

На правах рукописи



БАРАНОВ ИГОРЬ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ
УЛУЧШЕНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО
АСФАЛЬТОБЕТОНА**

05.23.05– Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иваново 2015

Работа выполнена на кафедре «Строительство автомобильных дорог»
ФГБОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно-производственный
комплекс»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент,
Соломенцев Александр Борисович

Калгин Юрий Иванович

доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
архитектурно-строительный университет»,

Официальные оппоненты: профессор кафедры «Строительства и эксплуатации
автомобильных дорог»

Салихов Мухаммет Габдулхаевич

доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный
технологический университет», заведующий
кафедрой «Автомобильных дорог»

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный
технологический университет имени В.Г. Шухова»

Ведущая организация

Защита состоится «20» ноября 2015г в 12:00 на заседании диссертационного
совета Д 212.355.01 при ФГБОУ ВО «Ивановский государственный
политехнический университет» по адресу: 153037, г. Иваново, ул. 8 Марта, д. 20,
ауд. Г-204.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Ивановского
государственного политехнического университета [www. ivgpi.com](http://www.ivgpi.com)

Автореферат разослан « _____ » _____ 2015 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Н. Заянчук

**Заянчук Наталья
Вячеславовна**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Сохраняющаяся в настоящее время тенденция возрастания интенсивности движения автомобильного транспорта и современные нагрузки на ось транспортных средств в сочетании с неблагоприятными природно-климатическими факторами не позволяют обеспечить долговечность верхних слоев дорожных покрытий.

На современном этапе одним из наиболее перспективных материалов с точки зрения качества дорожных покрытий является щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА). Отличием дорожных покрытий на основе щебеночно-мастичного асфальтобетона от других видов асфальтобетона является, в том числе наличие в его составе стабилизирующих добавок, которые используются для обеспечения устойчивости щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей к расслаиванию. В настоящее время существует большой выбор таких добавок, однако нет сравнительных исследований их свойств в битуме, асфальтовяжущем и асфальтобетоне, что не позволяет оценить их эффективность. В связи с этим актуальным является необходимость их всестороннего исследования с теоретическим обоснованием процессов структурообразования и определением физико-механических свойств битума, асфальтовяжущего и асфальтобетона с добавками.

Степень разработанности. Ранее были проведены исследования М.М. Смирновым, Дж. Хойбергом, О.А. Красновской, В.Ф. Коробко, А.Е. Оевым, Н.П. Куцной, Т.С. Худяковой и др. которые показали, что добавки позволяют повышать сдвигоустойчивость, трещиностойкость, и прочность щебеночно-мастичных асфальтобетонных покрытий. Однако данные по стабилизирующим добавкам не систематизированы, нет исследований влияния различных добавок на свойства битума и щебеночно-мастичных смесей. Не всегда обоснованное применение стабилизирующих добавок и неизученность процессов структурообразования в щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси при введении стабилизирующих добавок мешает получению ЩМА с высокими показателями свойств и достижению высокого качества дорожного покрытия.

Цели и задачи.

Целью исследования является обоснование применения, повышение эффективности использования и влияния стабилизирующих добавок на физико-механические свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

1. Разработать классификацию стабилизирующих добавок;
2. Изучить микроструктуру, структуру и свойства стабилизирующих добавок;
3. Изучить условия структурообразования в битуме, асфальтовяжущем и ЩМАС с различными стабилизирующими добавками;
4. Разработать метод определения и оценки битумоудерживающей способности стабилизирующих добавок;
5. Изучить влияние добавок на физико-механические свойства битума, асфальтовяжущего, ЩМА;
6. Изучить технологические свойства добавок при приготовлении щебеночно-

мастичных асфальтобетонных смесей;

7. Разработать способ приготовления ЩМАС и технологическую линию подачи добавок;

8. Проверить результаты лабораторных исследований при строительстве покрытий из ЩМА.

Объект исследования – дорожный битум, асфальтовяжущее ЩМАС со стабилизирующими добавками для строительства дорожных покрытий.

Предмет исследования – сравнительная оценка эффективности стабилизирующих добавок на основе исследования структуры и физико-механических свойств дорожного битума, асфальтовяжущего и щебеночно-мастичного асфальтобетона.

Научная новизна:

- разработана классификация стабилизирующих добавок для ЩМА, отражающая их систематизацию по характерным признакам;

- впервые разработан и обоснован метод определения битумоудерживающей способности добавок, позволяющий без приготовления ЩМАС определять ее в асфальтовяжущем;

- предложены и раскрыты механизмы структурообразования битума, асфальтовяжущего и ЩМАС с добавками разной структуры;

- определены параметры микроструктуры добавок, которые использованы при рассмотрении условий структурообразования в битуме и асфальтовяжущем;

Теоретическая и практическая значимость работы:

- оценена битумоудерживающая способность различных добавок в асфальтовяжущем и рекомендована область применения добавок по показателю битумоудерживающей способности;

- получены количественные значения параметров микроструктуры стабилизирующих добавок, позволяющие прогнозировать механизмы взаимодействия с битумом, асфальтовяжущим и ЩМАС;

- определены технологические свойства стабилизирующих добавок разной структуры и их технологические особенности в производственных условиях;

- получены сравнительные данные о свойствах битума, асфальтовяжущего и ЩМА с добавками;

- в результате произведенной сравнительной оценки эффективности стабилизирующих добавок, даны рекомендации применения.

- патент на изобретение «Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь и способ ее получения», № 2476397 РФ. 27.02.2013 г.

Методология и методы исследований. Исследования проводились с применением стандартных методов и поверенного оборудования в условиях аттестованной лаборатории. Достижению поставленных задач способствовало применение современных методов планирования эксперимента.

Положения, выносимые на защиту:

1) Классификация стабилизирующих добавок.

2) Метод определения битумоудерживающей способности и его научно-практическое обоснование.

3) Результаты определения параметров микроструктуры стабилизирующих добавок.

4) Описание процессов и взаимодействий стабилизирующих добавок в битуме, асфальтовяжущем и ЩМАС.

5) Способ получения щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена сходимостью результатов параллельных испытаний, статистической обработкой полученных данных с подтверждением ее достоверности и апробацией в производственных условиях.

При непосредственном участии самого автора или в рамках сотрудничества, в котором он выполнял основную роль в формулировке задач, постановке и проведении аналитических и экспериментальных исследований; предложена методика по определению битумоудерживающей способности. Автором произведена обработка экспериментальных данных, анализ и обобщение результатов исследований.

Результаты исследования внедрены в ОАО «Орелдорстрой» при устройстве асфальтобетонного покрытия на а/д в Белгородской и Орловских областях.

В 2011 году на автомобильной дороге «Таврово – Соломино – Разумное» из щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси ЩМАС-15 уложено покрытие 1601т. На автомобильной дороге «Белгород – Шебекино» уложено 312т покрытия из ЩМАС-15.

В июле-октябре 2012 года было выпущено 44827т. ЩМАС-15, которая использована при устройстве а/б покрытия автомобильной дороге «Белгород – Шебекино – Волоконовка» в Белгородском и Шебекинском районе.

В июле - октябре 2012 года было выпущено 46543т. ЩМАС-10, которая использована при устройстве а/б покрытия при ремонте и капитальном ремонте автомобильной дороге М-2 «Крым» в Орловской области.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс при подготовке инженеров в ГУ-УНПК по специальности 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы».

Основные результаты исследований докладывались, обсуждались и были одобрены на научно-технических конференциях, форумах, Бийского технологического института АлтГТУ им. И.И. Ползунова. Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии: производство, экономика, образование», 4-й, 5-й, 6-й Всероссийских научно-практических конференциях «Управление качеством образования, продукции и окружающей среды» (Бийск, 2010, 2011, 2012гг.). IV-Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Прикладные аспекты химической технологии, полимерных материалов и наносистем» (Полимер-2010) (Бийск, 2010). На всероссийском инновационном форуме «Современные тенденции химической технологии и теплоэнергетического комплекса» (Технологии XXI века). Секция 1, «Полимерные и композиционные материалы» (Полимер - 2011) (Бийск, 2011), а также на научно-практических конференциях «ГУ–УНПК» в 2010, 2011 и 2012 годах. На юбилейной международной научно-практической конференции

посвященная 60-летию БГТУ им. Шухова «Наукоемкие технологии и инновации (XXI научные чтения) в 2014.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 14 работах общим объемом 5,25 п.л. (авторских – 2,1 п.л.), из них семь статей - в научных изданиях, рекомендуемых ВАК РФ (2,94 п.л.), авторский вклад –60 %, шесть статей - в материалах международных и всероссийских конференций (3,15 п.л.). Новизна научных практических решений подтверждается получением патента на изобретение «Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь и способ ее получения», № 2476397 РФ. 27.02.2013 г.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, основных выводов и 18 приложений, изложена на 173 страницах, содержит 47 рисунков, 36 таблиц, библиографический список из 134 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит обоснование актуальности работы, ее цель и задачи исследования, изложение научной новизны и практической значимости.

В первой главе представлен обзор отечественного и зарубежного опыта использования добавок в качестве стабилизирующих при производстве щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей в соответствии с предложенной классификацией.

Исследования, проведенные М.М. Смирновым, Дж. Хойбергом, О.А. Красновской, В.Ф. Коробко, А.Е. Оевым, Н.П. Куценой, Т.С. Худяковой и др. показали, что добавки позволяют повышать сдвигоустойчивость, трещиностойкость, и прочность щебеночно-мастичных асфальтобетонных покрытий. Высокое структурирующее действие волокнистого материала асбеста отмечается в работе О.А. Красновской. Авторы считают, что введение в битум небольшого количества асбеста вызывает значительное увеличение вязкости, что указывает на образование вторичной структуры, которая обладает большей структурной прочностью и вязкостью.

В результате проведенного анализа технической и патентной литературы разработана классификация стабилизирующих добавок. По физическому состоянию и товарной форме к минеральным добавкам относятся волокнистые добавки и порошковые. По наименованию основных составляющих веществ, химических соединений волокнистые минеральные добавки могут быть хризотил-асбестовые, из стекловолокна и базальтовых волокон. В свою очередь хризотил-асбестовые могут быть в гранулах и свободных волокнах. Представителем хризотил-асбестовой добавки в гранулах является ХРИЗОТОП. Порошковые минеральные добавки получают из минерала волластонита. Волластонитовый минеральный порошок имеет коммерческое название ВОКСИЛ 100.

Органические добавки по физическому состоянию и товарной форме делятся на полимерные волокна, полимерные гранулы и порошки. В свою очередь полимерные волокна следует разделить на целлюлозные и синтетические волокна. Добавки из целлюлозных волокон, могут находиться как в свободных волокнах, так и в гранулированном виде. Свободные волокна не обрабатываются вяжущим,

представителем является добавка TECHNOCEL 1004. Целлюлозные гранулированные добавки могут быть в гранулах без обработки вяжущим, обработанные битумом и обработанные воском. Представителями гранулированных целлюлозных волокон без обработки вяжущим являются СД-1; ITERFIBRA. Добавки VIATOR 66, VIATOR Premium, СД-3, ANTROCEL, ГАСЦЕЛ обработаны битумом. Добавки СД-2, TOPCEL обработаны воском.

Синтетические волокнистые добавки могут быть полиамидные, полиэфирные, из акриловых волокон, поливинилхлоридные, полиолефиновые.

На основании анализа использования добавок и предложенной их классификации были сделаны следующие выводы. Недостаточно изучены микроструктура, структура и свойства различных стабилизирующих добавок, а также недостаточно раскрыт механизм их действия.

Методом оценки эффективности действия добавки в ЩМАС является показатель стекания вяжущего, определяемый на пробах ЩМАС, однако отсутствует метод, позволяющий без приготовления ЩМАС определить эффективность стабилизирующих добавок и оценить их битумоудерживающую способность. Нет сравнительных исследований влияния различных добавок на физико-механические свойства битума, асфальтовяжущего, щебеночно-мастичного асфальтобетона. Не изучались технологические свойства и особенности добавок в производственных условиях.

Вторая глава посвящена характеристике применяемых материалов и методике лабораторных исследований. В качестве стабилизирующих добавок исследовались: Viator 66, СД-1, СД-3 ANTROCEL, TOPCEL, РТЭП, Хризотоп, УНИРЕМ-001, ВОКСИЛ 100. При проведении основных физико-механических испытаний руководствовались стандартными методиками. Описаны методики приготовления битума и щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси с добавками. Описан метод определения битумоудерживающей способности добавок по испытаниям в асфальтовяжущем, методика оценки структуры добавок и методы определения технологических свойств добавок.

В третьей главе представлены результаты оценки влияния стабилизирующих добавок для ЩМА на свойства вязкого дорожного битума. Предложен механизм взаимодействия различных добавок с битумом. Приведено обоснование метода и дана оценка битумоудерживающей способности стабилизирующих добавок в асфальтовяжущем, приведены исследования влияния на свойства асфальтовяжущего совместно вводимых добавок Viator 66 + РТЭП и УНИРЕМ-001 + СД-3 с адгезионной добавкой АМДОР-10.

Определение показателей свойств битума с добавками Хризотоп, Antrocel, СД-1, Topcel, РТЭП, Viator 66, УНИРЕМ-001 показало, что добавки минеральные и полимерные, волокнистые, в виде резинового порошка, полимерных гранул при введении в битум увеличивают его вязкость, снижают растяжимость при 25°C, повышают теплостойкость, понижают температуру хрупкости. Рассмотренные добавки по их влиянию на свойства битума можно отнести к структурирующим добавкам.

Процесс структурообразования и взаимодействий в наполненной битумной

системе дорожный битум – целлюлозные волокна можно представить следующим образом. При температуре 140-160°C дорожный битум (например БНД 60/90) представляет собой ньютоновскую жидкость, значения динамической вязкости составляют 0,2-0,5 Па·с. Размеры ССЕ и сольватных оболочек минимальны. При введении в расплавленный битум целлюлозных волокон начинают происходить процессы смачивания их поверхности компонентами битума. При механическом перемешивании битум растекается по поверхности волокон, межволоконные водородные Н-связи разрываются, волокна перестают контактировать друг с другом и распределяются в битумной среде.

В первые 3-5 минут процесса структурообразования при содержании волокон в системе в количестве 15-20% их присутствие визуально незаметно. Через 15-20 минут можно заметить, что начинает происходить «обезмасливание» системы. Битумоцеллюлозная смесь начинает загустевать и приобретать гелеподобную структуру, которая по внешнему виду напоминает кашеподобную массу с черным блеском, что свидетельствует об интенсивно проходящем процессе набухания целлюлозных волокон. В результате расклинивающего действия углеводородных компонентов битумной дисперсионной среды и проникания этих компонентов, а также молекул смол и далее промежуточных ССЕ в межфибрилярное пространство, расстояние между микрофибриллами в агрегатах увеличивается, часть микрофибрилл толщиной 3,5-10,0 нм и длиной 50-60 нм оказываются полностью окружены битумной дисперсионной средой. Межмолекулярное взаимодействие между микрофибриллами и крупными ССЕ приводит к появлению агрегатов микрофибрилл и ССЕ. Образуется гелеподобная подвижная высококонцентрированная битумоцеллюлозная дисперсная система.

Исследуя зависимости физико-механических свойств асфальтовяжущего от количества битума в нём, сравнивая между собой свойства асфальтовяжущего оптимальной структуры с различными добавками, можно предварительно оценить, в каком направлении будут изменяться свойства микроструктуры асфальтобетона, и как это будет влиять на свойства асфальтобетона.

При введении в асфальтовяжущее различных стабилизирующих добавок будет изменяться битумоемкость или битумоудерживающая способность асфальтовяжущего. По степени изменения битумоемкости по сравнению с асфальтовяжущим без добавок можно будет оценить и сравнить битумоудерживающие способности различных добавок. Для этого предлагается вычислять коэффициент битумоудерживающей способности

$$K_{BC} = B_{\text{опт}}^{\text{м.п.+доб.}} / B_{\text{опт}}^{\text{м.п.}}; \text{ где}$$

$B_{\text{опт}}^{\text{м.п.+доб.}}$ – оптимальное количество битума с минеральным порошком и добавками;

$B_{\text{опт}}^{\text{м.п.}}$ – оптимальное количество битума с минеральным порошком.

Для асфальтовяжущего без добавок оптимальное количество битума, т.е. битумоемкость смеси составляет 12,4% от массы минеральной части, для асфальтовяжущего с добавками Хризотоп – 13,5% РТЭП – 12,5%, VIATOR 66 – 14%, СД-1 – 14%, ANTROCEL – 13%, TOPCEL – 13%, ВОКСИЛ-100 – 12,5%, УНИРЕМ-001 – 13%, УНИРЕМ-001+СД-3 – 14%, РТЭП+Viator 66 – 14,5% (рис. 1,2,3;4, и таблица 3).

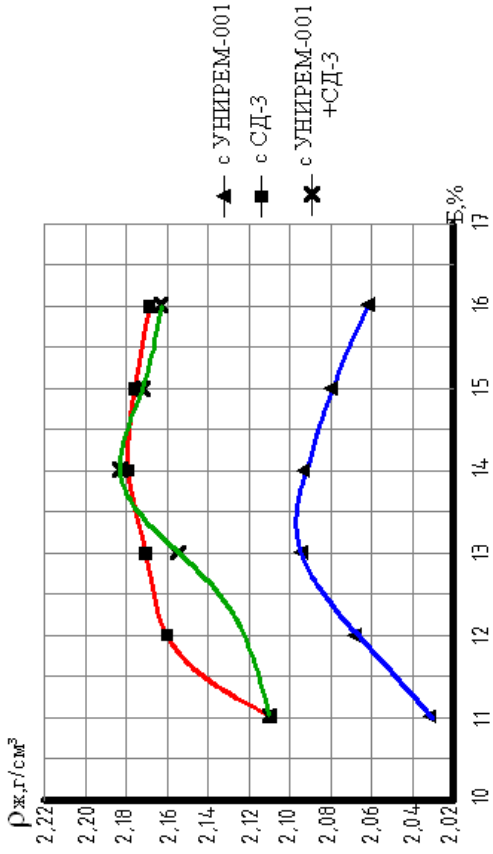


Рис. 3. – Зависимость средней плотности асфальтовяжущего $\rho_{ж}$ от количества битума Б

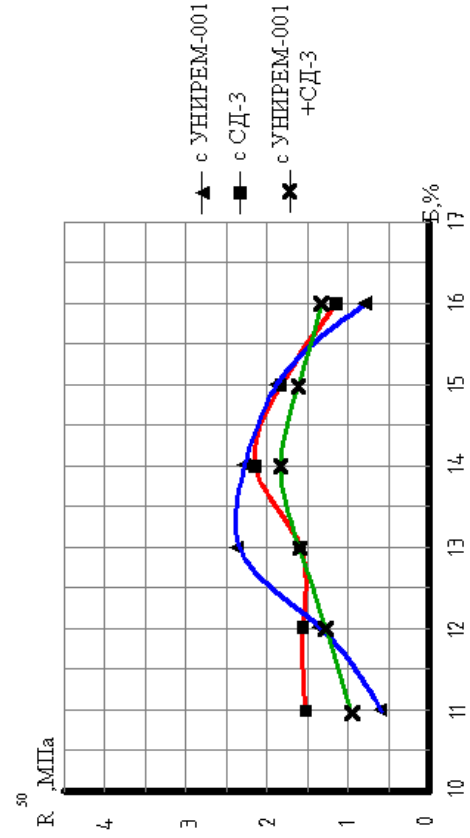


Рис. 4. – Зависимость прочности при сжатии при 50°C асфальтовяжущего R_{50} от количества битума Б

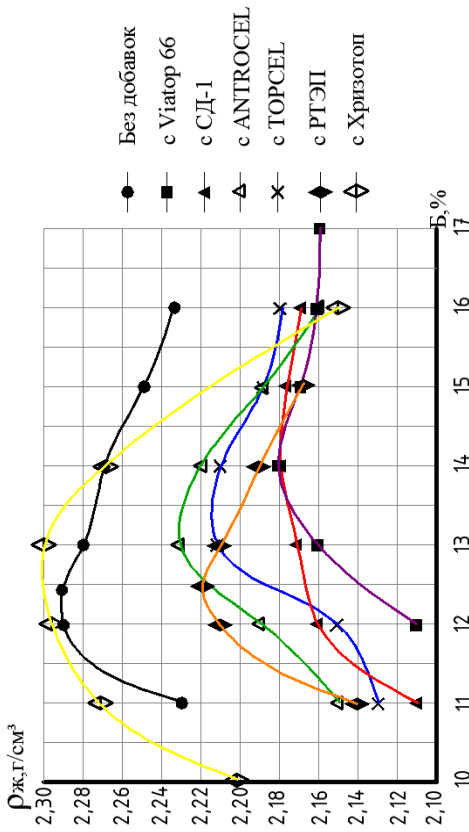


Рисунок 1. – Зависимость средней плотности асфальтовяжущего от количества битума

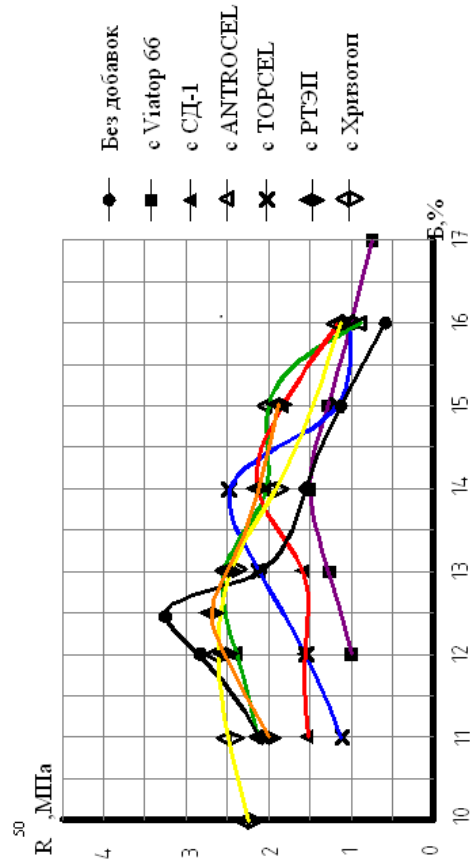


Рисунок 2. – Зависимость прочности при сжатии при 50°C асфальтовяжущего от количества битума

Проведенные исследования показали, что введение в асфальтовяжущее волокнистых целлюлозных добавок увеличивает битумоемкость асфальтовяжущего, а введение полимерных добавок повышает прочность асфальтовяжущего.

В асфальтовяжущем битум взаимодействует как с частицами минерального порошка, так и с многокомпонентными частицами, волокнами или полимерными гранулами стабилизирующих добавок. Результатом взаимодействий на поверхности раздела фаз битум – известняковая минеральная частица является образование ориентирование слоя битума с твердообразной, структурированной и диффузной зонами.

Введение в асфальтовяжущее волокнистых добавок приводит к увеличению битумоудерживающей способности на 5-13% при содержании добавок 3% (таблица 3).

Таблица 3

Битумоудерживающая способность стабилизирующих добавок в асфальтовяжущем

№ п/п	Состав асфальтовяжущего, (без битума) %	Оптимальное количество битума в смеси $B_{опт.}, \%$	Коэффициент битумоудерживающей способности $K_{бв}$
1	Мин. порошок – 100	12,4	1
2	Мин. порошок – 97, Viator 66 – 3	14	1,129
3	Мин. порошок – 97, СД-1 – 3	14	1,129
4	Мин. порошок – 97, СД-3 – 3	14	1,129
5	Мин. порошок – 97, ANTROCEL – 3	13	1,048
6	Мин. порошок – 97, TOPCEL – 3	13	1,048
7	Мин. порошок – 97, РТЭП – 3	12,5	1,008
8	Мин. порошок – 97, ХРИЗОТОП – 3	13,5	1,089
9	Мин. порошок – 97, УНИРЕМ-001 – 3	13	1,048
10	Мин. порошок – 97, РТЭП – 3, АМДОР-10 – 3% от массы битума	12,5	1,008
11	Мин. порошок – 94, РТЭП – 3, Viator 66 – 3	15	1,21
12	Мин. порошок – 94, РТЭП – 3, Viator 66 – 3, АМДОР-10 – 3 от массы битума	14,5	1,17
13	Мин. порошок – 97, УНИРЕМ-001 – 3, СД-3 – 3	14	1,129
12	Мин. порошок – 97, ВОКСИЛ 100 – 3	12,5	1,008

Целлюлозные волокнистые добавки удерживают битум в процессе набухания волокон и проникания компонентов битума в межфибрилярное пространство и фиксацией внутри набухших волокон, которые равномерно распределены между зернами минерального порошка в асфальтовяжущем. Минеральная волокнистая добавка Хризотоп удерживает битум благодаря прониканию жидких компонентов битума внутрь полых волокон, а также адсорбции на поверхности волокон – цилиндров с образованием ориентированного слоя битума. Добавка РТЭП в

асфальтовяжущем не образует битумоудерживающих структур и не приводит к увеличению битумоудерживающей способности асфальтовяжущего. Резиновый порошок «УНИРЕМ-001» увеличивает битумоудерживающую способность асфальтовяжущего на 5% благодаря структурирующим воздействиям на битум инициатора гелеобразования и структурирующего агента.

В четвертой главе определены параметры микроструктуры стабилизирующих добавок, геометрические параметры частиц и волокон с помощью исследовательского микроскопа Axioskop 2 MAT с цифровой фотокамерой Axiosam. Описано влияние параметров микроструктуры добавок на характер их распределения в битуме и ЦМАС. Определены технологические свойства и особенности стабилизирующих добавок и описаны технологические особенности добавок в производственных условиях.



Рисунок 5. – Микрофотография волокна добавки Viator 66 в галогеновом освещении увеличение X 500

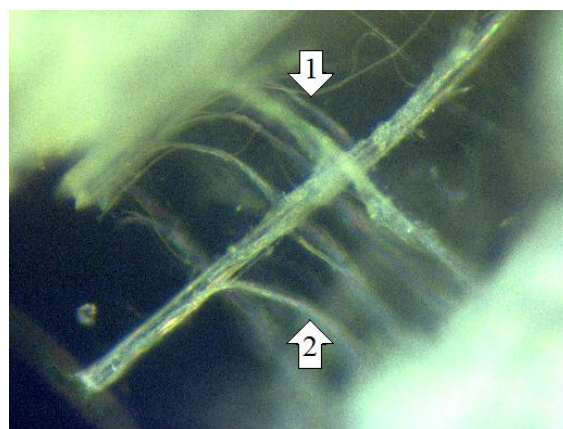


Рисунок 6. – Микрофотография волокна добавки Хризотоп увеличение X 500

Волокна Viator 66 имеют вид длинных плоских пластин. На отдельном целлюлозном волокне Viator 66 можно увидеть (рис. 5, поз. 1) поверхностную микросетку, образованную битумом. В данном случае битум не проник вглубь волокна, а адсорбировался на его поверхности. На основании полученных микрофотографий были определены среднестатистические размеры волокон целлюлозы: длина 1,7 мм, толщина 0,018 мм, ширина 0,05 мм.

На рис. 6 представлена микрофотография исходного микроволокна добавки Хризотоп цилиндрической формы и имеющего ответвления (рис. 6., поз. 1, 2). По микрофотографиям установили геометрические параметры волокон и пучков: пучки имеют диаметр около 0,15 мм. В пучке может находиться от 10 до 250 штук микроволокон с диаметром около 0,003 мкм. Средняя длина волокон составляет 2,8 мм.

В таблице 4 представлены параметры микроструктуры волокнистых добавок. Как видно из таблицы, самые длинные волокна имеют добавки Хризотоп – 4,1 мм, длина волокон добавок СД-1 и СД-3 меньше примерно в 2,5 раза и составляет 1,5–1,7 мм. Волокна добавок Торсел и Viator 66 самые короткие 0,9 – 1,0 мм. Средняя толщина волокон примерно одинакова для всех добавок и составляет 0,042 – 0,05 мм, средняя ширина также примерно одинакова для всех добавок и составляет 0,012 –

0,018 мм. Строение волокон асбестовой добавки Хризотоп отличается от строения волокон целлюлозных добавок по форме и по расположению волокон в пространстве. Волокна целлюлозных добавок – это тонкие длинные пластинки, которые могут иметь лентообразные формы. Волокна добавки Хризотоп – это тонкие цилиндрические нити, которые образуют микропучки и пучки.

Таблица 4

Параметры микроструктуры волокнистых добавок

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра для волокнистых добавок				
		СД-1	ТОРСЕЛ	СД-3	Viatop 66	Хризотоп
1	2	3	4	5	6	7
1	Средняя длина волокна, мм	1,7	0,9	1,5	1,0	-
2	Средняя ширина волокна, мм	0,05	0,05	0,048	0,042	-
3	Средняя толщина волокна, мм	0,016	0,012	0,016	0,018	-
4	Длина волокон и микроволокон, мм	-	-	-	-	4,1
5	Диаметр пучка микроволокон, мм	-	-	-	-	0,048
6	Диаметр микроволокна, мм	-	-	-	-	0,003
7	Расположение волокон в пространстве	взаимное переплетение и образование пространственной структуры	взаимное переплетение и образование пространственной структуры	утопленные в битум волокна с контактом через битумную прослойку	утопленные в битум волокна с контактом через битумную прослойку	пучки и микропучки волокон
8	Форма волокон	тонкие длинные пластины	лентообразные формы	тонкие длинные пластины	тонкие длинные пластины	тонкие нити цилиндрической формы

В пятой главе исследованы физико-механические свойства и показатель стекания ЩМА с различными добавками. Определялись физико-механические свойства и показатель стекания ЩМА при совместном введением УНИРЕМ-001, СД-3 и АМДОР-10 в ЩМА. Приведено опытное строительство из щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси. Описаны составы щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей, которые соответствовали требованиям ГОСТ 31015-2002. Описан реализованный на производстве способ приготовления ЩМАС на основе патента № 2476397 РФ. 27.02.2013 г.

По результатам испытаний было установлено, что ЩМА с различными стабилизирующими добавками незначительно отличаются по своим свойствам, за исключением показателя стекания. При введении битума происходит смачивание и растекание битума по поверхности компонентов смеси, начинаются процессы взаимодействий на границе раздела фаз. Битумные прослойки могут находиться под

влиянием сразу нескольких силовых полей близлежащих частиц, компоненты стабилизирующих добавок будут изменять структуру и свойства прослойки. Введение адгезионной азотсодержащей добавки в битум будет изменять растворяющую способность углеводородной дисперсионной среды битумной дисперсной системы, что приведет к уменьшению межмолекулярного взаимодействия и облегчит распределение полимерных компонентов РТЭП резиновых частиц УНИРЕМ-001 и волокон в битуме.

Установлено, что стекание вяжущего для ЩМАС с добавкой УНИРЕМ-001 значительно превосходит допустимые значения. Введение в эту смесь добавок СД-3 и АМДОР-10 приводит к снижению показателя стекания до допустимых пределов, увеличению водостойкости при длительном водонасыщении и позволяет получить более однородную структуру ЩМАС и распределения в битуме добавок, получить более однородные битумные пленки.

В главе приведены результаты производственных испытаний ЩМА, с оптимально подобранным гранулометрическим составом с участка опытного строительства. Отобранные керны из покрытия ЩМАС-15, ЩМАС-10 соответствуют требованиям ГОСТ 31015-2002.

Дана технико-экономическая сравнительная оценка стоимости работ с использованием совместно введенных добавок СД-3 УНИРЕМ-001, АМДОР-10 рассчитан технико-экономический эффект и целесообразность введения указанных добавок.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработана классификация стабилизирующих добавок для ЩМАС по вещественному составу, физическому состоянию и товарной форме, и по наименованию основных составляющих веществ, химических соединений и активных компонентов.

2. Произведена оценка параметров микроструктуры и взаиморасположение элементов микроструктуры в пространстве волокнистых, порошковых и полимерных добавок. Особенностью целлюлозных волокнистых добавок является ленточный вид волокон и их хаотичное расположение в пространстве. Особенностью хризотил-асбестовой добавки Хризотоп является то, что отдельные волокна представляют собой пучки микроволокон.

3. Рассмотрены условия взаимодействия различных стабилизирующих добавок с битумом, предложены и раскрыты механизмы структурообразования битума с добавками при технологической температуре. Предложен механизм взаимодействия добавок с битумом в асфальтовяжущем. Особенностью взаимодействия является то, что взаимодействия происходят в битумных прослойках между зернами минерального порошка, а частицы и волокна добавок находятся в зоне действия поверхностных сил частиц минерального порошка. Описаны процессы распределения добавок в ЩМАС при перемешивании, а также раскрыты механизмы взаимодействия между компонентами ЩМАС на трех этапах ее приготовления.

4. Впервые разработан метод определения битумоудерживающей способности добавок в асфальтовяжущем с определением коэффициента битумоудерживающей способности. Определены коэффициенты битумоудерживающей способности

стабилизирующих добавок, наибольшей битумоемкостью обладают волокнистые целлюлозные и минеральные добавки, а также добавка УНИРЕМ-001. Битумоудерживающая способность добавки РТЭП и волластонитового минерального порошка незначительна. Добавление целлюлозных волокнистых добавок к добавкам РТЭП и УНИРЕМ-001 увеличивает их битумоудерживающую способность. Введение адгезионной добавки «АМДОР-10» в асфальтовязущее, содержащие добавки РТЭП или УНИРЕМ-001 приводит к повышению физико-механических показателей, несколько снижает битумоудерживающую способность.

5. Использование различных стабилизирующих добавок в щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей (ЩМАС) с постоянным составом не приводит к значительным изменениям физико-механических свойств. Существенно может изменяться показатель стекания, т.е. битумоудерживающая способность ЩМАС. Введение в ЩМАС, содержащую добавку РТЭП или УНИРЕМ-001, волокнистых целлюлозных добавок, позволяет получить требуемое значение показателя стекания, а введение адгезионной добавки АМДОР-10 позволяет улучшить однородность распределения добавок и получить однородную структуру ЩМАС. Установлено, что исследуемые добавки при введении в битум увеличивают его вязкость, снижают растяжимость при 25°C, повышают теплостойкость, понижают температуру хрупкости кроме РТЭП и УНИРЕМ-001, т.е. оказывают структурирующее действие.

6. Разработан перечень технологических свойств добавок и методы их определения. Волокнистые целлюлозные добавки, обработанные органическим вяжущим, в меньшей степени поглощают влагу и набухают. Гранулированные волокнистые добавки быстрее проходят через бункерное отверстие, чем УНИРЕМ-001 и РТЭП. Описаны технологические особенности добавок в производственных условиях. Установлено, что при шнековой подаче происходит распушивание необработанных целлюлозных добавок, приводящее к зависанию в дозаторе и сбоям в его работе.

7. Разработан способ получения ЩМАС и технологическая линия введения двух стабилизирующих добавок в приемный бункер для шнековой подачи.

8. Произведено устройство асфальтобетонных покрытий из ЩМАС на участках опытного строительства с использованием двух стабилизирующих добавок и адгезионной добавки АМДОР-10. Показатели свойств ЩМАС и кернов, отобранных из покрытия на участках опытного строительства, свидетельствует о соответствии нормативным требованиям ЩМАС и ЩМА, полученным по предложенным составам с двумя стабилизирующими добавками и предложенным способом.

СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. **Баранов И.А.** Исследование свойств асфальтовязущего, модифицированного добавками Viator 66 и Хризотоп [Текст] / А.Б. Соломенцев, И.А. Баранов // Известия Орёл ГТУ. – 2009 (март – апрель). – №2/22 (224). – С. 77–80.

1. **Баранов И.А.** Оценка битумоудерживающей способности стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона в асфальтовяжущем [Текст] / И.А. Баранов, А.Б. Соломенцев // Строительство и реконструкция. – 2010 (июнь – август). – №4 (30). – С. 53 – 58.

2. **Баранов И.А.** Оценка влияния стабилизирующих добавок на физико-механические показатели свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона [Текст] / И.А. Баранов, А.Б. Соломенцев // Строительство и реконструкция. – 2010 (сентябрь – октябрь). – №5 (31). – С. 45 – 51.

3. **Баранов И.А.** Оценка возможности использования волластонитового минерального порошка в качестве стабилизирующей добавки для щебеночно-мастичного асфальтобетона [Текст] / А.Б. Соломенцев, Ю.Б. Жаринов, И.А. Баранов // Строительство и реконструкция. – 2011 (январь – февраль). – №1(33). – С. 70 – 75.

4. **Баранов И.А.** Влияние стабилизирующих добавок для ЩМА на свойства вязкого дорожного битума [Текст] / А.Б. Соломенцев, И.А. Баранов // Строительство и реконструкция. – 2011 (июнь – август). – №4 (36). – С. 55 – 61.

5. **Баранов И.А.** Влияние добавки УНИРЕМ-001 на свойства асфальтовяжущего и щебеночно-мастичного асфальтобетона [Текст] / И.А. Баранов, А.Б. Соломенцев // Строительство и реконструкция. – 2012 (январь – февраль). – №1 (39). – С. 79 – 84.

6. **Баранов И.А.** Оценка параметров микроструктуры добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона с помощью микроскопа Axioskop 2 MAT [Текст] / И.А. Баранов, А.Б. Соломенцев // Строительство и реконструкция. – 2012 (май – июнь). – №3 (41). – С. 48 – 58.

7. **Баранов И.А.** Структура дорожного битума и его взаимодействие со стабилизирующими волокнистыми добавками для щебеночно-мастичного асфальтобетона [Текст] / И.А. Баранов, А.Б. Соломенцев, // Строительство и реконструкция. – 2013 (июль – август). – №4 (48). – С. 75 – 83.

Прочие публикации

8. **Баранов И.А.** Исследование свойств асфальтовяжущего, модифицированного добавками Viator 66 и Хризотоп / А.Б. Соломенцев, И.А. Баранов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии: производство, экономика, образование»: Сб. тез. докл. – Бийск: Изд-во БТИ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 24 сентября 2009. – С. 220 – 223.

9. **Баранов И.А.** Исследование свойств асфальтовяжущего, модифицированного стабилизирующими добавками из целлюлозы, для щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей / И.А. Баранов // Тезисы и доклады IV-Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Прикладные аспекты химической технологии, полимерных материалов и наносистем» (Полимер-2010): Сб. тез. докл. – Бийск: Изд-во БТИ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 17 – 19 июня 2010. – С. 24 – 28.

10. **Баранов И.А.** Оценка возможности использования волластонитового минерального порошка для получения новых качественных дорожных покрытий / А.Б. Соломенцев, Ю.Б. Жаринов, И.А. Баранов // Материалы 4-й Всероссийской научно-практической конференции «Управление качеством образования, продукции

и окружающей среды»: Сб. тез. докл. – Бийск: Изд-во БТИ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 11 – 13 ноября 2010. – С. 135 – 142.

11. **Баранов И.А.** Влияние стабилизирующих добавок для ЩМА на свойства вязкого дорожного битума / А.Б. Соломенцев, И.А. Баранов // Материалы всероссийского инновационного форума «Современные тенденции химической технологии и теплоэнергетического комплекса» (Технологии XXI века). Секция 1, «Полимерные и композиционные материалы» (Полимер - 2011): Сб. тез. докл. – Бийск: Изд-во БТИ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2 – 4 июня 2011. – С. 43 – 51.

12. **Баранов И.А.** Влияние добавки УНИРЕМ-001 на свойства асфальтовяжущего и щебеночно-мастичного асфальтобетона / И.А. Баранов, А.Б. Соломенцев // Материалы 5-й Всероссийской научно-практической конференции «Управление качеством образования, продукции и окружающей среды»: Сб. тез. докл. – Бийск: Изд-во БТИ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 29 сентября – 1 октября 2011. – С. 159 – 164.

13. **Баранов И.А.** Микроструктура добавок для ЩМА исследованная с помощью микроскопа Аxioskop 2 МАТ / И.А. Баранов, А.Б. Соломенцев // Материалы 6-й Всероссийской научно-практической конференции «Управление качеством образования, продукции и окружающей среды»: Сб. тез. докл. – Бийск: Изд-во БТИ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 6 – 7 июля 2012. – С. 238 – 242.

14. Патент № 2476397 РФ, МПК⁷ С04В 26/26, С04В 16/02, С04В 24/12. Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь и способ ее получения. Соломенцев А.Б. Колодезный В.П., Старчак А.П., **Баранов И.А.**; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Орелдорстрой», - №2011120847/03; заявл. 25.05.2011; опубл. 27.02.2013 г.

15. **Баранов И.А.** Взаимодействие дорожного битума со стабилизирующими полимерными добавками для щебеночно-мастичного асфальтобетона / И.А. Баранов, А.Б. Соломенцев // Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. Шухова «Наукоемкие технологии и инновации (XXI научные чтения)»: Сб. докл. – Белгород: Изд-во БГТУ, 9 – 10 октября 2014. – Ч.5. – С. 79 – 85.

Подписано в печать 14.09.2015.

Формат 60x84 1/16.

Уч. – изд. л. 1,1. Тираж 100 экз. Заказ №184.

Полиграфический отдел ФГБОУ ВПО «Государственный университет — УНПК»
302030, г. Орёл, ул. Московская, 65