

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.276.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от **31.05.2024** года, протокол № 10

О присуждении Бодякову Александру Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Технология стабилизации шлака для щебня оснований автомобильных дорог» по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия принята к защите 29 марта 2024 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.2.276.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, приказ №544/нк от 01.07.2019 г. с изменениями приказ №1845/нк от 26.09.2023 г.

Соискатель Бодяков Александр Николаевич, «27» июля 1994 года рождения, в 2016 г. окончил ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» с присвоением квалификации «Инженер путей сообщения» по направлению подготовки 23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей».

В 2020 г. окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» по направлению 08.06.01 «Техника и технологии строительства» направленность «Строительные материалы и изделия».

Работает в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» в должности заведующего лабораторией, а также старшего преподавателя кафедры «Автомобильные и железные дороги им. А.М. Гридчина» по совместительству.

Диссертация выполнена на кафедре «Материаловедение и технологии материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Маркова

Ирина Юрьевна, работает в должности доцента кафедры «Материаловедение и технологии материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

1. Бондарев Борис Александрович – доктор технических наук, профессор, работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Липецкий государственный технический университет» в должности профессора кафедры «Строительного материаловедения и дорожных технологий»;

2. Иноземцев Сергей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» в должности доцента кафедры «Дорожно-строительные материалы».

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» в своем положительном отзыве, подписанном доцентом Ращупкиной Мариной Алексеевной, кандидатом технических наук (по специальности 2.1.5. (05.23.05) – Строительные материалы и изделия), заведующим кафедрой промышленное и гражданское строительство, Чулковой Ириной Львовной, профессором, доктором технических наук, (по специальности 2.1.5 (05.23.05) – Строительные материалы и изделия), профессором кафедры промышленное и гражданское строительство и доцентом Галдиной Верой Дмитриевной, кандидатом технических наук (по специальности 2.1.5. (05.23.05) – Строительные материалы и изделия), доцентом кафедры промышленное и гражданское строительство, указала, что диссертация Бодякова Александра Николаевича на тему «Технология стабилизации шлака для щебня оснований автомобильных дорог» является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложено научно обоснованное технологическое решение, обеспечивающее получение высокопрочного каменного материала для дорожного строительства в виде стабилизированного шлака, заключающееся в кристаллохимической стабилизации шлакового расплава дисперсными отходами электрометаллургического производства, имеющее существенное значение для повышения эффективности строительных работ. По актуальности затронутых вопросов, научной новизне, теоретической и практической значимости, числу публикаций диссертация соответствует критериям, установленным в п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции Правительства Российской Федерации), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени

кандидата технических наук, а ее автор, Бодяков Александр Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 – Строительные материалы и изделия.

Соискатель имеет 18 научных публикаций, 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; 1 патент РФ на изобретения. Общий объем работ – 7,90 печ.л., личный вклад – 5,08 печ.л. Общий объем работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 5,42 печ.л., личный вклад – 3,36 печ.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты исследования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК

1. **Бодяков, А.Н.** Анализ нормируемых свойств шлакового щебня в результате кристаллохимической стабилизации / А.Н. Бодяков, И.Ю. Маркова, В.В. Строкова, Д.О. Бондаренко, Е.Н. Губарева, А.И. Буковцова // Строительные материалы. – 2023. – № 12. – С. 20–25. (К1, СА(pt), ИФ – 0,832).

2. **Бодяков, А.Н.** Свойства металлургического шлака, стабилизированного в промышленных условиях / А.Н. Бодяков, И.Ю. Маркова, А.А. Логвиненко, Л.Н. Боцман, Ю.Н. Огурцова // Региональная архитектура и строительство. – 2023. – № 2 (55). – С. 44–51. (К1, ИФ – 0,328).

В изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, рекомендованных ВАК РФ

3. **Бодяков, А.Н.** Влияние стабилизаторов на состав и структуру металлургического шлака / А.Н. Бодяков, И.Ю. Маркова, В.В. Строкова, М.А. Степаненко // Черные металлы. – 2023. – № 12. – С. 40–48. (К1, Scopus, Q₂).

В изданиях, индексируемых в базах данных Scopus

4. **Dukhovny, G.** Structural analysis of factors influencing the functionality of Subgrade of transport constructions / G. Dukhovny, S. Zolotykh, A. Bodyakov // Materials Science Forum. – 2019. – Vol. 945. – P. 821–826.

5. **Bodyakov, A.N.** Stabilization of metallurgical slug from arc steel-making furnaces / A.N. Bodyakov, K.V. Meshkova, G.S. Dukhovny // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 945. – Article number 012082.

6. **Bondarenko, S.N.** Metallurgical Waste Recycling for Transport Construction / S.N. Bondarenko, A.N. Bodyakov, M.S. Lebedev // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2021. – Vol. 147. – Pp. 79–84. (Q₄).

Объекты интеллектуальной собственности

7. **Пат. RU 2752914.** Состав и способ стабилизации распадающихся металлургических шлаков // Г.С. Духовный, Е.И. Евтушенко, Ю.К. Рубанов, А.Н. Бодяков, В.В. Деев, С.Н. Бондаренко. Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова».
Опубл. 11.08.21, бюл. № 23.

На автореферат поступило 10 отзывов от:

1. Саламановой Мадины Шахидовны д-ра техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), доцента, директора научно-технического центра коллективного пользования «Современные строительные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. М.Д. Миллионщикова» замечания:

1. Из текста автореферата трудно оценить технико-экономический эффект от использования стабилизированного шлака в конструкции автомобильной дороги III технической категории?

2. В работе проводились исследования по изучению влияния температуры среды на процессы химического взаимодействия в стабилизируемом шлаке?

2. Крамар Людмилы Яковлевны д-ра техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), профессора, профессора кафедры «Строительные материалы и изделия» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» замечания:

1. Рентгенограммы шлака (рис. 1) представлены в виде картинки, а приведенный автором состав шлаковых составляющих не убедителен.

2. Рисунок № 9 также необходимо сделать более выразительным и убедительным.

3. Волкова Виталия Витальевича канд. физ.-мат. наук, (01.04.14 – Теплофизика теоретическая теплотехника), доцента, доцента кафедры строительной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет; Кукиной Ольги Борисовны канд. техн. наук, (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), доцента, доцента кафедры химии и химической технологии материалов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет замечания:

1. Из-за низкого разрешения и отсутствия обозначений на рисунке 1 идентификация фазового состава проб шлаков затруднительна.

2. В тексте автореферата имеются опечатки.

4. Латыпова Валерия Марказовича д-ра техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), профессора, заслуженного деятеля науки Республики Башкортостан, профессора кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; Федорова Павла Анатольевича канд. техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), доцента, доцента кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» замечания:

1. В автореферате на с. 11 соискатель указывает, что после стабилизации присутствует не стабилизационная часть шлака. Однако, из автореферата не ясно,

какой процент этой части по объему?

2. В автореферате автор указывает, что вводились тонкодисперсные добавки, однако не ясно, какой удельной поверхности они должны быть? Проводились ли исследования влияния удельной поверхности добавки на структуру получаемого шлака?

3. Из автореферата не ясно, проводились ли исследования, кроме морозостойкости, в области стойкости в агрессивных средах?

5. Лукутцовой Натальи Петровны д-ра техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), профессора, заведующего кафедрой «Производство строительных конструкций» ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»; Пыкина Алексея Алексеевича канд. техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), доцента кафедры «Производство строительных конструкций» ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», замечания:

1. Из текста автореферата не ясно, какими отличительными особенностями характеризуется процесс стабилизации шлака в лабораторных и промышленных условиях? Каким методом определялись размеры пор в шлаке со стабилизатором?

2. Оценивалось ли влияние устойчивости структуры зерен стабилизированного шлакового щебня на коррозионную стойкость и долговечность оснований автомобильных дорог?

6. Матвеевой Ларисы Юрьевны д-ра техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), профессора, профессора кафедры «Технологии строительных материалов и метрологии» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», замечания:

1. В автореферате отсутствуют данные о дисперсности и подготовке используемых модификаторов к применению. Рисунок 4 – Внешний вид стабилизаторов – не несёт научной либо практической информации, не разъясняет этот вопрос.

2. Предложенный автором метод загрузки гранулированной пыли электрофильтров в бумажных мешках в шлаковый расплав требует экспериментальной проверки на равномерность распределения: в автореферате нет данных о гарантии равномерности распределения добавки таким способом. В автореферате по этому вопросу сказано: «За счёт применения распределителя обеспечивается равномерность введения гранул...», но это требует экспериментальной проверки и доказательств, т.е. соответствующего отбора проб из разных частей отвала и сравнение их характеристик.

7. Николаенко Михаила Алексеевича канд. техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), главного инженера ООО «СК СПЕЦСТРОЙ», замечания:

1. Почему для оценки процентного выхода стабилизированной фракции шлакового щебня использовали сито с размером ячейки 0,63 мм?

2. В тексте диссертации отсутствует расшифровка аббревиатур, например,

таких как РФА, БЭТ, СП, ФР и т.д., что может затруднить понимание текста диссертации.

8. Федоркина Сергея Ивановича д-ра техн. наук (05.23.05 – Строительные материалы и изделия), профессора, заведующего кафедрой строительного инжиниринга и материаловедения института «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», замечание:

1. Из автореферата диссертации непонятно, с какой целью автор предлагает гранулировать пыль ДСП, что несколько усложняет аппаратное оформление процесса стабилизации шлака. Может быть вводить в шлак пыль ДСП в естественном дисперсном состоянии более рационально?

9. Николенко Дениса Александровича канд. техн. наук (05.23.11 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей) доцента, заведующего кафедрой «Автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», замечания:

1. На рисунке 2 отсутствуют обозначения погрешности, поэтому невозможно оценить статистическую значимость разницы выхода стабилизированного шлака с разными стабилизаторами.

2. Из текста автореферата не ясно, влияет ли технология получения шлака на его способность к стабилизации.

10. Смирнова Петра Ильича канд. техн. наук (05.23.11 – Эксплуатация автомобильного транспорта) доцента кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство» ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», замечания:

1. Необходимо более детально рассмотреть исследования, проведенные в области кристаллохимической стабилизации шлакового расплава, чтобы учесть возможные вариации в составе и концентрации стабилизаторов, которые могут влиять на физико-механические свойства получаемого материала.

2. Следует также уделить внимание возможным ограничениям и недостаткам предложенной технологии стабилизации шлакового расплава с использованием гранулированной пыли дуговых сталеплавильных печей, чтобы оценить их влияние на экономический эффект и практическую применимость этого метода в промышленных условиях.

Все отзывы положительные.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью в данной отрасли науки ученых, обладающих научными достижениями и глубокими профессиональными знаниями по специальности 2.1.5 Строительные материалы и изделия, которой соответствует диссертация, владеющих методами исследования, используемыми автором, способных дать объективное заключение, проявить высокую научную принципиальность и требовательность, что подтверждается значительным количеством их публикаций, а также сформулированными замечаниями и

изложенными выводами в отзывах на диссертационную работу.

Ведущая организация СибАДИ представляет собой инновационно-ориентированный отраслевой ВУЗ в сфере транспорта и строительства. Университет является одним из четырех крупнейших образовательных центров подготовки кадров для решения самых разных задач в дорожно-строительной отрасли, обладающим мощной учебно-научной лабораторной базой. Научная деятельность и развитие наукоёмких технологий является неотъемлемой частью успешного функционирования вуза. СибАДИ славится своими научными школами, которые приобрели авторитет и известность в российских и зарубежных научных сообществах. О чем свидетельствует уровень публикационной активности. Исследования проводятся по 12 основным научным направлениям, среди которых «Современные экологические строительные материалы и технологии их производства», подразумевающее модернизацию дорожно-строительных материалов с учетом условий их эксплуатации. Следует отметить, что ВУЗ принимает активное участие в реализации приоритетного Проекта «Безопасные и качественные дороги».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложена рабочая гипотеза получения высокопрочных каменных материалов из металлургического шлакового расплава за счет кристаллохимической стабилизации высокотемпературных модификаций белита с использованием отходов различных производств путем введения стабилизирующего агента на стадии слива расплава, обеспечивающей образование твердых растворов с высокотемпературными формами двухкальциевого силиката и трансформацией в низкотемпературные полиморфные модификации;

разработано научно обоснованное технологическое решение, обеспечивающее получение высокопрочного каменного материала для дорожного строительства в виде стабилизированного шлака, заключающееся в кристаллохимической стабилизации шлакового расплава дисперсными отходами электрометаллургического производства. Введение 2–5 % стабилизатора в виде гранулированной пыли дуговых сталеплавильных печей (ДСП) в состав шлакового расплава обеспечивает получение каменных материалов пригодных как для дорожного строительства, так и для строительной отрасли в целом. Отсутствие в составе дорогостоящих боратовых компонентов и низкая стоимость применяемого стабилизатора позволяет получить шлаковый щебень устойчивой структуры с требуемыми физико-механическими характеристиками и низкой себестоимостью;

установлены закономерности влияния рецептурно-технологических параметров получения стабилизированного шлака, а именно состава, концентрации пыли дуговых сталеплавильных печей и способа ее введения на реологические свойства расплава, определяющие условия гидродинамического слияния вводимых компонентов при кристаллохимической стабилизации самораспадающихся металлургических шлаков.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение теоретических представлений о процессах фазо- и структурообразования при формировании каменного материала в результате кристаллохимической стабилизации шлакового расплава пылью дуговых сталеплавильных печей. Установлены закономерности влияния состава и концентрации стабилизаторов на комплекс физико-механических свойств каменных материалов из стабилизированного шлака и их структурные особенности;

предложен механизм фазо- и структурообразования шлака в процессе кристаллохимической стабилизации шлакового расплава. Стабилизирующий эффект достигается за счет присутствия в составе вводимых компонентов ионов кальция, калия, натрия, марганца, встраивающихся в кристаллическую структуру минералов, за счет чего образуются твердые растворы, понижающие температуру полиморфных превращений. Это позволяет предотвратить силикатный γ -распад за счет фиксации полиморфной структуры C_2S в высокотемпературных α - и β -модификациях. В результате формируется материал с прочными связями, устойчивыми с течением времени, обеспечивающими повышение физико-механических характеристик шлака;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы: комплекс общепринятых и апробированных методик, в том числе с учетом требований нормативной документации; метрологически поверенное лабораторное оборудование; обеспечена воспроизводимость результатов экспериментальных исследований; произведена промышленная апробация и получены положительные результаты, не противоречащие общепризнанным научным фактам и результатам других исследований.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана и внедрена технология стабилизации, включающая гранулирование пыли ДСП и введение в шлаковый расплав на стадии его слива. Промышленная апробация технологии стабилизации шлака осуществлялась в электросталеплавильном цехе на базе дочернего предприятия АО «ОЭМК им А.А. Угарова» – ООО «Уралметком – Оскол» при выплавке стали на стадии слива шлакового расплава. Результаты исследований внедрены в учебный процесс при подготовке бакалавров по направлению 08.03.01, магистров по направлению 08.04.01, специалистов по направлению 08.05.02;

установлены рецептурно-технологические параметры получения стабилизированного шлака путем кристаллохимической стабилизации шлакового расплава пылью дуговых сталеплавильных печей, обеспечивающие получение каменного материала в виде щебня марки по прочности M1200, по морозостойкости F50, по истираемости ИП, устойчивостью структуры УС1, что позволяет классифицировать его как шлаковый щебень, пригодный для строительства и реконструкции автомобильных дорог в качестве оснований и покрытий;

создан комплекс нормативных документов, обеспечивающих возможность

широкомасштабного внедрения результатов исследований диссертационной работы;

представлены рекомендации по использованию отходов электрометаллургического производства для получения щебня дорожно-строительного назначения с требуемыми свойствами и определены направления дальнейших исследований для расширения областей применения полученного каменного материала стабильной структуры, в качестве крупного заполнителя в составе строительных композитов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ рациональность выбора современного высокоточного сертифицированного и поверенного лабораторного оборудования, в том числе с учетом требований нормативной документации. Для изучения механизмов взаимодействия компонентов стабилизатора с шлаковым расплавом подобран комплекс научно признанных методик и оборудования, что позволило получить обоснованные и достоверные данные. Стандартизированные характеристики готовых материалов определены в соответствии с нормативными документами;

теория построена на использовании известных фундаментальных положений строительного материаловедения и проверяемых данных, касающихся вопросов кристаллохимической стабилизации высокотемпературных модификаций белита, а также применения полученных шлаковых каменных материалов в дорожном строительстве, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях;

идея базируется на проведенном аналитическом обзоре научной литературы, фундаментальных и прикладных исследованиях отечественных и зарубежных ученых, посвященных вопросам стабилизации компонентов шлакового расплава для улучшения свойств металлургических шлаков;

установлено, что полученные в рамках диссертационной работы результаты теоретических и экспериментальных исследований не противоречат данным, представленным другими исследователями.

Личный вклад соискателя состоит в: теоретическом обосновании и экспериментальном подтверждении эффективности использования отходов электрометаллургического производства для кристаллохимической стабилизации металлургических шлаков с целью получения каменного материала с заданными параметрами. Осуществлен комплекс лабораторных исследований с последующей обработкой и анализом полученных данных. Принято участие в апробации полученных результатов работы. Диссертация написана автором самостоятельно, охватывает основные вопросы поставленной научной задачи, обладает внутренним единством.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Бодяков А.Н., ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию значимости проведенных исследований и полученных результатов.

Соответствие диссертации критериям Положения о присуждении ученой

степени. Диссертация Бодякова Александра Николаевича соответствует п.9 Положения о порядке присуждения ученой степени кандидата наук, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (в действующей редакции), является научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача по разработке технологического решения, заключающегося в кристаллохимической стабилизации шлакового расплава дисперсными отходами электрометаллургического производства, для получения строительных материалов, пригодных как для дорожного строительства в частности, так и для строительной отрасли в целом.

На заседании 31 мая 2024 года диссертационный совет принял решение за разработку научно обоснованного технологического решения по улучшению свойств электрометаллургических шлаков, обеспечивающего получение каменных материалов для дорожного строительства за счет кристаллохимической стабилизации шлакового расплава пылью дуговых сталеплавильных печей, **присудить Бодякову А.Н. ученой степень кандидата технических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 7 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – 0.

Председатель
диссертационного совета

Учёный секретарь
диссертационного совета
31.05.2024 г.

Валерий Анатольевич Уваров

Денис Юрьевич Сулов