецензируемых научных изданий и хорошо согласуются с литературными данными независимых исследователей.

***Достоверность результатов исследований*** складывается из: методически обоснованного комплекса теоретических и эмпирических исследований; необходимого количества и диапазона испытаний с использованием современного сертифицированного и поверенного научно-исследовательского оборудования; использования нормативных методов исследования, отвечающих требованиям действующих стандартов; статистической обработки эмпирических результатов с погрешностью не

более 5%; сопоставлением результатов, полученных разными методами, а также их сравнением с результатами, полученными другими авторами; удовлетворительной сходимости теоретических и эмпирических исследований.

### **Общая структура диссертации**

**Во введении** диссертантом обоснована актуальность выбранной темы диссертационного исследования, определены цели и задачи, сформулирована научная новизна и теоретическая и практическая значимость, а также отражены сведения о структуре диссертации, внедрения результатов работы.

**В первой главе** в результате анализа литературных данных и выполненных обследований установлено аварийное состояние ряда железобетонных сооружений. Налицо важность восстановления функциональной пригодности этих объектов, в том числе и для возможности эксплуатации в экстремальных условиях, для чего необходимо проведение комплекса ремонтных мероприятий с применением новых строительных материалов. Для усиления несущих стен действующих городских железобетонных сооружений, перспективным является использование торкрет-бетонов, приводящих эти конструкции в соответствие нормативным требованиям (конструктивным и защитным).

Выявлена необходимость расширения способов обогащения техногенного сырья для получения строительных композитов с различными заданными характеристиками, что важно для обеспечения эффективной эксплуатации железобетонных сооружений в экстремальных условиях. В связи с этим рабочей гипотезой стало предположение о том, что использование композиционных цементов (КЦ), содержащих в своем составе алюмосиликатное сырье техногенного происхождения (являющееся регулятором структурообразования на нано-, микро и макроуровнях), для изготовления торкрет-бетонов позволит обеспечить совокупность необходимых свойств несущих стен железобетонного сооружения.

Несмотря на то, что проблема создания цементных композитов в различными улучшенными целевыми эксплуатационными характеристиками, занимает исследователей и специалистов не один десяток лет, Панарин . . . нашел свою нишу и с учетом современных достижений в области строительного материаловедения и ряда смежных наук, сформулировал свое научное направление, и с применением теоретических и экспериментальных исследований и современных методов доказал, что достоин искомой степени.

**В главе 2** автор детально перечислил материалы, применяемые в ходе исследования, которые являются местными, легкодоступными и, зачастую, отходами производства. Методология диссертации базируется на принципах системного изучения структуры и свойств цементных композитов. Физико-механические свойства сырья и разработанных на его основе материалов определялись с применением стандартных методов исследования, используя при этом физико-химические методы анализа, лазерную гранулометрию, рентгенофазовый и дифференциально-термический анализ, растровую электронную микроскопию и т.д. Эксплуатационные характеристики изучались, как в лабораторных, так и в натуральных условиях с применением инструментальной базы Дальневосточного федерального университета.

**В главе 3** разработаны принципы повышения эффективности композиционных вяжущих, с использованием некондиционного сырья техногенного происхождения, что обеспечило получение цементных композитов с высокими эксплуатационными характеристиками. Установлено, что фундаментальные основы проектирования вяжущих могут быть реализованы путем применения новых нетрадиционных ресурсов, для чего была усовершенствована технология получения активных добавок из золошлаковой смеси.

Научно обоснованы способы подбора составов композиционных цементов (с. 9 автореферата; с. 63, табл. 3.3 диссертации), заключающиеся в использовании трансдисциплинарных подходов в науке о материалах, что дает возможность создать композиционные цементы для торкрет-бетонов.

Разработана широкая номенклатура композиционных цементов, включающих портландцементный клинкер, замещенный до 65 мас. % алюмосиликатной составляющей, совместно измельченных с гипсом в вибрационной мельнице до удельной поверхности  $\approx 450$  м<sup>2</sup>/кг (таблица 2 автореферата).

**В 4 главе** приведено теоретическое и экспериментальное обоснование вопросов создания торкрет-бетонов на композиционном цементе.

Создание эффективных композитов осуществляется благодаря использованию активированных малоразмерных компонентов, обладающих подобными свойствами и плотно упакованных. При этом осуществлено создание полиминерального композита с одновременным снижением клинкерной составляющей.

Разработана широкая номенклатура торкрет-бетонов из композиционных цементов, измельченных до удельной поверхности 450 м<sup>2</sup>/кг (таблица 3 автореферата). Эффект повышения прочности на сжатие торкрет-бетонов на композиционном цементе, возрастал при увеличении дозировки алюмосиликатной составляющей до 35 мас. %, и при этом максимальный эффект отмечается для значений ранней прочности, в частности, в возрасте 2 суток приращение прочности на сжатие по сравнению с бездобавочным составом было 62%, а на растяжение при изгибе 49%.

Торкрет-бетоны соответствуют ТУ 5745-00116216892-06 (таблица 10 автореферата).

**В 5 главе** представлена теоретическая и практическая значимость выполненных исследований, которая может обеспечить решение инженерных прикладных задач, связанных с повышением эффективности современных композиционных строительных материалов для торкрет-бетонирования на основе принципов трансдисциплинарности, микромеханики и подобия свойств сырья.

Для решения этих задач выполнен анализ технико-экономической эффективности получения торкрет-бетонов с улучшенными

эксплуатационными характеристиками на основе многокомпонентных полиминеральных композиций с использованием принципов их самоорганизации. Выявлено, что предложенные методы и технологические приемы дают значительный экономический эффект.

Перспективность разработок диссертации подтверждена результатами теоретической и практической апробации композиционного строительного материала на предприятиях Российской Федерации, где опытные образцы подверглись всесторонним испытаниям. Заключены протоколы о намерениях совместной работы и использования результатов.

Подготовлена нормативно-технологическая документация на изготовление композиционных цементов и эффективных торкрет-бетонов, и рекомендации по их применению. Заключены договоры о намерениях сотрудничества с различными отечественными организациями.

Результаты диссертации внедрены в учебный процесс Дальневосточного федерального университета для подготовки бакалавров и магистров направления «Строительство» и специалистов по специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений».

**Заключение** по диссертации сформулировано четко и не вызывает сомнений. Диссертационная работа содержит пункты научной новизны, которые отвечают решению научной задачи, имеющей важное хозяйственное значение для развития производства эффективных строительных материалов и изделий.

При общей положительной оценке данной работы имеется ряд **замечаний**:

1. Вопрос по рисунку 3.8. Диаметр цементного зерна при удельной поверхности 290-310 м<sup>2</sup>/кг составляет 10-30 мкм. Не ясно, почему после помола в шаровой мельнице в течение 10 мин частиц крупнее 50 мкм содержится 19%?

2. На рисунке 4.6 диссертационной работы диссертант не приводит результаты по разбросу средней плотности бетона. Однако требования п. 4.10



ГОСТ 10060-2020 регламентируют, чтобы образцы для испытания на морозостойкость имели разброс значений плотности отдельных образцов в серии до их насыщения не более  $\pm 25$  кг/м<sup>3</sup> от среднего значения в серии. При наличии образцов с большим разбросом плотности серия отбраковывается.

3. Требуется конкретизация область применения разработанных торкрет-бетонов. Судя по объектам внедрения, они наиболее эффективны для подземных сооружений.

**Сделанные замечания и предложения** не снижают общей положительной оценки рецензируемой диссертационной работы.

Рассматриваемая работа выполнена с использованием современного сертифицированного оборудования. Основные научные результаты работы представлены в достаточном объеме (12 публикаций) и в представительных изданиях, в том числе в 3 статьях в центральных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, 3 статьях из научных баз Web of Science и Scopus. Получены 3 патента РФ на изобретения. Это подтверждает личный вклад соискателя в разработку научной задачи и его приоритет в получении вынесенных на защиту научных результатов.

**Диссертация** написана грамотно, аккуратно оформлена, снабжена достаточным количеством ссылок на литературу.

**Автореферат** соответствует основному содержанию диссертации.

**Общая оценка работы.** Учитывая все сказанное, считаю, что диссертационная работа Панарина Игоря Ивановича «Композиционные цементы, активированные обогащенными золошлаковыми смесями, и торкрет-бетоны на их основе» написана на актуальную тему, содержит элементы научной новизны и практической ценности, имеет интересные внедрения в образовательную и производственную практику. Проблемы и задачи, которые сформулированы автором работы, исследованы и решены.

По научному содержанию и по форме изложения материала диссертационная работа Панарина Игоря Ивановича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно, по

объему, содержанию, научной новизне, практической ценности отвечает всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней (постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842) и требованиям Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ (решение Ученого совета ПНИПУ, протокол №3 от 25 ноября 2021 г.), предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор Панарин Игорь Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. - Строительные материалы и изделия.

**Официальный оппонент:**

кандидат технических наук по специальности 05.23.05 – «Строительные материалы и изделия», доцент, доцент кафедры производства строительных конструкций и строительной механики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет» (ФГБОУ ВО «КубГТУ»)



Удодов Сергей  
Алексеевич  
«18» июня 2024 г.

Россия, 350072, Южный федеральный округ, Краснодарский край,  
г. Краснодар, ул. Московская, д. 2.

Факс: +7 (861) 274-52-53

rector@kubstu.ru

Подпись Удодова С.А. удостоверяю:



2024 г.

