

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук, доцента **Балабанова Вадима Борисовича** на диссертационную работу **Степаненко Маргариты Андреевны** на тему: «**Асфальтогранулобетон с применением зол-уноса**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия

Актуальность. Современное дорожное строительство сталкивается с комплексом проблем: истощением месторождений природных минеральных материалов (щебня, песка), ростом энергетических и логистических издержек, ужесточением экологического регулирования, а также необходимостью обеспечения устойчивого развития инфраструктурных систем в условиях климатических и экономических рисков. В этих условиях стратегически важным направлением становится интеграция вторичного и техногенного сырья в технологические циклы производства дорожных материалов.

Применение таких материалов отвечает ключевым принципам экономики замкнутого цикла и устойчивого развития, минимизируя объемы захоронения отходов, снижая прямые и косвенные выбросы парниковых газов, а также уменьшая зависимость от природных ресурсов. В этом контексте рациональное совместное применение широко распространенного в дорожно-строительной отрасли вторичного сырья в виде асфальтового гранулята и крупнотоннажного техногенного сырья в виде зол-уноса представляет большой интерес для решения комплекса экономических проблем, а также снижения экологической нагрузки на окружающую среду.

Решение задач, обозначенных в диссертационной работе Степаненко Маргариты Андреевны, обеспечивающее получение составов ресурсосберегающего органоминерального композита с заданными физико-механическими свойствами из асфальтобетонного гранулята с использованием различных вяжущих в сочетании с золами-уноса соответствует современному плану стратегического развития страны по различным направлениям.

Структура и содержание работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Для отзыва предоставлены диссертация, изложенная на 178 страницах машинописного текста, которая включает 44 рисунка, 45 таблиц, список литературы из 158 наименований, 6 приложений, а также автореферат объемом 20 страниц.

Во введении представлена общая характеристика работы. 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, отражены сведения о достоверности и результатах внедрения, структуре и объеме работы.

В главе 1 приводится анализ состояния вопроса в области дорожного строительства и повторного применения различного сырья. Соискателем рассмотрены марки и типы асфальтобетона, проанализированы технологии регенерации старого асфальтобетона, определен наиболее эффективный метод регенерации, выявлены особенности составов дорожных композитов с использованием асфальтобетонного гранулята для улучшения свойств конечных композитов, исследованы области применения зол-уноса. Это позволило определить целесообразность использования рассматриваемых материалов и наметить общий план мероприятий в рамках исследования.

В главе 2 указаны сырьевые материалы, методики и оборудование, применяемые в ходе выполнения исследований. Предложено применение зол-уноса различного типа в качестве регулятора структурообразования, обеспечивающего частичную замену цемента. Физико-механические характеристики определялись с применением стандартных методик в лабораторных условиях.

В главе 3 представлен план проведения эксперимента, разработана методология исследования, в основе которой лежит комплексный анализ вторичного и техногенного сырья. Были изучены физико-механические, физико-химические свойства и структурные особенности проб асфальтобетонного гранулята. Выявлена активность минеральных добавок в виде зол-уноса, а также приведены структурные особенности в системе «цемент – зола-уноса», являющейся основным структурообразующим компонентом.

В главе 4 соискателем осуществлен подбор составов асфальтогранулобетонных смесей с комплексным (цемент – зола-уноса – битумная эмульсия) и минеральным (цемент – зола-уноса) вяжущим с применением метода математического моделирования, определены рациональные составы асфальтогранулобетонных смесей, содержащие кислую золу-уноса Кемеровской ГРЭС или основную золу-уноса Назаровской ТЭС. Произведен анализ изменения физико-механических свойств рациональных составов асфальтогранулобетона в зависимости от применяемого вида вяжущего и типа золы-уноса. Произведен расчет конструкций дорожных одежд с использованием материалов, разработанных в ходе проведения исследований.

В главе 5 соискателем подробно изложена технологическая схема производства АГБС на заводе и непосредственно на дороге, выявлены ключевые особенности организации технологических операций при использовании в составе асфальтогранулобетона зол-уноса. Рассчитан потенциальный экономический эффект от применения разработанных составов строительных материалов.

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

Научные положения, выводы и рекомендации сформулированы на основании полученных экспериментальных результатов с использованием

обоснованных методов исследования, не противоречат результатам изысканий других авторов и согласуются с основными научными представлениями в области строительного материаловедения, дополняя и развивая общие принципы управления процессами структурообразования дорожно-строительных материалов с учетом специфики связующих.

В *научной новизне* автором обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение, направленное на создание органоминерального композиционного материала из асфальтобетонного гранулята для использования в дорожном строительстве. Установлено рациональное соотношение вяжущего и зол-уноса в составе вяжущих систем в зависимости от их типа при частичной замене цемента, не оказывающие негативного влияния на процессы структурообразования. Показано, что золы-уноса выступают не только как регуляторы структурообразования, но и как активный компонент, обеспечивающий набор прочности цемента и распределение пленок битума в матрице композита в процессе эксплуатации.

Предложена феноменологическая модель структурообразования асфальтогранулобетона. При смешении с цементом золы-уноса в зависимости от вида выступают центрами кристаллизации или пуццоланами, участвующие в формировании развитой сетки из гидратных соединений различного состава и морфологии. Непрореагировавшая зола выступает селективными центрами адсорбции эмульсии, обеспечивая равномерное распределение битумных пленок в объеме композита, в результате чего формируется плотная структура, обеспечивающая прочный и водостойкий асфальтогранулобетон при сниженных ресурсозатратах.

Исследованы закономерности влияния состава асфальтогранулобетона на его физико-механические свойства, позволяющие осуществить многокритериальную оптимизацию и установить рациональные границы варьирования рецептурно-технологических факторов при проектировании асфальтогранулобетонов для устройства автомобильных дорог.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается использованием научно обоснованных признанных и нормируемых методик и оборудования, наглядностью полученных результатов. Все результаты подкреплены существенным объемом теоретических и экспериментальных исследований. Полученные данные имеют высокую воспроизводимость и сходимость и не противоречат общепринятым научным фактам и результатам других авторских коллективов.

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 расширены теоретические основы процесса структурообразования, участвующего в формировании структуры

асфальтогранулобетона при комплексном использовании асфальтобетонного гранулята и зол-уноса в сочетании с различными вяжущими системами, а также в установлении закономерностей влияния состава и свойств асфальтогранулобетона при добавлении комплекса вяжущих с золой-уноса на структурные параметры и характеристики асфальтогранулобетона с их использованием.

Разработаны составы асфальтобетонных смесей на основе минерального и комплексного вяжущего, позволяющие получать композиты прочностью при непрямом растяжении: при температуре 20 °С (7 сут.) – 0,48–0,61 Мпа, 40 °С (7 сут.) – 0,41–0,58 Мпа, 20 °С (28 сут.) – 0,48–0,61 Мпа; водостойкостью образцов – 0,73–0,85.

В ходе исследования была разработана технология получения асфальтогранулобетона, включающая при проведении холодной регенерации предварительное смешивание цемента с золой-уноса. Кроме того, предложены альтернативные конструкции и произведен расчет дорожных одежд с применением асфальтогранулобетона.

Основные положения работы изложены в 20 публикациях, в том числе 5 – в журналах, входящих в перечни рецензируемых научных изданий и международных реферативных баз, рекомендованных ВАК РФ; 3 – в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus; получено 2 патента РФ на изобретение.

Замечания и рекомендации по диссертации и автореферату

1. Для расчета коэффициента запаса прочности конструкций использованы справочные значения модуля упругости. Целесообразно рассмотреть возможность экспериментального определения данных значений для каждого состава асфальтогранулобетона и произвести расчет с учетом фактических значений.

2. Из текста диссертационной работы следует, что для разработанных составов асфальтогранулобетонов определены лишь физико-механические свойства, регламентируемые ГОСТ 70197.1–2022 и ОДМ 218.6.1.005–2021, действующими на момент выполнения исследования. Для дальнейших исследований необходимо учесть последние изменения методических рекомендаций от октября 2025 года, содержащих перечень эксплуатационных свойств асфальтогранулобетонов.

3. Математическая запись квадратичных уравнений в тексте диссертации приведена с ошибкой.

4. В тексте диссертационной работы имеются опечатки и некоторые стилистические неточности.

Высказанные замечания и возникшие вопросы не влияют на общую положительную оценку диссертации Степаненко М.А.

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

Диссертация Степаненко Маргариты Андреевны представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится

научно-обоснованное технологическое решение, имеющее существенное значение для дорожно-строительной отрасли. Выводы и технические рекомендации аргументированы, обладают научной новизной, а полученные результаты свидетельствуют о сложности и многоаспектности работы. Диссертация написана грамотным техническим языком, графический материал выполнен на высоком уровне.

Исходя из актуальности рассматриваемой тематики, научной новизны, теоретической и практической значимости полученных результатов, считаю, что диссертационная работа на тему «Асфальтогранулобетон с применением зол-уноса» полностью соответствует критериям п. 9–11, 13, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением 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, Степаненко Маргарита Андреевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук, доцент
(специальность 05.23.05 – «Строительные материалы и изделия»), заведующий кафедрой
«Автомобильные дороги»
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный
исследовательский технический университет»

Балабанов
Вадим Борисович

«20» 11 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

Адрес университета: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83

Тел.: +7 (3952)40-51-39

E-mail: balabanovvb@istu.edu



письмо Балабанова В.Б.
ЗАВЕРЯЮ
общий отдел ФГБОУ ВО «ИРНТУ»
Степаненко Маргарита Андреевна
с.ф.ч.д.с.б.