

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу кандидата технических наук **Беспалова Виталия Леонидовича** на тему «Теоретико-экспериментальные принципы получения модифицированных асфальтобетонов повышенной долговечности» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия

Актуальность темы.

Развитие строительного материаловедения на современном этапе отличает комплексный подход ко всему «жизненному» циклу, включающему получение и утилизацию материалов и изделий, нашедшему свое отражение в принципе устойчивого развития человечества. Краеугольным элементом этого принципа, применительно к строительной индустрии, является идея создания экологически ориентированных строительных материалов и технологий их производства, благоприятных для проживания нынешнего и последующих поколений.

Дорожное строительство, в частности, является одним из крупнейших потребителей строительных материалов, стоимость которых составляет более половины стоимости строительства. Это требует увеличения производства строительных материалов, отвечающих современным требованиям при максимальном использовании местных материалов и побочных продуктов промышленности (техногенного сырья), в том числе широкого применения асфальтобетонных смесей, модифицированных химическими веществами.

В связи с возрастающими экологическими и экономическими требованиями к нежестким дорожным одеждам автомобильных дорог актуальной задачей, помимо изыскания новых дорожно-строительных материалов с повышенными расчетными характеристиками и долговечностью, является снижение энергоемкости производства асфальтобетонных смесей и улучшение экологической безопасности при производстве и строительстве нежестких одежд автомобильных дорог.

Оппонируемая диссертационная работа отвечает главенствующему принципу развития современных технологий, так как направлена на совершенствование технологий производства ресурсоэкономичных, технологичных и долговечных комплексно-модифицированных горячих, литых и щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд повышенной долговечности посредством установления закономерностей формирования структуры модифицированных органических вяжущих и контактной зоны на поверхности раздела фаз «комплексно-модифицированное органическое вяжущее – поверхностно-активированные минеральные материалы асфальтобетона».

Признавая приоритетность развития для дорожно-строительной отрасли получения композиционных материалов повышенной технологичности и долговечности, обеспечивающих низкую ресурсо- и энергоемкость производства, а также учитывая современные тенденции на создание комплексно-модифицированных асфальтобетонов, диссертационная работы В.Л. Беспалова является актуальной и отвечает основным принципам развития дорожно-строительного материаловедения.

Краткий анализ содержания работы.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из Введения, пяти разделов, Общих выводов, Списка литературы и пяти приложений. Текст диссертации изложен на 329 страницах, в том числе 292 страницы основного текста, 39 полных страниц с рисунками и таблицами, 31 страница списка использованных источников, 6 страниц приложений.

Введение. Во Введении изложены: актуальность; связь работы с научными программами, планами и темами; цель, задачи исследования; научная новизна полученных результатов; практическое значение; положения, выносимые на защиту; обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций; апробация результатов диссертации.

Краткая оценка работ предшественников. В первом разделе соискателем на основе публикаций ведущих отечественных и зарубежных исследователей, работавших в области изучения напряженно-деформированного состояния асфальтобетонов в покрытии нежестких дорожных одежд, формирования оптимальной структуры асфальтобетона и эффективных способов модификации асфальтобетонных смесей с целью придания им заданных технологических свойств и способности асфальтобетону противостоять старению, сдвиговым деформациям, низкотемпературному и усталостному трещинообразованию при воздействии циклических транспортных нагрузок установлено следующее:

- асфальтобетон является сложным полидисперсным многофазовым композиционным материалов, который в зависимости от температуры, времени действия, интенсивности нагрузки и вида напряженного состояния в процессе эксплуатации проявляет свойства вязкопластичных, изотропных и нелинейно-деформируемых материалов;

- установлено, что низкая долговечность асфальтобетона в покрытии дорожной одежды обусловлено неудовлетворительной деформативностью (температура стеклования горячих асфальтобетонов $(-20 \dots -10^{\circ}\text{C})$ и сдвигоустойчивостью; низкими значениями водостойкости и морозостойкости (коэффициент длительной водостойкости $K_{ВД} = 0,6 - 0,8$); склонностью к интенсивному старению.

Критический анализ совершенствования состава, структуры и свойств асфальтобетонов свидетельствует по представлениям соискателя, что одним из эффективных способов регулирования адгезионно-когезионных свойств нефтяных дорожных битумов, обеспечивающих эластичность асфальтовязущего вещества и прочную связь на поверхности раздела фаз «органическое вяжущее – минеральный материал» является комплексное воздействие на микроструктуру асфальтобетона модификацией нефтяного

дорожного битума термоэластопластами и терполимерами совместно со структурирующими или отверждающими добавками и поверхностной активацией минеральных материалов (заполнителей, наполнителей) олигомерами или полимерами, содержащими функциональные группы, например, используемыми в работе полимерсодержащим отходом производства эпоксидных смол, бутадиенметилстирольным каучуком и этиленглицидилакрилатом.

В то же время соискатель справедливо утверждает, что битумополимерные вяжущие с использованием таких модификаторов, как бутадиенметилстирольный каучук совместно с технической серой, а также этиленглицидилакрилат в комбинации с полифосфорной кислотой ПФК-105 и комплексно-модифицированные асфальтополимербетоны не изучены как физико-химические системы. Не разработаны теоретические положения направленного регулирования качества асфальтополимервяжущих веществ с комплексно-модифицированной структурой; отсутствуют исследования физико-химических процессов взаимодействия на поверхности раздела фаз «модифицированное органическое вяжущее – поверхностно-активированный минеральный материал»; не изучены деформационно-прочностные характеристики и атмосферная стойкость асфальтополимербетонов с комплексно-модифицированной микро-, мезо- и макроструктурой.

В разделе 2 соискатель на глубоком физико-химическом и модельном уровне сформулировал теоретико-методологические положения получения оптимальных структур комплексно-модифицированных дорожных асфальтобетонов повышенной долговечности, рассмотрев явления и процессы, которые приведут при оптимальных концентрационных соотношениях и температурно-временных режимах совмещения в системах «бутадиенметилстирольный каучук СКМС-30 – техническая сера – аппретированная СКМС-30 поверхность минерального порошка», а также в системе

«этиленглицидилакрилат – полифосфорная кислота ПФК-105 – поверхностно-активированная поверхность минеральных материалов этиленглицидил-акрилатом» к формированию сетчатой пространственной структуры асфальтовяжущего вещества с расчетным количеством узлов и кинетически гибких цепочек из надмолекулярных образований при тонком регулировании молекулярных свойств поверхности щебня, песка, минерального порошка развитыми адсорбционно-сольватными слоями модифицированного асфальтовяжущего вещества.

Заслуживает внимания теоретическое рассмотрение физико-химических поверхностных явлений в системе «шлам нейтрализации травильных растворов – полимерсодержащие отходы производства эпоксидных смол», которые в результате дисперсионных, донорно-акцепторных, радикал-радикальных и хемосорбционных взаимодействий на поверхности гидроксида железа по эпоксигруппам приводят к формированию структурно-упрочненного слоя из надмолекулярных образований ПОЭС, который способствует адгезии битумополимерного вяжущего к поверхности минерального порошка.

Соискателем убедительно показано влияние комплексно-модифицированной структуры асфальтополимербетона на технологические свойства асфальтополимербетонных смесей и способности асфальтополимербетона обеспечить заданную долговечность покрытия нежестких дорожных одежд. Заслуживает внимания, предложенные к.т.н. В.Л. Беспаловым блок-схемы модифицированных горячих, литых, щебеночно-мастичных смесей, а также горячей асфальтополимербетонной смеси с комплексно-модифицированной микроструктурой, представленной шламом станций нейтрализации, поверхностно-активированными полимерсодержащими отходами производства эпоксидных смол.

В разделе 3 приведена характеристика объектов и методы исследований. Характерно, что компоненты асфальтобетонных смесей соответствуют

нормативным требованиям. Это позволяет перенести выявленные закономерности на асфальтобетонные смеси других, не исследованных типов и классов асфальтобетона.

Приведены необходимые характеристики добавок-модификаторов: бутадиен-метилстирольного каучука, этиленглицидилакрилата, технической серы, полифосфорной кислоты.

Заслуживает внимание комплексное изучение химико-минералогического состава техногенного сырья: полимерсодержащих отходов производства эпоксидных смол и шламов нейтрализации сталепроволочно-канатных заводов как стандартными методами, так и с привлечением специальных методов исследований: рентгеноструктурного, поляризационной оптической микроскопии, электронной микроскопии, термогравиметрического анализа.

Следует отметить использование соискателем широкого спектра методов исследований: калориметрический (микрокалориметр ДАК-I-IA); электронномикроскопический (сканирующий микроскоп ИСИ-60А); инфракрасная спектроскопия (спектрометр Spekord IR-75); рентгенофазовые (дифрактометр УФС-50) и другие методы, направленные на изучение тех или иных характеристик как объектов исследований, так и комплексного изучения явлений и процессов, происходящих как при формировании структуры комплексно-модифицированных асфальтополимербетонов, так и при моделировании жизненного цикла полученных композитов.

Раздел 4 посвящен комплексному регулированию свойств микроструктуры горячих асфальтополимербетонных смесей, литых асфальтополимербетонных смесей, горячих асфальтополимербетонных смесей, содержащих асфальтовязущее вещество из шламов нейтрализации сталепроволочно-канатных заводов, поверхностно-активированных полимерсодержащими отходами производства эпоксидных смол, а также горячих и щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей и асфальтополимербетонов с комплексно-модифицированной микро-, мезо- и макроструктурой.

С использованием экспериментально-статистического метода планирования эксперимента установлены рациональные концентрационные соотношения в системах: «комплексно-модифицированное асфальтополимерсерное вяжущее вещество»; «битум – этиленглицидакрилат – шлам нейтрализации сталепроволочно-канатных заводов»; «битум – этиленглицидакрилат – полифосфорная кислота». Исследованы поверхностные явления, происходящие на поверхности раздела фаз в системах: «шлам нейтрализации – полимерсодержащий отход производства эпоксидных смол», «шлам нейтрализации, активированный полимерсодержащими отходами производства эпоксидных смол – модифицированное органическое вяжущее». Реологическими и калориметрическими методами на модельных системах установлены виды и характеры реакций в поверхностных слоях, определена толщина адсорбционно-сольватных слоев в комплексно-модифицированных асфальтовяжущих веществах.

Эти данные получены впервые при изучении подобных систем, как и результаты идентификации метакрилатного фрагмента этиленглицидакрилата; установлены реакции взаимодействия в системах «полимерсодержащий отход производства эпоксидных смол – этиленглицидакрилат – полифосфорная кислота ПФК-105».

Разработанные комплексно-модифицированные асфальтополимербетонные смеси отличаются повышенной удобоукладываемостью и уплотняемостью в диапазоне температур 60-130 °С, а асфальтополимербетоны характеризуются широким интервалом вязкоупругого поведения, например, асфальтополимерсеробетоны имеют температуру стеклования минус 32,5 °С и температуру перехода в вязко-текучее состояние 75 °С. Они более сдвигоустойчивы, так как устойчивость по Маршаллу составляет 19-30 кН, а для традиционных асфальтобетонов – 15 кН. Они долговечнее традиционных асфальтобетонов в 1,5-2,5 раза, так как коэффициент старения, определенный в

климатической камере ИП после прогрева при 75 °С и ультрафиолетовом облучении после 2000 часов составляет $K_{СТ} = 1,2-1,3$, в то время как для стандартного асфальтобетона $K_{СТ} = 1,6$.

Соискателем показано, что в интервале температур от плюс 20 °С до минус 10 °С усталостная долговечность модифицированных асфальтобетонов, в том числе и в условиях агрессивных химических сред, в 1,5-2,5 раза выше, чем стандартных.

Таким образом, к.т.н. В.Л. Беспаловым на основе методологии системного анализа предложенных физико-химических моделей модифицированных асфальтовяжущих веществ и асфальтобетонов с использованием экспериментально-статистического описания разработаны и реализованы новые научно-обоснованные технологические решения получения комплексно-модифицированных горячих, литых и щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей для устройства покрытий нежестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной долговечности, способных противостоять колебности, усталостному разрушению, трещиностойкости и термоокислению в результате комплексной модификации органических вяжущих полимерами, термодинамически совместимыми с нефтяными дорожными битумами: бутадиенметилстирольный каучук СКМС-30 совместно с технической серой; этиленглицидилакрилат Элвалой АМ с катализатором структурирования надмолекулярных образований высокомолекулярных веществ – полифосфорной кислотой ПФК-105 и формированием в битуме пространственной полимерной сетки с расчетным количеством узлов и кинетически гибких цепей из макромолекул и надмолекулярных образований с одновременной поверхностной активацией олигомерами или полимерами минеральных материалов асфальтобетонных смесей, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие Донецкой Народной Республики.

Замечания по работе.

1. В автореферате на странице 28 и в диссертационной работе на странице 134 приведена температурная зависимость комплексного модуля упругости асфальтобетона и комплексно-модифицированного асфальтополимерсеробетона. Опираясь на исследования доктора технических наук В.А. Золотарева соискатель утверждает, что температура стеклования асфальтополимербетона – минус 32 °С, а стандартного – минус 17 °С (установлена методом интерполяции температуры механического стеклования, когда значения комплексного модуля упругости равняется 10^4 МПа). Следовало бы использовать прямые методы определения температуры стеклования асфальто вяжущего вещества (дилатометрию, калориметрию) и сопоставить полученные данные.

2. На страницах 221-224 диссертационной работы приведены интересные результаты определения оптимальной температуры производства асфальтополимербетонных смесей с комплексно-модифицированной микро-, мезо- и макроструктурой по определению коэффициента вариации содержания ключевого компонента асфальтобетонной смеси, в качестве которого принята фракция песка 1,25-2,5 мм. В системе Supergravel, которая принята в Российской Федерации для комплексной оценки качества асфальтобетонной смеси (в РФ создано восемь региональных центров) данным методом определяется коэффициент однородности смеси. Целесообразно было бы также определить эффективную вязкость модифицированных органических и асфальто вяжущих веществ. Характерно, что в принятых методах исследований использован пластовискозиметр ПВЗ-2, с помощью которого можно было бы и определить эффективную вязкость органических вяжущих.

3. В теоретических положениях (стр. 78 диссертационной работы) соискатель утверждает, что «Модификацию битума бутадиен-метилстирольным каучуком СКМС-30 необходимо вести из раствора углеводородных фракций». Это способ введения модифицированных термоэластопластов принят в нормативных документах Российской Федерации.

В то же время в странах Европы полимеры-модификаторы вводят непосредственно в нефтяной дорожный битум. В диссертационной работе следовало бы выполнить сравнительные испытания модификации битума введением полимера из раствора и непосредственно в органическое вяжущее.

4. При представлении экспериментальных данных, которые характеризуют поведение модифицированных асфальтобетонов, а именно: коэффициента длительной водостойкости, морозостойкости и старения целесообразно было-бы представить их в конце четвертого раздела в виде обобщенных зависимостей всех полученных модифицированных асфальтобетонов и выполнить глубокий сопоставительный анализ.

5. На страницах 127, 210, 225 и 226 диссертационной работы при описании физико-механических явлений, происходящих при уплотнении модифицированных асфальтополимербетонных и асфальтополимерсеробетонных смесей наблюдается дублирование описания механизма уплотняемости смесей при окончательном формировании структуры асфальтобетонов в конструктивных слоях дорожной одежды.

6. В диссертационной работе недостаточно уделено внимание исследованию одного из самых эффективных материалов для строительства нежестких дорожных одежд – комплексно-модифицированных щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей. Не установлены оптимальные температуры производства и уплотнения, сегрегационные процессы при транспортировании.

7. В тексте автореферата и диссертации встречаются утверждения о разработке оптимальных температурно-временных режимов, оптимальных структур, оптимальных концентрационных отношений, оптимизации составов и структур и др., в то же время без формулировки целевой функции в явном виде. Здесь уместнее было бы говорить о разработке не *оптимальных*, а *рациональных* температурно-временных режимах, рациональных структурах, рациональных концентрационных отношениях, рациональных составах и структурах и т.д.

Заклучение по диссертации. К защите представлена диссертация, завершающая многолетние теоретические и экспериментальные исследования по разработке составов и технологии производства комплексно-модифицированных асфальтополимербетонных смесей для устройства покрытий нежестких дорожных одежд повышенной долговечности. Соискателем убедительно показано, что в настоящее время проблема утилизации отходов промышленности, прежде всего, Донбасса – шламы нейтрализации сталепроволочно-канатных заводов, полимерсодержащие отходы производства эпоксидных смол – обусловлена резким уменьшением некоторых видов ресурсов для производства асфальтобетонных смесей, (например, минеральных порошков и модифицирующих олигополимерных добавок) и возможностью получения продукции из вторичного сырья с меньшими издержками производства, но достаточно высокого качества. По своей экономической и технической сущности утилизация связана с мероприятиями по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов.

Научный вклад соискателя заключается, прежде всего, в установлении закономерностей формирования комплексно-модифицированных адсорбционно-сольватных слоев на аппретированных олигомерно-полимерными веществами минеральных частицах (характер физико-химических связей, толщина слоя, влияние на качество композиционного материала).

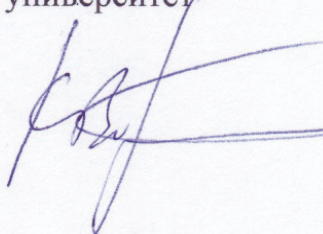
Сделанные в отзыве замечания не затрагивают основных научных результатов, но вместе с тем отражают сложность затронутой диссертантом научной и практической проблемы получения строительных композитов с заданным комплексом физико-технических свойств и предполагающей дальнейшее ее развитие на более высоком научном уровне.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа кандидата технических наук Беспалова В.Л. «Теоретико-экспериментальные принципы получения модифицированных асфальтобетонов повышенной долговечности» по актуальности народно-хозяйственной проблемы, заключающейся в разработке и реализации новых научно-обоснованных технологических решений получения комплексно-модифицированных горячих, литых и щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей для устройства покрытий нежестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной долговечности, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие Донецкой Народной Республики, по научной новизне, состоящей в получении новых научных знаний о формировании контактной зоны, как элемента структуры асфальтобетона, по практической значимости, выразившейся в разработке ряда эффективных республиканских и отраслевых нормативных документов и разработке ряда эффективных модифицированных дорожных асфальтобетонных смесей и способов получения долговечных асфальтобетонов, в результате комплексной модификации микроструктуры, мезоструктуры и макроструктуры дорожного асфальтобетона соответствует квалификационным признакам ВАК Российской Федерации п. 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» Постановление правительства РФ №74 от 30 января 2002 г. и п. 2.2.1. «Типового регламента представления к защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук и проведения заседаний в советах на соискание ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук (утверждено «Приказом Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики «15» декабря 2015 года № 894».

Настоящим я, Кондращенко Валерий Иванович, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.

Официальный оппонент,
доктор технических наук по специальности
05.23.05 – строительные материалы и изделия,
профессор кафедры «Строительные материалы и
технологии» Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Российский университет
транспорта (МИИТ)»



Валерий Иванович
Кондращенко

25 февраля 2019

Подпись д.т.н., профессора Кондращенко В.И. заверяю:

Начальник Отраслевого центра подготовки
научно-педагогических кадров высшей квалификации
ФГБОУ ВО «Российский университет
транспорта (МИИТ)»



С.Н. Коржин

25.02.2019г.

Адрес организации:

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет транспорта МИИТ»

Российская Федерация, 127994, г. Москва, ул. Образцова, д.9., стр. 9.

Тел. 8 (495) 681-13-40, E-mail: kondrashchenko@mail.ru,

www.miit.ru