

ОТЗЫВ

официального оппонента **Подольского Владислава Петровича**
на диссертационную работу **Выродовой Кристины Сергеевны**
на тему: **«Полимерно-битумное вяжущее, модифицированное шунгитом,
и асфальтобетон на его основе»**,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия

Актуальность темы исследования

Известно, что для достижения высоких показателей качества автомобильных дорог в условиях постоянного роста интенсивности движения и грузонапряженности транспортных потоков необходимо применение эффективных и долговечных дорожно-строительных материалов.

Одним из основных способов повышения долговечности дорожных покрытий является использование в составе асфальтобетонных смесей полимерно-битумных вяжущих (далее ПБВ). Предлагаемые сегодня различные варианты ПБВ имеют ряд недостатков, ограничивающих их применение: высокая стоимость, низкая сопротивляемость термоокислительной деструкции, склонность к сегрегации и недостаточный температурный интервал пластичности.

Исходя из вышеизложенного, диссертационная работа Выродовой К.С., посвященная разработке научно-обоснованного технологического решения, обеспечивающего получение эффективного полимерно-битумного вяжущего, модифицированного шунгитом, для производства асфальтобетона с улучшенными физико-механическими показателями и долговечностью, является актуальной. Кроме того, показана возможность сокращения содержания полимера и уменьшения за счет этого стоимости ПБВ и асфальтобетона.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова; гранта Президента РФ НШ-2584.2020.8; программы «Приоритет-2030»; Хоздоговора № 3/19 с ООО «Карельская инвестиционная компания», что является дополнительным подтверждением актуальности данного исследования.

Структура и содержание работы

Представленная диссертационная 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.

Во введении приводятся: актуальность работы, цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость,

основные положения, выносимые на защиту, информация об апробации результатов работы.

Первая глава посвящена современному состоянию проблемы применения ПБВ в составе асфальтобетонной смеси, проанализированы их основные преимущества и недостатки, а также опыт использования тонкодисперсных наполнителей для улучшения качества полимерно-битумных вяжущих. На основании подробного анализа литературных данных сформулирована рабочая гипотеза исследований.

Вторая глава посвящена объектам и методам исследования. В диссертационной работе применялись актуальные способы оценки физико-химических свойств ПБВ, физико-механических и эксплуатационных характеристик асфальтобетона. К достоинствам работы следует отнести использование современных инструментальных методов исследования характеристик шунгита различных месторождений.

В третьей главе приведены результаты исследований особенностей состава и структуры шунгита разных месторождений Карелии, реакционной способности их поверхности. Обоснованы рецептурно-технологические факторы получения полимерно-битумного вяжущего, модифицированного шунгитом, проведено сравнение его физико-химических и реологических характеристик с полимерно-битумным вяжущим на традиционном полимере на основе СБС.

Исследование структуры шунгитового углерода методом дифференциальной сканирующей и Рамановской спектроскопии, рентгенофлуоресцентного анализа, сканирующей электронной микроскопии, а также определение концентрации активных центров на поверхности шунгита позволило проранжировать образцы разных месторождений по влиянию их на физико-химические свойства вяжущего и установить взаимосвязь структурирующего влияния наполнителей с количеством углерода в составе шунгита, разупорядоченностью его структуры и активностью поверхности.

Разработаны составы и технологии приготовления модифицированных ПБВ, предложен механизм взаимодействия шунгита и полимера с органическим вяжущим. Установлено, что введение шунгитового наполнителя в составе композиции в битум более эффективно, чем непосредственное введение наполнителя в состав ПБВ, что связано с особенностями формирования структуры модифицированного вяжущего.

Исследована возможность замены части полимера на шунгит.

Показано, что все исследуемые тонкодисперсные порошки из шунгита замедляют интенсивность старения ПБВ, однако образцы различных месторождений влияют на эти показатели неодинаково, что автор объясняет различной активностью поверхности шунгита.

В четвертой главе исследовано влияние модифицированного шунгитом ПБВ на свойства асфальтобетона на примере полимерасфальтобетона типа Б и А 16 Вн с использованием образца шунгита Зажогинского месторождения.

Показано, что использование шунгита в составе ПБВ позволяет увеличить основные прочностные характеристики полимерасфальтобетона, сцепление при сдвиге, водостойкость, устойчивость к остаточным деформациям.

Испытания исследуемых составов на устойчивость к образованию колеи показали, что ожидаемый срок службы асфальтобетонного покрытия на модифицированном вяжущем увеличится на 2,5 года.

В пятой главе приведены технологические особенности введения шунгита в состав вяжущего, результаты апробации и экономическая эффективность за счет замены 10% полимера на шунгит. Показано, что экономия при производстве 100 тонн модифицированного полимерно-битумного вяжущего составила 440100 рублей, при производстве асфальтобетона – 24111 руб. на каждые 100 тонн смеси. Разработаны нормативные документы на производство полимерно-битумного вяжущего, модифицированного шунгитом.

В заключении приводятся выводы по работе, а также рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Научная новизна работы

Научная новизна диссертационной работы заключается, во-первых, в обосновании и экспериментальном подтверждении технологического решения по получению полимерно-битумного вяжущего, модифицированного шунгитом, которое обеспечивает производство асфальтобетона с высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками. Это происходит за счет модификации ПБВ тонкодисперсным шунгитом, введенным непосредственно в ПБВ при его приготовлении, или в битум в составе композиции, включающей полимер стирол-бутадиен-стирол, пластификатор Унипласт и шунгит, что позволяет воздействовать на структуру и физико-химические характеристики вяжущего и 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. 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 диссертации, выносимые на защиту, выводы и рекомендации, сформулированные в работе, обоснованы, т.к. они получены на основе обобщения теоретических представлений и систематизации результатов экспериментальных исследований. Методология научно-квалификационной работы основывается на разработках отечественных и зарубежных исследователей в области строительного материаловедения, дорожно-строительных материалов. Исследования, выполненные автором в рамках заявленной темы, являются достаточными по объему и составу, все выбранные варианты решения аргументированы. Выводы по главам и заключение научно обоснованы, не противоречат общепринятым теоретическим представлениям и отражают суть выполненных исследований.

Достоверность полученных результатов и выводов обеспечена применением современных физико-химических методов исследований, выполненных на сертифицированном и поверенном оборудовании, корреляцией теоретических и экспериментальных результатов, использованием нормативных документов, подкреплением промышленными испытаниями.

По теме диссертации опубликовано 11 публикаций, в том числе 4 – в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ; 2 – в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus. Получен 1 патент.

Автореферат и публикации автора в полной мере отражают содержание диссертации. Автореферат дает достаточно полное представление о научной новизне и практической значимости работы, о публикации основных результатов исследования.

Теоретическая и практическая значимость работы

Диссертант выполнил большой объем теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию и практическому подтверждению влияния рецептурно-технологических факторов приготовления полимерно-битумного вяжущего, модифицированного шунгитом. Выявлены особенности структуры и характеристик полученного вяжущего, влияющие на свойства асфальтобетона.

Получены новые данные, расширяющие представления о процессах структурообразования модифицированного шунгитом вяжущего и асфальтобетона на его основе, позволившие обосновать повышение физико-химических характеристик ПБВ.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

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.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Соискателем разработаны состав и технологии получения ПБВ, модифицированного шунгитом. Для их внедрения разработаны нормативные документы: Стандарт организации СТО «Полимерно-битумное вяжущее, модифицированное шунгитом. Технические условия» и Технологический регламент на производство полимерно-битумного вяжущего, модифицированного шунгитом.

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы, сформулированные автором, свидетельствуют о возможности их внедрения на предприятиях по производству полимерно-битумных вяжущих и асфальтобетонных смесей для нижних и верхних слоев покрытия, а также

для внедрения в учебный процесс при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Строительство».

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. На рис. 3.17 в тексте диссертации приведена зависимость максимального усилия растяжения битумного вяжущего, характеризующего когезионную прочность от его состава. На этом же рисунке приведены данные о количестве активных центров, содержащихся на поверхности шунгита. Отмечено, что корреляция между этими параметрами существует, однако математическое доказательство корреляции не приведено.

2. В процессе проведения исследований установлено, что структура вяжущего зависит от способа введения шунгита. Вероятно, что различные по структуре образцы ПБВ должны иметь различную седиментационную устойчивость. При этом в таблице 3.24 приведены результаты исследования стабильности только одного типа модифицированного ПБВ. Из приведенных данных не удастся установить, какие именно образцы были испытаны на стабильность и какой образец использовался в качестве контрольного.

3. На стр. 124 текста диссертации отмечено, что применение шунгита приводит к снижению показателя водонасыщения. Данный показатель зависит от остаточной пористости асфальтобетона, непонятно за счет чего происходит снижение водонасыщения, если остаточная пористость образцов не изменяется.

4. При проектировании состава асфальтобетонной смеси не установлено, требуется ли корректировка гранулометрического состава при применении наполненного шунгитом ПБВ. Возможно, что остаточную пористость асфальтобетонной смеси можно откорректировать, изменяя содержание минерального порошка.

5. В процессе проведения исследований не установлена стойкость асфальтобетона к воздействию агрессивных сред, например реагентов.

6. Применение модифицированного ПБВ и асфальтобетона на его основе не проанализировано с точки зрения экологичности производства. Не приведет ли применение шунгита на стадии производства ПБВ или выпуска асфальтобетонной смеси к увеличению эмиссии вредных компонентов и снижению экологической эффективности производства?

7. В сметно-экономическом обосновании в разделе 5.3 показано, что стоимость ПБВ, модифицированного шунгитом, ниже на 10% по сравнению с традиционным ПБВ. Учитывает ли этот расчет технические операции, связанные с введением и гомогенизацией шунгита, есть ли вероятность, что техпроцессы, связанные с введением шунгита в состав вяжущего, нивелируют экономию по компонентам? Какой именно вариант технологии производства ПБВ принят при выполнении данного сметного расчета?

Высказанные замечания и возникшие вопросы не снижают значимости представленных результатов и общей положительной оценки диссертационной работы

Заключение по диссертации

Рассматриваемая диссертационная работа является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащую научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной, теоретической и практической значимостью. В ней изложено новое научно-обоснованное технологическое решение, обеспечивающее получение эффективных полимерно-битумных вяжущих и асфальтобетонов. 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.

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.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук
(специальность 11.00.11 – «Охрана
окружающей среды и рациональное
использование природных ресурсов»)
профессор, заведующий кафедрой
«Строительство и эксплуатация
автомобильных дорог» ФГБОУ ВО
«Воронежский государственный
технический университет»


Владислав Петрович Подольский
«12» ноября 2024 г.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,
394006, Российская Федерация, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84.
Телефон: +7 (473) 236-18-89; E-mail: ecodovrn@mail.ru

Подпись официального оппонента
Подольского Вл. П. заверяю.
Проректор по науке и инновациям,
д.т.н., доцент


Алексей Викторович Башкиров
«12» ноября 2024 г.