

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию **ГЛАДКИХ Виталия Александровича**

на тему: «Сероасфальтобетон, модифицированный комплексной добавкой на основе технической серы и нейтрализаторов эмиссии токсичных газов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – «Строительные материалы и изделия».

Диссертационная работа В.А. Гладких состоит из введения, 5-ти глав, заключения, приложения. Диссертация оформлена на 222 страницах машинописного текста, включающего 54 рисунка и 53 таблиц. Библиографический список из 159 наименований.

Работа посвящена поиску решений эффективного управления структурообразованием асфальтобетонов за счет введения различных модификаторов.

Одним из перспективным модификаторов асфальтобетона является сера, эффективность применения которой показана в работах отечественных и зарубежных исследователей. Как было установлено ранее, сероасфальтобетоны обладают повышенными показателями физико-механических и эксплуатационных свойств. В то же время, как известно, что применение серы имеет существенное ограничение, связанное с возникающими экологическими и санитарно-гигиеническими проблемами. Решение указанных вопросов позволит существенно расширить объемы применения сероасфальтобетонов и увеличить качество и срок службы нежестких покрытий автомобильных дорог.

Актуальность темы диссертационного исследования.

До настоящего времени не сформулированы четкие представления о структурообразовании сероасфальтобетона и формировании его свойств. Не установлены количественные взаимосвязи между образованием новых соединений при химическом взаимодействии серы с битумом. Не дано теоретического обоснования характера распределение серы в битуме по видам (физическая, физико-химическая, химически связанная) в зависимости от технологической или эксплуатационной температуры и концентрационного фактора. Не до конца определено функциональное назначение физически связанной серы и ее влияние на параметры структуры серомодифицированных композитов и свойства серобитумных материалов.

Требуют теоретического и экспериментального обоснования вопросы влияния модифицированной или полимерной серы на структурно-механические свойства серобитумных материалов, в том числе и эффективность нейтрализации токсичных газов. Не разработана система мероприятий и не произведена должная оценка эффективных решений по нейтрализации токсичных газов (сероводорода и диоксида



серы) сопутствующие технологии приготовления и укладки сероасфальтобетонных смесей. Все это связано с недостаточной изученностью механизма взаимодействия серы и битума.

Теоретическое и экспериментальное обоснование указанного механизма по нашему мнению является актуальной научной задачей, решение которой позволит обосновать и разработать методы управления процессами структурообразованием серобитумных материалов, одновременно выявив эффективные методы нейтрализации сопутствующих токсичных газов. Это позволит установить основные рецептурные и технологические факторы, оказывающие наиболее весомое влияние на параметры структуры и свойства сероасфальтобетонов.

По мнению автора диссертационной работы используемые сегодня в технологии сероасфальтобетонов способы снижения восприятия токсичных газов, например, различных ароматизаторов (которые, по сути, только маскируют запах и не обеспечивают снижение концентрации токсичных выбросов) не эффективно.

Ряд исследователей предлагают применение модифицированной серы, содержание в которой полимерной составляющей (мало взаимодействующей с битумом), не превышает 30 %, или уменьшения скорости химической реакции серы с битумом за счет снижения технологической температуры, снижение дозировки серы (физический способ). Эти технические решения не имеют достаточной перспективы и ограничены рядом технологических возможностей массового крупнотоннажного производства.

По мнению В.А. Гладких, для эффективной нейтрализации эмиссии токсичных газов требуется комплексный подход, связанный с реализацией как физического способа, связанного со снижением технологических температур, так и химического способа, заключающегося с одновременным применением нейтрализаторов эмиссии серы, которые при взаимодействии с выделяющимися токсичными газами должны образовывать неактивные, экологически не опасные, как правило, нерастворимые или малорастворимые соединения. Это положение легло в основу рабочей гипотезы диссертационной работы.

Достоверность и научная новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна оппонируемой диссертационной работы заключается в разработке оригинальной теоретической модели химических процессов, протекающих в серобитумных композитах. Установлено, что при взаимодействии битума, серы и воды (при ее наличии) процесс образования токсичных сероводорода и диоксида серы происходит циклично и завершается только при полном расходовании либо серы, либо водорода. Направленное регулирование концентрации сероводорода и диоксида серы может быть обеспечено снижением температуры технологического процесса и удалением воды, которая мо-

жет являться продуктом химического процесса взаимодействия серы с легкими углеводородными фракциями органических вяжущих.

Достоверность научных положений и выводов подтверждается использованием современных надежных методов исследований. Это исследования процессов структурообразования с применением Фурье-ИК-спектроскопии, порошковой рентгеновской дифракции.

Полученные экспериментальные результаты подвергались системному анализу с применением методов регрессионного и корреляционного анализа со статистической обработкой экспериментальных данных.

Дополнительная экспериментальной проверка исследуемых композитов произведена с использованием различных отечественных и зарубежных методов исследования кинетики процессов колееобразования (AASHTO TP 63 и AASHTO T 324 - Гамбургского теста; усталостной долговечности по ОДМ 218.3.018-2011 и Pavement Technology; оценка водо-и морозостойкость по методу AASHTO T 283 и др.). Соискатель ученой степени Гладких В.А. при проведении экспериментальных исследований наряду со стандартизованными методами определения физико-механических свойств асфальтобетонов использовал современные физико-химические методы исследования процессов структурообразования, например, Фурье-ИК-спектроскопию, порошковая рентгеновская дифракцию.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации В.А. Гладких, заключается в следующем.

Экспериментально установлено, что при технологической температуре до 145°C при добавлении серного модификатора, содержащего техническую серу, нейтрализаторы эмиссии токсичных газов (в диссертации CuO и/или MnO₂) и фимиам (изоамилацетат), в расплав битума образования новых, в том числе токсичных соединений не происходит. Это доказано применением ИК-спектроскопии. Показано, что при этой технологической температуре сера частично растворяется в расплаве битума, что подтверждается данными термодинамических расчетов растворимости серы в отдельных компонентах битума (не более 10 %). Затем в процессе охлаждения по данным рентгенофазового анализа в течение первых 5 суток в серобитумном композите происходит формирование кристаллизационной контактной структуры за счет выделения серы в отдельную кристаллическую дисперсную фазу.

Увеличение интенсивности максимумов, характерных для серы, в основном происходит для β-модификации серы. Автором диссертации установлено, что при 10 %-ном содержании серы в органическом вяжущем вследствие более медленного выделения серы из битума образуется α-модификация серы. Так же экспериментально подтверждено, что кинетика кристаллизации серы в серобитумных композитах в

течение первых 10 суток оказывает существенное влияние на кинетику формирования структуры сероасфальтобетонов и их механических свойств (на 20-30 %).

Автором диссертации установлены закономерности влияния состава и технологии приготовления на физико-механические и эксплуатационные свойства сероасфальтобетонов. В работе предпринята попытка многокритериальной оптимизации и установлены рациональные границы варьирования основных факторов, оказывающих влияние на структурообразование материала. При решении многофакторной материаловедческой задачи варьировалось содержание серного модификатора, температура приготовления, вида и количество нейтрализаторов эмиссии токсичных газов.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы в 2013 – 2014 г.г. представлялись и докладывались на 13 международных и всероссийских научно-практических конференциях, семинарах и выставках.

Работы соискателя удостоены 4 молодежных научных дипломов и премий.

Внедрение результатов. Разработки В.А. Гладких прошли производственную апробацию в ГУП «Оренбургремдорстрой» в Оренбургской области при устройстве верхнего слоя покрытия автомобильной дороги.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 3 статьи в российских рецензируемых журналах и 2 статьи в журналах, индексируемых базой Scopus.

Анализ основного содержания диссертации

В первой главе диссертационной работы приведена классификация и область применения асфальтобетонов и композиционных материалов на основе битумов, применяемых в дорожном строительстве. Поведен анализ отечественного и мирового опыта применения технической серы для модификации асфальтобетонов. Показаны свойства серы и физико-химические процессы её взаимодействия с битумом, а так же проанализированы факторы, влияющие на свойства сероасфальтобетонов. Рассмотрены методы снижения эмиссии сероводорода и диоксида серы.

На основании критического обзора научно-технической информации Гладких В.А., опираясь на разработки ведущих отечественных и зарубежных учёных в области неорганической химии, строительного материаловедения, теории композиционных материалов, технологии асфальтобетонов, использовал методы системного анализа и разработал методологию диссертационной работы, сформулировал в диссертации **цели и задачи** исследования.

Это разработка технологии сероасфальтобетонов, обладающих повышенными показателями физико-механических и эксплуатацион-

ных свойств за счет введения модификатора на основе технической серы и нейтрализаторов эмиссии токсичных газов.

Для реализации поставленной цели соискателем ученой степени в диссертации решены следующие задачи:

1. Изучено взаимодействие серы с битумом и установлены основные факторы, оказывающие преимущественное влияние на структурообразование сероасфальтобетонов, включающие существенное снижение эмиссии токсичных газов (в первую очередь сероводорода и диоксида серы).

2. Теоретически обоснован выбор компонентов, разработан состав и технология получения серного модификатора.

3. Исследовано влияние рецептурных и технологических факторов на эффективность нейтрализации токсичных газов – сероводорода и диоксида серы.

4. Предложена методика проектирования составов сероасфальтобетона, модифицированного комплексной добавкой.

5. Экспериментально исследовано изменение физико-механических и эксплуатационных свойств сероасфальтобетона с комплексной добавкой и процессы структурообразования предлагаемого композита.

6. Выполнено технико-экономическое обоснование применения предлагаемой технологии

Вторая глава посвящена применяемым материалам и методам исследования, определены их характеристики, описаны методы исследования, и используемая испытательная аппаратура.

Заслуживают внимания методики синтеза комплексной добавки на основе технической серы и нейтрализаторов эмиссии токсичных газов и оценки содержания токсичных газов в рабочей зоне. Предложена оригинальная методика проектирования модифицированного серобитумного вяжущего по методу абсолютных объемов. Разработана методика получения сероасфальтобетона с добавкой на основе технической серы и нейтрализаторов эмиссии токсичных газов.

Разработаны система показателей качества сероасфальтобетона и предложена статистическая оценка результатов измерений с оценкой погрешности, полученных при косвенных измерениях.

В главе 3 выполнено проектирование состава комплексного серного модификатора и определены физико-механические свойства сероасфальтобетонов с добавкой комплексного серного модификатора, базирующаяся на разработанной автором диссертационной работы модели процессов образования сероводорода и диоксида серы в серобитумных смесях. Произведен выбор компонентов комплексного серного модификатора. Раскрыт механизм взаимодействия серы и битума. Определены технологические температуры приготовления и уплотнения сероасфальтобетонных смесей. Запроектированы составы сероасфальтобетонов, модифицированных комплексной добавкой на

основе технической серы и нейтрализаторов эмиссии токсичных газов. Исследованы физико-механические свойства сероасфальтобетонов, модифицированных комплексной добавкой на основе технической серы и нейтрализаторов эмиссии токсичных газов.

В четвертой главе В.А. Гладких произвел экспериментальную оценку эксплуатационных свойств сероасфальтобетонов, модифицированных комплексной добавкой на основе технической серы и нейтрализаторов эмиссии токсичных газов, в том числе стойкость к колееобразованию по методам AASHTO TP 63, AASHTO T 324 (Гамбургский тест), водостойкость по методу AASHTO T 283.

Представляют большой практический интерес результаты определения усталостная долговечность по ОДМ 218.3.018-2011 и методу Pavement technology. Все полученные результаты обработаны по методам многокритериальная оптимизация.

Заключительная пятая глава приводит результаты практических аспектов применения сероасфальтобетонов, технологию изготовления серного модификатора и сероасфальтобетонных смесей, необходимые меры безопасности при изготовлении сероасфальтобетона. Подсчитана технико-экономическая эффективность. Показаны результаты промышленное внедрение сероасфальтобетона.

Замечания

Считаем необходимым при этом высказать ряд соображений и замечаний:

1. Не обоснована представительность объекта экспериментального исследования. В работе отсутствует обоснование выбора в качестве объекта исследования щебеночно-мастичного асфальтобетона ШМА-20, что не позволяет оценить, насколько полученные результаты будут характерны для других типов и видов асфальтобетонных смесей (например, песчаных, литых и др.)
2. В работе отсутствует экспериментальные количественные данные, подтверждающие однородность равномерного распределения кристаллизационных контактов модификатора по объему сформированного сероасфальтобетона (или СБВ).
3. Не совсем понятно, повлияют ли составы асфальтобетонных смесей и химико-минералогический и петрографический состав инертных материалов на полученные в диссертационной работе результаты и выводы
4. Положительное влияние предлагаемого способа модификации на свойства СБВ и сероасфальтобетона было бы целесообразно подтвердить исследованиями по изменению фракционного состава исходного битума БНД 60/90 до и после взаимодействия серным модификатором, и хотя бы предположительно, пояснить, как этот эффект будет проявляться для битумов I, II, и III структурно-реологического типов (по А.С. Колбановской).

5. В предлагаемом технологическом регламенте не произведена оценка возможности реализации завершающего этапа структурообразования – уплотнения сероасфальтобетонной смеси, после ее остывания до температур 120 °С и ниже. Не определены временные и температурные ограничения, состав звена уплотняющих машин, применительно к различным погодно-климатическим факторам в процессе производства дорожных работ.
6. Техничко-экономическую эффективность предлагаемого технологического решения автор обосновывает посредством использования критерия экономической эффективности, учитывающего изменения обобщенного критерия качества и затрат на такое повышение качества. Однако расчет экономических затрат проводится только по изменению себестоимости материала. При этом не учитываются дополнительные экономические эффекты, которые возникают при увеличении долговечности материала, в частности, продолжительности межремонтных сроков.

Общее заключение

Высказанные замечания не снижают научную и практическую ценность диссертационной работы. Соискатель ученой степени проявил способность творчески решать сложные теоретические задачи, обосновывать методику экспериментальных работ привлекая сложные не стандартные методы измерений, анализировать результаты и формулировать и обосновывать выводы. Представленная на отзыв диссертация соискателя Гладких В.А. соответствует критериям п.п. 10; 11; 13 и 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней.

В целом работа выполнена на высоком уровне, текст диссертации и автореферат свидетельствует о серьезном вкладе соискателя в решение поставленной научной проблемы, получение сероасфальтобетонов, модифицированных добавкой на основе технической серы и нейтрализаторов эмиссии токсичных газов.

Таким образом, диссертация Гладких В.А. «Сероасфальтобетон, модифицированный комплексной добавкой на основе технической серы и нейтрализаторов эмиссии токсичных газов» соискателя ученой степени, выполненная под руководством д.т.н., профессора Королева Е.В., является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований и разработок осуществлено решение научной задачи – поиску новых научно обоснованных технологических решений эффективного управления структурообразованием асфальтобетонов за счет введения различных модификаторов на основе технической серы, имеющей существенное значение для транспортного строительства и дорожного хозяйства Российской Федерации.

Рассмотрев представленные текст диссертационной работы, автореферат, опубликованные по теме диссертации 12 научных работ, в

том числе три статьи в центральных рецензируемых научных журналах, считаем, что представленная диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а соискатель Виталий Александрович ГЛАДКИХ заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 «Строительные материалы и изделия».

Официальный оппонент,
д.т.н. (по специальности 05.23.05—
Строительные материалы и изделия), заместитель заведующего
кафедрой дорожно-строительных
материалов МАДИ профессор

01.09.2015

Э.В. КОТЛЯРСКИЙ

Москва, Ленинградский проспект, д. 64, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет» МАДИ

Котлярский Эдуард Владимирович

Подпись

д.т.н. профессора

Котлярского Э.В.

заверяю



Проректор по научной работе МАДИ
Д.т.н., профессор А.М. Иванов

С отзывом ознакомлен 4 сентября 2015 г. В.В.И.