

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук  
Чулковой Ирины Львовны на диссертацию  
*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

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.

### **Актуальность диссертационной работы**

Актуальность рассматриваемой темы обусловлена перспективностью применения асфальтобетонного гранулята как заполнителя в составе органо-минеральных дорожно-строительных композитов. Разработка асфальтогранулобетонных смесей (АГБС) имеет как научное, так и прикладное значение. Использование зол-уноса (ЗУ) в асфальтогранулобетонных смесях совместно с вяжущим в качестве минеральной добавки, регулирующей процессы структурообразования в результате гидратации и в ходе набора прочности цемента, что позволяет получить композит с требуемыми физико-механическими свойствами.

Диссертационная работа Степаненко Маргариты Андреевны направлена на разработку технологического решения, обеспечивающего получение асфальтогранулобетона с применением зол-уноса различного состава на основе различных вяжущих систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках: гранта президента РФ НШ-2584.2020.8; гранта РФФИ № 23-19-00796.

**Общая характеристика работы.** Автором обоснована актуальность темы диссертационной работы, показана степень разработанности данной темы, определены цель и задачи работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, обозначены положения, выносимые на защиту, факторы, обеспечивающие достоверность полученных результатов, а также сведения о внедрении результатов исследований.

**Первая глава** посвящена обзору научной литературы с подробным описанием холодной и горячей регенерации на месте или заводе, влиянию повторного применения асфальтобетонного гранулята в составе дорожных композитов, эффективности зол-уноса различного состава в виде функциональных компонентов минеральной части или регуляторов свойств, применяемых вяжущих.

**Во второй главе** описаны свойства сырьевых материалов, методы и оборудование, использованные для проведения экспериментов с учетом эта-

пов подготовки, которые подробно представлены в главах диссертации, и отражают анализ исследований, что облегчает восприятие и понимание полученных результатов.

**В третьей главе** произведена оценка свойств асфальтобетонного гранулята в зависимости от срока эксплуатации покрытия. Установлены ключевые особенности зол-уноса, определяющие характер и механизм взаимодействия их с различными видами вяжущих. Проанализированы свойства зол-уноса как активных минеральных добавок в составе вяжущих. Произведен анализ образцов цементного камня рациональных составов с использованием зол-уноса различных типов.

**Четвертая глава** посвящена изучению взаимосвязи между составом, свойствами и соотношением исходных компонентов, и совокупностью конечных свойств композита. Произведен подбор составов асфальтогранулобетонных смесей с применением методики математического моделирования. Исследованы физико-механические свойства составов асфальтогранулобетона (АГБ) в зависимости от вида вяжущей системы и типа золы-уноса. Отмечено, что все разработанные составы на основе вторичного сырья с применением различных вяжущих в сочетании с добавками из техногенного сырья в виде зол-уноса, несмотря на некоторые колебания при переходе от состава к составу, обладают высокими физико-механическими свойствами. Произведен расчет конструкций дорожных одежд с использованием разработанных составов асфальтогранулобетона.

**В пятой главе** соискателем рассмотрена технология получения асфальтогранулобетонных смесей с золами-уноса; ключевые особенности организации технологических операций при использовании в составе асфальтогранулобетона техногенного сырья в виде зол-уноса, рассчитана технико-экономическая эффективность; для внедрения результатов работы разработаны стандарты организации и представлены перспективы дальнейших исследований.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и научная новизна.** Научные положения, выдвинутые в диссертации, обоснованы и согласуются с отечественными и зарубежными научными представлениями в области применения асфальтобетонного гранулята, реализуемого в дорожно-строительном материаловедении. Представленные аспекты работы, в совокупности, могут значительно повлиять на решение задач в рамках федерального проекта «Экономика замкнутого цикла», а также отразиться на жизненном цикле конструкций автомобильных дорог, в частности, при регенерации покрытий по предложенной технологии за счет сохранения надлежащего качества. Изучение сырьевых и синтезированных материалов с использованием комплексного подхода позволило получить достоверные результаты.

**В научной новизне** автором обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение, обеспечивающее получение асфальтогранулобетона с применением зол-уноса различного состава. Рациональное со-

отношение вяжущего и зол-уноса с учетом их типа, выполняющих роль регуляторов структурообразования в составе вяжущих систем («цемент – зола-уноса» / «цемент – зола-уноса – битумная эмульсия») при частичной замене цемента обеспечивает получение полужестких ресурсосберегающих органоминеральных композиционных материалов с заданными физико-механическими и эксплуатационными свойствами. В зависимости от химического состава, дисперсности и морфологии частиц, золы-уноса выступают в качестве активного компонента, участвующего в процессах гидратации и набора прочности цемента, а также в распределении пленок битума в матрице композита в результате распада эмульсии и регулировании свойств последнего (прочность под воздействием температур, водостойкость) в процессе эксплуатации.

Предложена феноменологическая модель структурообразования АГБ с применением зол-уноса. При получении полужестких материалов золы-уноса обеспечивают формирование плотной упаковки частиц минерального остова; в процессе гидратации цемента выступают центрами кристаллизации (основные) и пуццоланами (кислые), способствующими формированию плотной матрицы гидратных соединений; непрореагировавшие частицы золы являются центрами адсорбции органического вяжущего, в результате чего проявляется структурирующий эффект, выраженный в дисперсном упрочнении и длительной стабилизации свойств органического вяжущего за счет донорно-акцепторного механизма взаимодействия.

Установлены закономерности влияния рецептурных факторов на формирование свойств АГБ при комплексном использовании вторичного и техногенного сырья с учетом процессов структурообразования в зависимости от применяемого вида вяжущего (цемент/цемент + битумная эмульсия), позволяющие установить границы варьирования для получения дорожных композитов с заданными свойствами.

**Достоверность** обеспечивается: комплексом экспериментальных исследований с учетом требований методик и оборудования, регламентированных нормативными документами, при использовании современного высокотехнологичного оборудования и сопоставлением результатов, полученных другими авторами.

Автореферат диссертации соответствует структуре работы, отражает обоснование актуальности и значимости работы, цели и задачи исследования, положения, выносимые на защиту, основные идеи и выводы исследований. Выводы базируются на полученных автором экспериментальных результатах и их сопоставлении с результатами научных работ других коллективов в обозначенной и смежных областях.

#### **Теоретическая и практическая значимость результатов исследований**

Дополнены теоретические представления о процессах структурообразования АГБ при комплексном использовании вторичного и техногенного сырья в виде асфальтобетонного гранулята и зол-уноса различного состава в сочетании с различными вяжущими системами. Установлены закономерности

сти влияния состава компонентов асфальтогранулобетонных смесей на физико-механические свойства АГБ. Разработаны составы асфальтогранулобетонных смесей на основе минерального и комплексного вяжущего, позволяющие получать асфальтогранулобетон со следующими характеристиками:  $R_{20}$  (7 сут.) – 0,48–0,61 МПа;  $R_{40}$  (7 сут.) – 0,41–0,58 МПа; водостойкость – 0,73–0,85;  $R_{20}$  (28 сут.) – 1,23–1,47 МПа. Предложены рецептурно-технологические параметры получения АГБС, заключающиеся в проведении холодной регенерации асфальтобетона с необходимостью предварительного смешения сухих компонентов (цемент, зола-уноса).

Выполнен расчет конструкций дорожных одежд с использованием АГБ для устройства различных конструктивных слоев (основание, покрытие) автомобильной дороги III и IV технической категории.

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. На странице 43, главы 1 диссертационной работы в последнем абзаце отсутствует ссылка на источник.

2. Требуется пояснения вопрос, касающийся коэффициентов  $f_1$  и  $f_2$  в расчетах при выполнении теста Фраттини. Что они обозначают и для чего их определяют?

3. Проводилось ли сравнение прочностных свойств между асфальтобетоном, оставшимся в основании и новым композиционным материалом? Данные не приведены в работе.

4. Требуется пояснения вопрос порядка расчета вариантов конструкций дорожных одежд. Несмотря на то, что асфальтогранулобетон полужесткий композит толщина конструкций в обоих случаях уменьшается, а не увеличивается, чем это объясняется?

5. Необходимо уточнить за какие единицы массы или объема рассчитаны суммарные стоимости компонентов для получения асфальтогранулобетонной смеси (таблицы 5.1–5.3 стр. 142)?

6. В работе имеются некоторые опечатки и неточности.

Указанные вопросы и замечания носят уточняющий характер и не отражаются на положительной оценке диссертационной работы.

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным**

##### **Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Диссертация Степаненко Маргариты Андреевны представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой содержится научно-обоснованное технологическое решение, обеспечивающее получение асфальтогранулобетонов с применением зол-уноса для устройства оснований и покрытия автомобильных дорог III и IV технической категории. Получен-

ные 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 «Асфальтогранулобетон с применением золуноса» 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, Степаненко Маргарита Андреевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

**Официальный оппонент:**

Доктор технических наук по специальности 05.23.05 – «Строительные материалы и изделия», профессор, профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ФГБОУ ВО «СибАДИ»

Чулкова  
Ирина Львовна

«17» ноября 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»

Адрес университета: 644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, д. 5

Тел.: +7 (3812) 65-23-88

E-mail: chulkova\_il@sibadi.org

Подпись профессора  
Чулковой И.Л. заверяю

