



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»

ЮУрГУ

Проспект Ленина, 76, Челябинск, Россия 454080, тел./факс (351)267-99-00, e-mail: info@susu.ru, www.susu.ru
ОКПО 020666724, ОГРН 1027403857568, ИНН/КПП 7453019764/745301001

№ _____
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор-проректор по
научной работе
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»



А.В. Коржов

«03» сентября 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»)

на диссертационную работу

Хмара Наталии Олеговны

на тему: «Мелкозернистый бетон на основе белого цемента

для самоочищающихся тонкостенных изделий»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия

1. Актуальность диссертационной работы

Актуальность диссертационного исследования обусловлена комплексом современных требований к строительным материалам, которые должны сочетать высокие эстетические характеристики, функциональность и долговечность при соблюдении экономических ограничений. В условиях активного развития архитектуры и городской инфраструктуры наблюдается устойчивый спрос на тонкостенные изделия светлых тонов, способные реализовать сложные дизайнерские решения. Однако малая толщина таких конструкций делает их уязвимыми к атмосферным воздействиям, особенно к циклическому увлажнению и замораживанию, что приводит к потере декоративных свойств и сокращению срока службы.

Особую сложность представляет создание материалов с функцией фотокаталитического самоочищения, поскольку традиционное введение наноразмерного диоксида титана не обеспечивает его устойчивой фиксации в цементной матрице. Интенсивная циркуляция влаги вызывает вымывание фотокатализатора и карбонизацию поверхности, что полностью нивелирует самоочищающий эффект.

Дополнительным фактором, ограничивающим широкое применение таких материалов, является высокая стоимость и дефицит белого портландцемента, что требует разработки составов с пониженным содержанием клинкера без ухудшения эксплуатационных характеристик.

Таким образом, разработка научно обоснованного технологического решения, обеспечивающего получение белого мелкозернистого бетона для самоочищающихся тонкостенных изделий, представляет особую актуальность для современной строительной отрасли, поскольку позволяет создать новое поколение материалов, сочетающих высокие эстетические характеристики, функциональность и экологическую безопасность.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках: государственного задания Минобрнауки РФ № FZWN-2023-0006, гранта РНФ 19-19-00263.

2. Структура и содержание диссертации

Для отзыва представлены автореферат и диссертация. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 195 страницах машинописного текста, включает 34 таблицы, 54 рисунка, 7 приложений. Список литературы включает 199 источников отечественных и зарубежных авторов.

Во введении представлено обоснование выбранного направления диссертационного исследования и его актуальность, поставлены цель и задачи, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость; приведены сведения об апробации и внедрении результатов работы; выдвинуты положения, выносимые на защиту.

В первой главе автором дан обзор состояния применения тонкостенных изделий в современном строительстве и при обустройстве территорий, проведен обширный анализ опыта отечественных научных школ в области разработки бетонов для таких изделий, представлены основные направления улучшения свойств бетонов путем использования минеральных добавок различного состава и принципа действия.

Во второй главе автор приводит описание и основные характеристики материалов, применяемых в исследовании, дает описание исследовательского оборудования и методов исследования структуры и свойств сырьевых и синтезируемых материалов.

В третьей главе автор приводит декомпозицию исследования по разработке мелкозернистого бетона на основе белого цемента для самоочищающихся тонкостенных изделий. Разработан способ модификации вспученного перлитового песка как полифункционального компонента белого вяжущего и доказана его пуццоланическая и фотокаталитическая активность. Установлены закономерности влияния комплекса минеральных добавок на свойства белого портландцемента. По результатам проведенных исследований предложены рецептурные параметры получения вяжущего для самоочищающегося мелкозернистого бетона для тонкостенных изделий.

В четвертой главе доказана эффективность применения разработанного полифункционального композиционного материала системы «вспученный перлитовый песок – наноразмерный анатаз», как добавки, вводимой взамен части белого портландцемента совместно с микрокальцитом, для получения самоочищающегося мелкозернистого бетона. С использованием расчетно-теоретического и экспериментального методов разработаны составы бетонных смесей, обеспечивающие получение бетонов с широким диапазоном показателей прочности, водопоглощения и способности к самоочищению, удовлетворяющих требованиям к бетонным тонкостенным изделиям, эксплуатируемым вне помещений. Показано, что после моделирования атмосферных воздействий разработанный бетон сохраняет фотокаталитическую активность за счет эффектов предложенного технологического решения.

В пятой главе изложено предложение по модернизации технологии производства

фасадных декоративных панелей из мелкозернистого бетона на основе белого цемента, обладающих способностью к самоочищению, обоснована технико-экономическая эффективность разработанных составов, представлены сведения об апробации результатов диссертационного исследования.

В заключении сформулированы общие выводы по результатам проведенных исследований, даны рекомендации для внедрения и дальнейшие перспективы исследований в данном направлении.

Автореферат соответствует тексту диссертации, а публикации автора полно и всесторонне отражают содержание рецензируемой работы.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность выносимых на защиту положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации, базируются на проведенном обширном анализе отечественной и зарубежной литературы, в том числе из высокорейтинговых источников, по теме диссертационной работы

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечена выполнением комплексных экспериментальных исследований на высоком техническом уровне с учетом требований нормативной документации на современном аттестованном и поверенном оборудовании. Автором используются междисциплинарные методы исследования, которые обоснованы и сочетаются в контексте решения поставленных задач.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обоснована корреляцией теоретических предположений и полученных экспериментальных данных. Научные положения, представленные в диссертационной работе, обоснованы и не противоречат существующим положениям в области строительного материаловедения и смежных дисциплин.

4. Научная новизна

Соискателем обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение, обеспечивающее получение белого мелкозернистого бетона с высокими физико-механическими характеристиками для самоочищающихся тонкостенных изделий. Предварительная кислотная обработка и совместный помол с анатазом вспученного перлитового песка, выполняющего роль пуццоланового компонента и носителя фотокатализатора, позволяет повысить пуццоланическую (за счет увеличения удельной поверхности и механо-химической активации поверхности) и фотокаталитическую (за счет формирования связей Ti-O-Si) активность полифункционального композиционного материала (ПКМ) системы «вспученный перлитовый песок – наноразмерный анатаз» («ВПП–Ан»). Комплексное применение нано- (диоксид титана) и микроразмерных (микроальцит) минеральных добавок в сочетании с пластификатором и мрамором в качестве заполнителя обеспечивает снижение капиллярной пористости, тем самым позволяя уменьшить проницаемость цементной матрицы при циркуляции влаги, что обеспечивает повышение атмосферостойкости тонкостенных изделий.

Выявлен характер влияния комплекса минеральных добавок на процессы фазо- и структурообразования белого портландцемента, в том числе: реологические параметры, кинетику тепловыделения, фазовый состав продуктов гидратации, микроструктуру, активность вяжущего. Совместное использование ПКМ системы «ВПП–Ан», полидисперсного микроальцита и поликарбоксилатного пластификатора при замене 40 %

белого цемента позволяет: снизить водопотребность на 15 % (по сравнению с использованием смеси ВПП и анатаза); интенсифицировать процессы гидратации – смещение основного пика тепловыделения при гидратации на 27 мин. и повышение интенсивности тепловыделения на 21 %; снизить микропористость, повысить однородность и плотность цементного камня. Замена 40 % цемента на минеральный комплекс обеспечивает достижение активности (65,2 МПа) и прочности на сжатие после ТВО (48,2 МПа), сопоставимые с белым цементом без добавок (67,3 и 47,2 МПа, соответственно). Применение ПКМ «ВПП–Ан» позволяет увеличить фотокаталитическую активность вяжущего на 30 % в сравнении с образцом, полученным отдельным введением измельченного ВПП и анатаза.

Установлены закономерности влияния комплекса минеральных добавок, вводимых взамен части белого портландцемента, на свойства мелкозернистой бетонной смеси и затвердевшего бетона, его морфоструктурные особенности и способность к самоочищению, в том числе после моделирования атмосферных воздействий. Применение комплекса подходов к повышению плотности бетонной матрицы: использование нано- и микроразмерных минеральных добавок, реализация пуццолановой реакции, улучшение реологических параметров смеси введением пластификатора, оптимизация зернового состава заполнителя, обеспечивает получение самоочищающегося мелкозернистого бетона (фотокаталитическая активность не менее 67 %) с высокими декоративными и эксплуатационными характеристиками, в том числе устойчивостью к техногенным и биологическим загрязнениям в процессе эксплуатации белых тонкостенных изделий при циркуляции влаги.

5. Теоретическая и практическая значимость диссертации

Дополнены теоретические представления о способах получения эффективных полифункциональных добавок для цементных бетонов, объединяющих пуццоланическую и фотокаталитическую активность, о процессах фазо- и структурообразования цементных систем с комплексом добавок – вспученным перлитовым песком, анатазом и микрокальцитом. Доказана эффективность использования измельченного химически активированного ВПП в качестве носителя фотокатализатора.

Разработан способ модификации вспученного перлитового песка как носителя фотокаталитического агента в системе «ВПП–Ан» для использования в качестве полифункционального компонента вяжущего, заключающийся в выдерживании исходного ВПП в течение 45 минут в 2,0 %-ом водном растворе щавелевой кислоты с последующим промыванием 0,01 %-м раствором кислоты и совместным помолотом с анатазом в соотношении 1:1 в планетарной мельнице, промыванием дистиллированной водой для удаления остатков кислоты и сушкой при 70 °С.

Разработаны составы мелкозернистого бетона на основе белого цемента, при его замене до 40 %, с классами прочности до В45, водопоглощением по массе не более 4 %, морозостойкостью до F300 для широкого спектра тонкостенных изделий, характеризующиеся устойчивостью к вымыванию водорастворимых соединений и фотокатализатора и способностью к самоочищению до 80 %.

6. Значимость практических результатов для развития соответствующей отрасли науки

По результатам работы автором расширен диапазон сырья и предложена технология получения фотокаталитического композиционного материала, который может быть использован для улучшения свойств цементов и бетонов.

Значимость практических результатов заключается в расширении существующих

положений в области строительного материаловедения о влиянии минеральных добавок различного состава, в том числе, фотокаталитических композиционных материалов на процессы фазо- и структурообразования цементной системы, и на свойства бетона с их использованием.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Предложенные в работе научно-технологические основы получения полифункционального композиционного материала на основе вспученного перлитового песка и его применения в составе цементного атмосферостойкого бетона, могут быть использованы как методологическая база для проектирования современных композиционных вяжущих, бетонов и самоочищающихся бетонных изделий для эксплуатации в агрессивных условиях окружающей среды.

8. Замечания и рекомендации по диссертации и автореферату

1. Как будет изменяться фотокаталитическая активность разработанного бетона в условиях морозной агрессии до им достижения $F_{1200}(300)$, учитывая процессы старения матрицы?

2. Насколько критичны к вариациям сырья (например, к изменению химического и минералогического состава перлита из разных месторождений) параметры предложенного автором процесса кислотной активации? Требуется ли технология индивидуального подбора концентрации кислоты и времени обработки для каждого нового сырья?

3. Автор утверждает, что фотокатализатор удерживается в матрице за счет химических связей, образованных с ВПП. Какие виды связей образуются и как «допирование» анатаза кремнием отражается на его ширине запрещенной зоны?

4. Почему в качестве носителя был выбран именно вспученный перлит, а не другие, более традиционные носители для катализаторов, такие как диоксид кремния? Проводилось ли сравнительное исследование эффективности закрепления TiO_2 на других носителях и их влияния на свойства цементной матрицы?

5. Чем обоснован выбор измельчителя для получения добавки?

Отмеченные недостатки не снижают значимости представленных автором результатов и общей положительной оценки работы Хмара Н.О.

9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Анализ работы позволяет сделать вывод, что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведено теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение технологического решения, обеспечивающего получение белого мелкозернистого бетона для самоочищающихся тонкостенных изделий с использованием полифункционального композиционного материала.

С учетом актуальности изученных вопросов, научной новизны, теоретической и практической значимости полученных результатов, считаю, что диссертационная работа на тему «Мелкозернистый бетон на основе белого цемента для самоочищающихся тонкостенных изделий» соответствует критериям п. 9–11, 13, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции с дополнениями и изменениями), предъявляемым к

работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Хмара Наталия Олеговна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

Отзыв на диссертацию, автореферат и диссертационная работа рассмотрены и утверждены на расширенном заседании кафедры строительных материалов и изделий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (протокол №01 от 01.09.2025 г.).

Заведующий кафедрой
Строительные материалы и изделия
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»,
кандидат технических наук (по специальности
05.23.05 – Строительные материалы
и изделия), доцент



Орлов
Александр Анатольевич

Профессор кафедры
Строительные материалы и изделия
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»,
доктор технических наук (по специальности
05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов), доцент



Черных
Тамара Николаевна

Организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

Почтовый адрес: 454080, Россия, Челябинская область, г. Челябинск,
проспект Ленина, д. 76

Телефон: +7 (351) 267-99-00

Е-mail: info@susu.ru

Сайт: <https://www.susu.ru/ru>

Подписи работников
учреждения



Начальник управления по работе
с кадрами Южно-Уральского
государственного университета

Н.И.И.
Минина