

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –
проректор по образовательной
деятельности ФГБОУ ВО

«Московский автомобильно-

технический государственный
университет



Артемьев И.А.

«18» октября 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **Выродовой Кристины Сергеевны** на тему: **«Полимерно-битумное вяжущее, модифицированное шунгитом, и асфальтобетон на его основе»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия

Актуальность. В связи с реализацией национального проекта «Безопасные и качественные» в последние годы дорожному строительству уделяется особое внимание с целью создания комфортной и надежной транспортной инфраструктуры. В этой связи непрерывно растут объемы строительных работ по возведению новых объектов, реконструкции и ремонту существующих, а, следовательно, увеличивается потребность в качественных и долговечных строительных материалах.

Решение задач, поставленных в диссертационной работе Выродовой К.С., позволило установить зависимости, связывающие свойства шунгита, модифицированного им ПБВ и асфальтобетона. Это дало возможность получения стабильной связнодисперсной структуры полимерно-битумного вяжущего, повышения его физико-химических характеристик, замедления интенсивности старения вяжущего, что обеспечило улучшение физико-механических и эксплуатационных свойств асфальтобетона. В связи с вышеизложенным, диссертационная работа Выродовой К.С. является весьма актуальной.

Работа выполнена при поддержке исследований со стороны Министерства образования и науки РФ, гранта Президента, что также является подтверждением актуальности данного направления. Результаты исследований опубликованы в рецензируемых рейтинговых журналах, запатентованы, представлены на конференциях различного уровня.

Структура и содержание диссертационной работы. Работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов и приложений. Содержит 196 страниц машинописного текста, включающего 70 рисунков и фотографий, 67 таблиц, библиографический список из 216 наименований, 8 приложений.

Диссертационная работа логически построена, в ней четко сформулированы цель и задачи, которые успешно решены, результаты экспериментальных исследований изложены в соответствующих главах.

Опираясь на результаты анализа литературы отечественных и зарубежных авторов, сформулирована рабочая гипотеза, теоретически обосновано применение тонкодисперсного шунгита для повышения качества полимерно-битумного вяжущего и асфальтобетона с его применением.

С использованием оригинальных методов проведены исследования особенностей состава и структуры шунгита разных месторождений Карелии, реакционной способности их поверхности. Приведены рецептурно-технологические факторы получения ПБВ, модифицированного шунгитом, анализ его физико-химических и реологических характеристик по сравнению с полимерно-битумным вяжущим на традиционном полимере СБС. Установлена взаимосвязь структурирующего влияния наполнителей с количеством углерода в составе шунгита, разупорядоченностью его структуры, количеством активных центров на его поверхности, что позволило ранжировать образцы шунгита различных месторождений по степени их положительного влияния на свойства ПБВ. Разработана технология приготовления модифицированных составов.

Обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение по получению ПБВ, модифицированного шунгитом, обеспечивающее производство асфальтобетона с высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками. Предложен механизм влияния тонкодисперсного шунгита, объясняющий улучшение свойств ПБВ и асфальтобетона на его основе. Показано, что применение модифицированного ПБВ либо полимерно-шунгитовой композиции в составе вяжущего обеспечивает повышение прочности, водостойкости, сдвигустойчивости и устойчивости к колееобразованию асфальтобетона.

Представлены результаты апробации в производственных условиях разработанных составов и технологии, а также расчет экономического эффекта. Приведены итоги выполненной работы и перспективы развития этого направления исследований.

Научная новизна диссертационной работы Выродовой К.С. заключается в следующем. Автором обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение по получению ПБВ, модифицированного шунгитом, обеспечивающее производство асфальтобетона с высокими физико-механическими и эксплуатационными

характеристиками. За счет модификации ПБВ тонкодисперсным шунгитом обеспечивается воздействие на структуру и физико-химические характеристики вяжущего, что позволяет повысить вязкость ПБВ, расширить интервал его пластичности, повысить когезию и адгезионную способность, замедлить интенсивность деградационных процессов в битумном вяжущем. Применение модифицированного ПБВ либо полимерно-шунгитовой композиции в составе вяжущего обеспечивает повышение прочности, водостойкости, сдвигоустойчивости и устойчивости к колееобразованию асфальтобетона.

Предложен механизм влияния тонкодисперсного шунгита, объясняющий улучшение свойств ПБВ и асфальтобетона на его основе. При гомогенизации шунгита со стирол-бутадиен-стиролом происходит деструкция макромолекул полимера за счет механического воздействия наполнителя и формирование более однородной тонкодисперсной пространственной структурной сетки полимера в битуме. При этом повышается реакционная способность полимера за счет образования макрорадикалов, а также увеличения межфазной границы с наполнителем, что приводит к улучшению взаимодействия СБС с шунгитовым порошком. Одновременно шунгит взаимодействует с битумом по донорно-акцепторному механизму и структурирует его. За счет этих процессов формируется стабильная связнодисперсная матрица ПБВ, которая обеспечивает повышение физико-механических и эксплуатационных характеристик асфальтобетона.

Установлены закономерности влияния состава, структуры шунгитового углерода и состояния поверхности образцов шунгита разных месторождений на физико-химические характеристики ПБВ. Показано, что пенетрация, температура размягчения, динамическая вязкость, когезионная прочность вяжущего, его сцепление с минеральными материалами, интенсивность старения взаимосвязаны линейной зависимостью с концентрацией активных адсорбционных центров на поверхности шунгитового наполнителя. Коэффициент корреляции составляет 0,933–0,935. Установлено, что степень положительного воздействия шунгита на свойства полимерно-битумного вяжущего возрастает с увеличением количества углерода в его составе и степени его разупорядоченности. Это позволило проранжировать шунгит различных месторождений по повышению эффективности его использования в составе ПБВ.

Обоснованность и достоверность основных положений, выводов и рекомендаций. Научные положения, выводы и рекомендации, изложенные в диссертационной работе, сформулированы на основании глубокого анализа научной информации, 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. Выводы по главам и заключение научно обоснованы и отражают суть выполненных исследований.

Достоверность результатов экспериментальных исследований не вызывает сомнений. Она обеспечена использованием современных стандартных и оригинальных методов исследования, реализованных на высокотехнологичном оборудовании. Все результаты подкреплены существенным объемом теоретических и экспериментальных исследований, которые не противоречат общепризнанным научным фактам и работам других авторских коллективов, а также промышленными испытаниями. В целом следует отметить высокий уровень выполнения работы, комплексный подход к проведению исследований и большой объем новых научных результатов.

Автореферат и публикации автора полностью согласуются с текстом диссертации и отражает основное содержание работы, соответствующей специальности 2.1.5 - Строительные материалы и изделия.

На основании вышеизложенного можно констатировать, что основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту, а также заключение и рекомендации, являются теоретически обоснованными, достоверными и экспериментально подтвержденными.

Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки. Значительный объем исследований, выполненных автором работы, позволил дополнить теоретические представления о структурообразовании вяжущего, модифицированного шунгитом, установить новые взаимосвязи между составом, степенью упорядоченности шунгитового углерода, активностью поверхности наполнителя и физико-химическими характеристиками ПБВ. Это дает возможность прогнозировать свойства асфальтобетона с использованием модифицированного шунгитом полимерно-битумного вяжущего и обосновывать повышение его качества и долговечности.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в дополнении теоретических представлений о процессах структурообразования модифицированного шунгитом вяжущего и асфальтобетона на его основе, позволивших обосновать повышение физико-химических характеристик ПБВ.

Соискателем разработаны рациональные составы и технологии получения вяжущего, модифицированного шунгитом, при непосредственном его введении в ПБВ и в составе полимерно-шунгитовой композиции, вводимой в битум. Использование шунгита позволило получить более структурированное вяжущее, повысив условную вязкость при 25 °С на 12 % (при непосредственном введении) и на 19 % (в составе полимерно-

шунгитовой композиции), а также расширив интервал пластичности на 9,2 °С и 13 °С соответственно.

Разработаны составы асфальтобетонной смеси по ГОСТ 9128-2013, имеющие следующие прочностные характеристики: R_{20} – 6,1 и 6,5 МПа, R_{50} – 1,95 и 2,2 МПа, R_0 – 8 МПа, трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при 0 °С – 4,2 МПа, водостойкость 0,97–0,98 и длительную водостойкость 0,91–0,93.

Разработаны составы асфальтобетонной смеси А 16 Вн по ГОСТ Р 58406.2-2020 с коэффициентом водостойкости 0,96, увеличенной сдвигоустойчивостью по разрушающей нагрузке, равной 14095 Н, и высокой устойчивостью к остаточным деформациям.

В ходе работы разработан ряд нормативных документов, результаты используются в учебном процессе при подготовке бакалавров, специалистов и магистров по направлению «Строительство».

Апробация результатов работы осуществлялась в ООО «Автодорстрой-Подрядчик» при получении полимерно-битумного вяжущего, модифицированного шунгитом, и ЦМА-16 на его основе. Смесь была уложена на участке автодороги «Разумное-Севрюково-Новосадовый». Для внедрения результатов разработаны Технологический регламент на производство полимерно-битумного вяжущего, модифицированного шунгитом и стандарт организации СТО «Полимерно-битумное вяжущее, модифицированное шунгитом. Технические условия».

Основные результаты работы были представлены на международных и всероссийских конференциях.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы. Разработанные в диссертационной работе составы и технологии модифицированного ПБВ, а также нормативные документы для их внедрения, могут быть рекомендованы для использования при производстве модифицированных полимерно-битумных вяжущих для получения асфальтобетонных смесей с высокими физико-механическими характеристиками и долговечностью для нижних и верхних слоев покрытия.

Теоретические и экспериментальные результаты работы рекомендуются к использованию в учебном процессе при подготовке бакалавров, специалистов и магистров по направлению «Строительство».

При ознакомлении с материалами диссертации Выродовой К.С. возникли следующие **вопросы и замечания**:

1. Варианты изготовления ПБВ, наполненного шунгитом, включают в некоторых случаях необходимость его дозревания. При этом в тексте диссертации не указаны оптимальные режимы дозревания или критерии для установления оптимума.

2. Исследование эксплуатационных характеристик асфальтобетона с применением ПБВ, модифицированного шунгитом, показало значительное повышение эксплуатационной надежности и долговечности данного материала. Какую экономию может внести данный факт в ключевые исследования жизненного цикла покрытия? Возможно, что комбинация эксплуатационных характеристик обеспечит гораздо большую экономическую эффективность по сравнению со снижением стоимости выпуска асфальтобетонных смесей.

3. В процессе исследований не установлено, требуется ли изменение технологии устройства асфальтобетонного покрытия с применением модифицированного ПБВ, а также корректировка технологических режимов работы АБЗ.

4. В разделе по опытно-промышленному испытанию не указано, по какой именно технологии и с какими исходными компонентами был получен опытный образец вяжущего.

5. Не произведена оценка получаемого ПБВ в соответствии с требованиями к вяжущему для объемно-функционального проектирования. С учетом изменений, которые шунгит вносит в температурный диапазон пластичности, это представляет значительный интерес.

6. На стр. 150 текста диссертации указано, что в процессе мониторинга опытного участка установлено улучшение сопротивления транспортным нагрузкам. На основании чего сделан такой вывод, если определение транспортно-эксплуатационных характеристик опытного участка не производилось?

Указанные замечания не снижают высокого уровня выполненной работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации Выродовой К.С.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.

Рассматриваемая диссертационная работа является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащую научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной, теоретической и практической значимостью. Результаты работы достаточно широко опубликованы и апробированы на конференциях различного уровня; 11 публикаций отражают основные результаты работы; содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации. Современный уровень научных исследований по теме диссертации подтверждается списком использованной литературы и публикациями автора. Диссертация написана грамотным техническим языком, материал изложен в логической последовательности.

На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа «Полимерно-битумное вяжущее, модифицированное шунгитом, и

асфальтобетон на его основе», соответствует критериям, изложенным в пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор, Выродова Кристина Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Дорожно-строительные материалы» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) «15» ноября 2024 года. Протокол № 11 от «15» ноября 2024 г.

Заведующий кафедрой
«Дорожно-строительные материалы»
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-
дорожный государственный технический
университет (МАДИ)», доктор
технических наук по
специальности 05.13.06 – Автоматизация
и управление технологическими
процессами и производствами
(промышленность),
доцент



Васильев Юрий Эммануилович

«18» ноября 2024 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)»
125319, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 64
Телефон: +7 (499) 346-01-68;
E-mail: info@madi.ru;
Сайт: <https://www.madi.ru/3-kontakty.html>;

Подпись Васильева Ю.Э. удостоверяю
документовед О/к Васильева Ю.Э.

