

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук **Тюкилиной Полины Михайловны**
на диссертационную работу Брызгалова Николая Иннокентьевича
«Технологические особенности регулирования производства СБС-битумного вяжущего и стабилизирующей добавки для создания щебеночно-мастичного асфальтобетона»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 1.4.12. Нефтехимия

Актуальность темы исследования. Одним из важнейших условий повышения долговечности асфальтобетонных покрытий является улучшение свойств битумов и правильный их выбор с учетом климатических особенностей эксплуатации. Однако углубление переработки нефти в целях увеличения объемов выхода топливных и масляных компонентов приводит к ухудшению эксплуатационных характеристик битумов.

Одним из эффективных способов повышения качества дорожных битумов является регулирование их свойств модифицирующими добавками (полимерами, резиновой крошкой, серой, адгезионными добавками и др.), а также технологическими приемами их введения в состав полимерно-битумного вяжущего (ПБВ). Применение полимеров для модификации битумов является одним из наиболее распространенных технологий строительства и ремонта покрытий автомобильных дорог.

Увеличение объема строительства дорог с асфальтобетонным покрытием, капитального ремонта существующих, реализация новых многолетних Федеральных программ по модернизации транспортной системы России являются надежным залогом гарантированного развития технологий битумных вяжущих материалов. Кроме этого, неотъемлемой частью создания улучшенных асфальтобетонных смесей, устойчивых к колееобразованию, является повсеместный переход на щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА). Как известно, отличительной особенностью данного вида асфальтобетонного покрытия является обязательное наличие в его составе стабилизирующей добавки, обеспечивающей улучшение физических и эксплуатационных характеристик ЩМА. Однако, при всех достоинствах известных стабилизирующих добавок, состоящих преимущественно из целлюлозного волокна и вяжущего материала, они не могут в полной мере обеспечивать требуемые показатели качества ЩМА (стекание вяжущего, средняя глубина колеи).

По этой причине разработка комплексного подхода к совершенствованию физических и эксплуатационных характеристик асфальтобетонного покрытия путем

технологического регулирования производства СБС-битумного вяжущего и стабилизирующей добавки для ЦМА является весьма **актуальной задачей**.

Структура работы и основные результаты. Диссертационная работа Брызгалова Н.И. изложена на 128 страницах и состоит из введения, четырех глав, в том числе аналитического обзора, описания объектов и методов исследования, а также экспериментальной части и обсуждения результатов, заключения, и списка литературы, включающего 229 наименований источников.

Введение содержит обоснование актуальности работы, степени разработанности темы исследования, формулировки цели и задач, методологию и методы исследования. Приведены научная новизна работы, теоретическая и практическая значимость, указаны основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов. Представлены данные по публикациям.

Первая глава диссертации содержит аналитический обзор, в котором показано современное состояние производства дорожных битумных вяжущих материалов и закономерности регулирования их физико-химических характеристик. Описаны основные данные и современные достижения в области модификации состава и свойств полимерно-битумных вяжущих. Обобщены теоретические данные об использовании различных модифицирующих добавок, к числу которых следует отнести различного рода полимеры, адгезионные и другие добавки, а также данные о современных технологических решениях производства полимерно-битумных вяжущих. Также автором проведен сопоставительный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований по поиску альтернативных путей применения нефтяного кокса в смежных отраслях промышленности. В заключение литературного обзора автором сделан вывод об актуальности научных знаний, необходимых для создания эффективных технологий совершенствования физических и эксплуатационных характеристик асфальтобетонного покрытия, единственным верным решением которого является разработка комплексного подхода путем разработки СБС-битумного вяжущего с расширенным температурным диапазоном эксплуатации и стабилизирующей добавки на основе нефтяного кокса.

Во второй главе дано описание объектов исследования и методов анализа, использованных в работе: метод SARA-анализа (для определения компонентного состава исходного и модифицированного битумного вяжущего), метод ротационной вискозиметрии (для определения структурно-реологических свойств), метод ЭПР-спектроскопии (для определения количества парамагнитных центров и их влияния на интенсивность старения), синхронный термический анализ (для дополнительной оценки изменений, происходящих в составе СБС-битумного вяжущего при термическом

воздействии), метод компьютерного тернарного исследования (для химико-математического определения оптимального состава стабилизирующей добавки для ЩМА), метод компьютерной рентгеновской томографии (для определения структурообразования и количества воздушных пустот в керне ЩМА).

Третья глава посвящена исследованию физико-химических, структурно-реологических и эксплуатационных характеристик полимерно-битумного вяжущего и щебеночно-мастичного асфальтобетона на его основе. Обсуждение результатов исследования делится на две части. Первая часть посвящена выбору полимерной добавки и технологического приема регулирования качества ПБВ, изучению зависимости изменения состава, физико-химических и реологических свойств СБС-битумного вяжущего от содержания блоксополимера типа СБС (от 1 до 4 % мас.) и необходимости предварительной пластификации полимера, суть которой заключается в обеспечении оптимальной совместимости СБС-полимера и битума, позволяющей получить ПБВ с развитой пространственной структурной сеткой при минимальном содержании полимера в битуме с гарантией обеспечения высокой стабильности разработанного СБС-битумного вяжущего. Приводятся данные структурных изменений при формировании пространственной эластичной молекулярной сетки, создаваемой за счет высокоэффективной диффузии молекул смолисто-асфальтеновых веществ (САВ) с блоксополимером типа СБС. Изменения, происходящие в составе СБС-битумного вяжущего, полученного путем предварительной пластификации полимера, приводят к предотвращению расслаивания ПБВ, увеличению термической стабильности, снижению количества парамагнитных центров в смолисто-асфальтеновых веществах, расширению температурной области текучести, свидетельствующей об образовании коагуляционной структуры в системе «битум-полимер» с более широким моментом релаксации. Подтверждением этому являются данные релаксации напряжения сдвига, повышение температурного перехода битума из неньютоновского в ньютоновское состояние до 150 °С при значении динамической вязкости равной 56 Н·с/м², что обуславливает оптимальные структурно-реологические свойства. Сделаны выводы об оптимальном соотношении компонентов СБС-битумного вяжущего с расширенным температурным диапазоном эксплуатации, соответствующего марке PG 64-34, % мас.: СБС-2,75; ТГФ-8,25; БНД 70/100 -89.

Во второй части, посвященной обсуждению результатов исследований, показано влияние нефтяного кокса на состав и структуру щебеночно-мастичного асфальтобетона. Полученные данные испытаний образцов ЩМА по методам объемно-функционального проектирования Superpave и рентгеновской томографии показали, что использование механоактивированного нефтяного кокса с размерами частиц от 1 до 5 мкм повышает

устойчивость к расслаиванию асфальтобетонной смеси по показателю стекания вяжущего и снижает среднее значение образования колеи, а именно на 34,3 % по сравнению с традиционным составом стабилизирующей добавки. Улучшение характеристик ЩМА обусловлено особенностями состава и структуры поверхности высокодисперсных частиц нефтяного кокса, которые обладают повышенной адсорбционной способностью и значительным количеством различных по размерам пор и их форме. По данным компьютерной рентгеновской томографии наблюдается общая картина зон трещин и макронеоднородностей зерна ЩМА. В исследованиях образцов ЩМА большой интерес у автора вызвала степень распределения нефтяного кокса в объеме зерна и то, как она влияет на эксплуатационные характеристики дорожного покрытия. Полученные томографические снимки зерен ЩМА свидетельствуют о том, что нефтяной кокс распределен равномерно по всему объему образца, что в свою очередь сказывается на стабилизации количества воздушных пустот.

Четвертая глава посвящена разработке комбинированной принципиальной технологической схемы и технико-экономическому обоснованию производства СБС-битумного вяжущего и стабилизирующей добавки для ЩМА. Дано описание технологии производства по каждому блоку комбинированной схемы, а именно блокам предварительной пластификации полимера, смешения компонентов СБС-битумного вяжущего, подготовки нефтяного кокса, реактора, стадии получения гранулированной стабилизирующей добавки для ЩМА, дается характеристика основных аппаратов.

Работа завершается **Заключением**, содержащим выводы и основные результаты диссертации, в котором обоснованы полученные экспериментальные данные с использованием различных методов инструментального анализа с аргументированной интерпретацией с сопоставлением литературных данных. Полученные результаты носят как фундаментальный, так и прикладной характер и являются весьма перспективными, основанными на принципах теории регулирования качественных показателей битумных вяжущих, осуществляемых в соответствии с основными положениями физико-химической механики нефтяных дисперсных систем, а также направленным регулированием их пространственной коллоидно-химической структуры, основанном на изменении размера частиц дисперсной фазы сложной структурной единицы. Автором разработан комплексный подход к улучшению физических и эксплуатационных характеристик щебеночно-мастичного асфальтобетона, основанный на технологическом регулировании производства СБС-битумного вяжущего с расширенным температурным диапазоном эксплуатации и стабилизирующей добавки на основе нефтяного кокса.

Научная новизна исследований и полученных результатов. Автором диссертации подобраны технологические параметры процесса получения СБС-битумного вяжущего с оптимальным структурно-реологическим состоянием, обеспечивающим расширение температурного диапазона эксплуатации; определено влияние процесса предварительной пластификации полимера на интенсивность старения, термическую стабильность и сохранение свойств при длительном хранении ПБВ; выявлена способность нефтяного кокса к структурообразованию щебеночно-мастичного асфальтобетона, влияющая на предотвращение расслаивания смеси по показателю стекания вяжущего, а также на снижение образования колеи. Полученные Брызгаловым Н.И. результаты вносят существенный вклад в установление закономерностей направленного технологического регулирования производства СБС-битумного вяжущего и стабилизирующей добавки для создания щебеночно-мастичного асфальтобетона улучшенного, что определяет **теоретическую и практическую значимость работы.**

По теме диссертации опубликовано 11 работ, в том числе 4 статьи в журналах из списка, рекомендованного ВАК Минобрнауки России, 1 статья в прочих рецензируемых научных изданиях, 6 патентов РФ на изобретение. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на Республиканских конкурсах 2021 и 2022 гг и на Всероссийском форуме молодых изобретателей в рамках «Фестиваля ВОИР: Наука и изобретение для жизни» (Великий Новгород, 2023). Содержание автореферата и публикаций соответствует теме исследования.

Вопросы и замечания:

1. Исследование устойчивости полимерно-битумных вяжущих к термической деструкции выполнено в широком температурном диапазоне (от 100 до 800 °С). При этом рабочие интервалы температур производства и применения битумных вяжущих в процессе изготовления и укладки асфальтобетонной смеси гораздо более узкие, ограничены температурами до 200 °С. Возникает вопрос практической значимости проведенных исследований.
2. Автором предложено использование тяжелой дистиллятной фракции (ТДФ) широкого фракционного состава (с интервалом кипения 360-550 °С) в качестве пластификатора нефтяного вяжущего. При этом пояснение экономической целесообразности использования «светлых» фракций ТДФ в составе дорожного вяжущего не представлено.
3. На стр. 53 приводятся данные релаксационных процессов в исследованных ПБВ, при этом возникает вопрос, по какой причине значения энергии активации течения уменьшаются по мере увеличения содержания СБС с 74 кДж/моль для

2% мас. до 59 кДж/моль для 4% мас. при росте начального напряжения сдвига с 1,99 до 4,28 кПа?

4. На стр. 75 описаны возможные составы образцов стабилизирующих добавок для ЩМА, однако, не приводится обоснование использования целлюлозного волокна в рецептуре и ее функционала.
5. Данные испытаний глубины колеи после 20000 циклов проходов колеса для стабилизирующей добавки VIATOR расходятся (3,5 на рис 3.22 против 4 мм в табл. 3.26). Выводы по лучшей эффективности в составе ЩМА разработанных добавок ЩМА с коксом, по сравнению с известной (VIATOR) не совсем доказательны ввиду незначительной разницы глубины колеи после 20000 циклов (0,2 мм). Нет ли такой вероятности, что при увеличении концентрации VIATOR до 0,6% (как в случае с коксом), глубина колеи снизится?
6. Утверждение о том, что свойства образца ЩМА с коксом превосходят свойства образца с общепринятой добавкой VIATOR по определяющим показателям «стекание вяжущего» и «средняя глубина» не в полной мере обосновано, так как, в соответствии с представленными данными (стр. 84, таблица 3.29), разница составляет десятые, а в некоторых случаях и сотые доли.

Тем не менее указанные замечания не влияют на положительное восприятие работы. Диссертация является законченной работой, сделанные выводы отвечают полученным результатам в соответствии с поставленными задачами.

Достоверность научных положений и выводов подтверждена близостью теоретических и лабораторных экспериментальных исследований, достигнутыми практическими результатами применения разработанных технологических решений в испытательных лабораториях дорожных организаций. Диссертационная работа выполнена на высоком уровне, содержит новые научные результаты, которые могут быть использованы для разработки новых технологий совершенствования физических и эксплуатационных характеристик щебеночно-мастичного асфальтобетона. Брызгаловым Н.И. изучен современный отечественный и зарубежный литературный материал по теме работы, проведены экспериментальные исследования по технологическому регулированию состава и свойств битумного вяжущего в зависимости от вида полимера и технологического приема его введения в состав битума, с использованием современных методов анализа получены новые данные о структурно-реологических свойствах, термической стабильности, влиянии нефтяного кокса на состав и свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона. В целях подготовки к выпуску опытно-промышленной партии ПБВ и стабилизирующей добавки для ЩМА по современным нормативным документам

разработана принципиальная технологическая схема, и проведены соответствующие расчеты по оценке ожидаемого экономического эффекта производства ЩМА, полученного на основе разработанных СБС-битумного вяжущего и стабилизирующей добавки.

Диссертационная работа Брызгалова Николая Иннокентьевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлены оптимальные пути решения задач, важных для нефтехимии: установлены закономерности, происходящие в составе и свойствах СБС-битумного вяжущего, а также его термической стабильности в зависимости от используемого полимерного модификатора и технологического способа совмещения компонентов для получения полимерно-битумного вяжущего с расширенным температурным диапазоном эксплуатации; изучено влияние нефтяного кокса на степень расслаивания асфальтобетонной смеси по показателю стекания вяжущего и на процессы структурообразования щебеночно-мастичного асфальтобетона, обуславливающие стойкость к образованию колеи. Основные научные положения и выводы, изложенные в диссертации, оригинальны.

На основании вышеизложенного можно сделать заключение, что диссертационная работа Брызгалова Николая Иннокентьевича соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции, предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Брызгалов Николай Иннокентьевич, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 1.4.12. Нефтехимия.

Официальный оппонент,
заместитель генерального директора по
инженерно-техническому сопровождению и
внедрению АО «Средневожский научно-
исследовательский институт по
нефтепереработке», д.т.н.

 Тюкилина П.М.

28.03.2024 г.

446200, Самарская область, г. Новокуйбышевск, ул. Научная, д. 1, Акционерное Общество «Средневожский научно - исследовательский институт по нефтепереработке», Тюкилина Полина Михайловна – доктор технических наук по специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ, заместитель генерального директора по инженерно-техническому сопровождению и внедрению, 89277447076, tukilina@snr.rosneft.ru

Подпись Тюкилиной П.М. удостоверяю

Секретарь ученого совета АО «СвНИИП», к.х.н.



М.В. Бабинцева

Вход. № 05-1961
«18» 04 2024 г.
подпись 