

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук

Иноземцева Сергея Сергеевича на диссертацию

Бодякова Александра Николаевича на тему: «Технология стабилизации шлака для щебня оснований автомобильных дорог», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.1.5. Строительные материалы и изделия

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений.

Для отзыва предоставлены диссертация, изложенная на 180 страницах машинописного текста, которая включает 53 рисунка, 27 таблиц, список литературы из 175 наименований, 10 приложений, а также автореферат объемом 20 страниц.

Актуальность диссертационной работы.

Непрерывный поиск альтернативных материалов для замены традиционных минеральных ресурсов, таких как песок и щебень, связан с отсутствием других видов сырья, обладающего необходимыми базовыми свойствами. Дефицит качественных минеральных материалов в строительной отрасли обусловлен совокупностью различных факторов. Весьма перспективными являются крупнотоннажные промышленные отходы, однако для их широкого применения требуется разработка решений, позволяющих обеспечивать комплекс требуемых свойств.

Среди перспективных техногенных источников сырья металлургические шлаки занимают одну из лидирующих позиций. Повторное использование сталеплавильных шлаков способствует снижению нагрузки на окружающую среду и потреблению природных минерально-сырьевых ресурсов. Несмотря на наличие различных схем переработки шлаковых отвалов, проблема переработки особых, самораспадающихся шлаков чёрной металлургии остаётся актуальной из-за их быстрого превращения в тонкодисперсный порошок в процессе твердения и охлаждения.

Решение задач, обозначенных в диссертационной работе Бодякова Александра Николаевича, позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду и рациональное использование природных ресурсов за счет получения прочных каменных материалов из металлургического шлакового расплава благодаря кристаллохимической стабилизации высокотемпературных модификаций белита при использовании отходов различных производств.

Работа Бодякова А.Н. была выполнена при финансовой поддержке: по программе «УМНИК» проект № 15227ГУ/2020; Стипендии президента № СП-1960.2022; программы «Приоритет-2030»; гранта РНФ 23-19-00796.

Общая характеристика работы.

Автором обоснована актуальность темы диссертационной работы, показана степень разработанности данной темы, определены цель и задачи

работы, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, обозначены положения, выносимые на защиту, факторы, обеспечивающие достоверность полученных результатов, а также сведения об апробации и внедрении результатов исследований.

Первая глава посвящена анализу рынка каменных материалов для дорожного строительства. Соискателем рассмотрены методы переработки и утилизации отходов металлургической промышленности, проанализированы способы стабилизации самораспадающихся высокоосновных шлаков, определен наиболее эффективный метод стабилизации, исследованы возможные варианты кристаллохимической стабилизации, выявлены особенности состава наиболее эффективных стабилизаторов для улучшения физико-механических и эксплуатационных свойств дорожных покрытий. Это позволит рационально использовать традиционные дорогостоящие минеральные ресурсы (щебень, песок), широко применяемых в дорожном строительстве.

Во **второй главе** представлено описание и обоснование выбранных материалов с учётом их характеристик и свойств, а также описаны методы изучения этих материалов. Автором описаны основные методы проведения экспериментальной работы. Представлены результаты анализа исходных материалов, использованных в рамках диссертационного исследования.

В **третьей главе** соискателем представлен план эксперимента и методология исследования, основанная на комплексном анализе каменных материалов из металлургического шлака до и после стабилизации по схеме «состав – структура – свойства».

Были изучены физико-механические, физико-химические свойства и структурные особенности проб исходного шлака, полученного с использованием различных технологий охлаждения. Приведены состав и химические свойства стабилизаторов из отходов различных производств.

Четвертая глава посвящена исследованию влияния состава различных стабилизаторов и их количества на свойства и структуру каменного материала в лабораторных условиях. Соискателем проанализированы особенности введения стабилизатора в шлаковый расплав в лабораторных и производственных условиях и предложен вариант его подготовки. Произведен анализ эффективности использования промышленных отходов для кристаллохимической стабилизации самораспадающегося металлургического шлака. Соискатель провёл анализ свойств шлака, полученного в результате масштабирования технологии стабилизации с использованием гранулированной пыли ДСП в реальных производственных условиях. На основании результатов определения основных физико-механических свойств и структурных особенностей стабилизированного материала доказана техническая эффективность применения пыли ДСП в качестве стабилизирующего агента.

В **пятой главе** соискателем подробно изложена технологическая схема стабилизации шлака, подразумевающая незначительные корректировки

действующей технологической линии, представлен расчет дорожных конструкций с использованием материалов, созданных в процессе научных изысканий. Также был рассчитан потенциальный экономический эффект от применения новых строительных материалов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и научная новизна.

Уровень достоверности полученных результатов достигается благодаря использованию общепринятых и проверенных методов, включая соблюдение нормативных требований; применение метрологически поверенного лабораторного оборудования; повторяемость результатов экспериментальных исследований; успешное промышленное тестирование и его положительные результаты, которые не противоречат общепризнанным научным данным и результатам других исследований.

Научная новизна исследования заключается в установлении закономерности влияния состава и концентрации стабилизаторов на комплекс физико-механических свойств каменных материалов из стабилизированного шлака и их структурные особенности.

Установлен принцип повышения стабильности каменных шлаковых материалов за счет введения в состав сталеплавильного шлака стабилизатора (пыли дуговых сталеплавильных печей) в процессе слива шлака, обеспечивающего его стабилизацию после остывания от силикатного распада. Введение стабилизатора позволяет зафиксировать полиморфную структуру двукальциевого силиката в высокотемпературных α и β фазе, тем самым предотвращая γ распад.

Повышение физико-механических характеристик каменного материала достигается за счет введения добавки-стабилизатора при сливе шлака из печи в шлаковую чашу, что придает шлаку необходимые реологические свойства, улучшающие условия гидродинамического слияния (коагуляции). Разработанный способ введения способствует равномерному распределению и усвоению компонентов в составе шлака и стабилизации высокотемпературных форм двукальциевого силиката.

Установлено, что кристаллохимический способ стабилизации с использованием отходов промышленности является наиболее предпочтительным при реализации стабилизации двукальциевого силиката. Введение стабилизатора дает возможность получить каменный материал, а после дробления щебень различных фракций для дорожного строительства в виде стабилизированного шлака.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечена выполнением экспериментальных исследований на высоком техническом уровне с учетом требований нормативной документации на современном аттестованном и поверенном оборудовании. Все результаты подкреплены существенным объемом теоретических и экспериментальных исследований. Полученные данные имеют высокую воспроизводимость и

сходимость и не противоречат общепринятым данным и работам других авторов.

Автореферат диссертации полностью согласуется с текстом диссертации и отражает основное содержание работы, положения, выносимые на защиту, обоснование актуальности и значимости работы, цели и задачи исследования.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований.

В исследовании были изучены процессы фазо- и структурообразования при формировании каменного материала в результате кристаллохимической стабилизации шлакового расплава пылью дуговых сталеплавильных печей. Соискателем установлены закономерности влияния состава и концентрации стабилизаторов на комплекс физико-механических свойств каменных материалов из стабилизированного шлака и их структурные особенности.

На основе полученных результатов были определены рецептурно-технологические параметры получения стабилизированного шлака путём кристаллохимической стабилизации шлакового расплава пылью дуговых сталеплавильных печей. Это позволило создать высокопрочный каменный материал с прочностью M1200, морозостойкостью F50, истираемостью III и устойчивой структурой UC1. Такой материал можно классифицировать как шлаковый щебень, подходящий для строительства и реконструкции автомобильных дорог в качестве основания и покрытия.

В ходе исследования была разработана технология стабилизации, включающая гранулирование пыли ДСП и введение её в шлаковый расплав на стадии слива. Также были предложены альтернативные конструкции и произведён расчёт дорожных одежд с использованием полученного шлакового щебня.

Основные положения работы изложены в 18 публикациях, в том числе 3 – в журналах, входящих в перечни рецензируемых научных изданий и международных реферативных баз, рекомендованных ВАК РФ; 4 – в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus; получен 1 патент РФ на изобретение, а также зарегистрировано 4 ноу-хау.

Замечания и рекомендации по диссертации и автореферату.

1. Как получены значения модулей упругости для шлакового песка и щебня, полученного разработанным методом?
2. Имеются ли отличия в динамическом модуле упругости по сравнению с традиционными минеральными материалами?
3. Имеется ли возможность использования стабилизированного шлака в составе укрепленных слоев оснований, при использовании органических, минеральных или комплексных вяжущих?
4. Какие требования к исходному сырью автором могут быть сформулированы для внедрения технологии модификации?

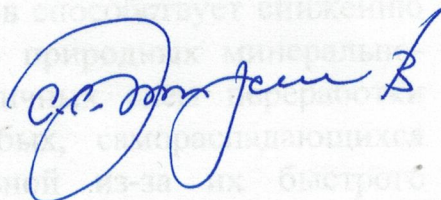
Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Диссертация Бодякова Александра Николаевича представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой содержится научно-обоснованное технологическое решение, имеющее существенное значение для дорожно-строительной отрасли. Полученные в диссертации выводы и предлагаемые технические рекомендации обладают научной новизной, а также расширяют и дополняют теоретические представления в исследуемой области. Текст написан грамотным техническим языком, графический материал выполнен на высоком уровне.

Учитывая актуальность затронутых вопросов, научную новизну, теоретическую и практическую значимость полученных результатов, считаю, что диссертационная работа на тему «Технология стабилизации шлака для щебня оснований автомобильных дорог» соответствует критериям п. 9-14 «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, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Бодяков Александр Николаевич, 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
«Строительное материаловедение»



Иноземцев
Сергей Сергеевич

«13» 05 2024 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Адрес университета: 129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Тел.: +7 (499) 183-32-29

E-mail: inozemcevss@mgsu.ru

Подпись доцента
Иноземцева С.С. заверяю

Начальник отдела
кадрового делопроизводства УРП
А.В. ПИНЕГИН

