

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА СТАРЕНИЯ НА СВОЙСТВА ДОРОЖНЫХ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ, СОДЕРЖАЩИХ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТЫ И РЕЗИНОВУЮ КРОШКУ, ПОЛУЧАЕМУЮ МЕТОДОМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СДВИГОВОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

**И.В. Гордеева^{1,*}, аспирант, Ю.А. Наумова¹, доцент, В.Г. Никольский²,
заведующий лабораторией, И.А. Красоткина², старший научный сотрудник,
У.Г. Зверева², младший научный сотрудник**

¹кафедра Химии и технологии переработки эластомеров им. Ф.Ф. Кошелева
МИТХТ им. М.В. Ломоносова, Москва, 119571 Россия

²Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук
Москва, 119991 Россия

*Автор для переписки, e-mail: irinavolchenko90@yandex.ru

В работе исследовано влияние процесса старения на структуру и реологические свойства дорожного битума БНД 60/90 и битумных вяжущих, модифицированных резиновой крошкой, получаемой в роторных диспергаторах методом высокотемпературного сдвигового измельчения (ВСИ), а также другими типами модификаторов. Комплексное изучение битума и битумных вяжущих в соответствии с американским стандартом "SuperPave" показало, что применение данной резиновой крошки позволяет существенно повысить уровень эксплуатационных свойств асфальтобетонного покрытия. Битум, модифицированный резиновой крошкой, показывает наилучшие результаты по сравнению с другими типами модификаторов как до, так и после моделирования процесса старения.

Ключевые слова: высокотемпературное сдвиговое измельчение, активная резиновая крошка, битум, модификатор, полимерно-битумное вяжущее, резино-битумное вяжущее.

Введение

Стремительный рост нагрузок на дорожное полотно со стороны все возрастающего количества проходов автомобилей в единицу времени обуславливает постоянный интерес к проблеме повышения качества дорожных битумов, являющихся связующим компонентом асфальтобетона – основного материала для строительства автомобильных дорог в наше время [1]. Долговечность асфальтобетонных покрытий напрямую связана с качеством используемых материалов и, в первую очередь, битума и битумных вяжущих. Хотя содержание битума и битумного вяжущего составляет всего 5–7% от массы асфальтобетона, именно его поведение, как самого «слабого звена» системы, определяет состояние уложенного асфальтобетонного покрытия.

При существующей сегодня транспортной нагрузке на основных автомагистралях необходимая долговечность покрытий, уже не может быть обеспечена за счет применения обычных дорожных битумов. Для улучшения свойств битума применяются модификаторы, в качестве которых могут служить специально синтезируемые полимеры, например, бутадиен-стирольные термоэластопласты (СБС) [2–4], или продукты переработки отходов производства и потребления в полимерной отрасли [5, 6].

Большой интерес вызывает использование в качестве модификатора битума резинового

порошка, получаемого из отработанных шин, по методу высокотемпературного сдвигового измельчения (ВСИ), который был разработан в ИХФ им. Н.Н. Семенова РАН еще в начале 1980-х годов. В специальном оборудовании – роторных диспергаторах – в условиях нагрева, интенсивного сжатия и сдвиговых деформаций происходит множественное растрескивание полимерного материала. При загрузке в диспергатор резиновой крошки получается активный резиновый порошок с микроблочной структурой, позволяющей порошковым частицам быстро распадаться при контакте с горячим битумом на микро- и нанофрагменты [7].

В общем случае для дорожных битумных вяжущих выделяют два этапа старения. Во-первых, выделяют так называемое «кратковременное старение», связанное с пребыванием вяжущего при высоких температурах, включая этапы получения асфальтобетонной смеси и ее транспортировки, а также процесс укладки дорожного покрытия с последующим естественным остыванием. Сюда включают и процессы, происходящие в уложенном покрытии в течение первого года эксплуатации. Именно в первый год эксплуатации на дорожном покрытии образуется основная колея. В последующие годы эксплуатации дорожного покрытия вероятность образования колеи уменьшается вследствие увеличения жесткости вяжущего. Во-вторых, выделяют этап старения вяжущих под

действием окружающей среды, т.е. «долговременное старение», когда начинают появляться усталостные трещины [8–10].

В данной работе рассматривается только влияние первого этапа старения на структуру и реологические свойства вяжущих. Моделирование первого этапа старения проводится в соответствии с американским стандартом ASTM D2872-04 в специальной вращающейся тонкопленочной камере RTFO (rolling thin film over). В камере за счет непрерывного образования тонких слоев вяжущего обеспечивается равномерное окисление объема помещенного вяжущего, подвергаемого воздействию тепла и воздуха [11].

Более подробно температурный режим переработки вяжущих во вращающейся камере RTFO описан ниже в разделе «Объекты и методы исследования». Отметим, что стандарт ASTM D2872-04 не содержит сколь-нибудь четких рекомендаций в отношении того температурного режима, в котором надо охлаждать образцы вяжущих после их переработки во вращающейся камере. Это не совсем правильно, поскольку условия охлаждения могут существенно повлиять на структуру и свойства любого композиционного материала. В частности, в работах датских специалистов [12] было установлено, что при горячем смешении битума с блок-сополимером СБС, можно получить вяжущее, которое имеет коллоидную структуру с размером частиц дисперсной фазы менее 2 мкм. Однако температурный режим охлаждения такого вяжущего до 20°C достаточно сильно влияет на его структуру и свойства. В частности, размер частиц дисперсной фазы увеличивается до 100-500 мкм, а в ряде случаев образуется грубогетерогенная смесь, состоящая из двух непрерывных фаз, которые условно называют «фазой, обогащенной полимером» и «фазой, обогащенной асфальтенами» [12]. Поэтому охлаждать образцы, подвергнутые переработке в камере кратковременного старения, нужно в том режиме, в котором происходит охлаждение асфальтобетона во время укладки дорожного покрытия. В настоящей работе это обстоятельство было учтено.

Объекты и методы исследования

В настоящей работе исследовано изменение структуры и реологических свойств нескольких типов битумных вяжущих на стадии кратковременного старения в камере RTFO. Основным объектом исследования было модельное резино-битумное вяжущее (РБВ), изготовленное смешением нефтяного битума БНД 60/90 (изготовитель ОАО «Московский НПЗ») с активным резиновым порошком, получаемым методом высокотемпературного сдвигового

измельчения (ВСИ). Исходное сырье для получения модификатора – отработанные автомобильные покрышки, фракционный состав резинового порошка включал частицы не более 0.5 мм. Данный порошок является основным компонентом резинового модификатора «УНИРЕМ», который уже в течение ряда лет широко применяют в России для модификации асфальтобетонов на стадии приготовления асфальтобетонной смеси. На рис. 1 приведены данные электронной микроскопии, демонстрирующие морфологические особенности частиц активного резинового порошка. Каждая частица такого порошка состоит из множества слабосвязанных резиновых фрагментов размером от 3 до 50 мкм.

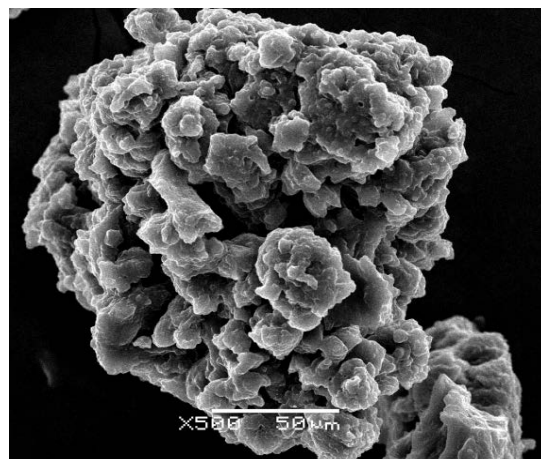


Рис. 1. Микрофотография частицы активного резинового порошка.

В работе исследовали влияние процедуры кратковременного старения на свойства исходного битума и двух полимерно-битумных вяжущих (ПБВ), полученных промышленным способом (вяжущее ПБВ-60) и в лабораторных условиях. Все образцы, представленные в таблице 1, были исследованы до и после прохождения процедуры кратковременного старения в камере RTFO.

Таблица 1. Рецептуры исследованных битумных вяжущих

Шифр смеси	Состав смеси
1	Битум нефтяной дорожный БНД (60/90)
2	Модельное резино-битумное вяжущее на основе битума БНД 60/90, содержащее 7% мас. активной резиновой крошки (АРК), получаемой методом ВСИ
3	Полимерно-битумное вяжущее на основе битума БНД 60/90, содержащее 3% мас. термоэластопласта марки ДСТ 30Р-01 (лабораторный образец)
4	Полимерно-битумное вяжущее ПБВ-60 (промышленный образец)

Модельное резино-битумное вяжущее готовили в лабораторных условиях с помощью верхнеприводной мешалки IKA HB10 DIGITAL с винтовыми лопастями. Процедура смешения следующая: в разогретый до температуры 180°C битум марки БНД 60/90 вводили определенное количество активного резинового порошка с размерами частиц до 0.5 мкм. Дальнейшее перемешивание проводили в течение одной минуты при скорости вращения винта мешалки 135 об/мин. Даже столь непродолжительное перемешивание смеси битума и АРК, получаемой методом ВСИ, сопровождалось заметным распадом резиновых частиц на микро- и нанофрагменты, что было подтверждено данными сканирующей электронной и атомно-силовой микроскопии (рис. 2).



Рис. 2. Микрофотография резиновой частицы после перемешивания с горячим битумом.

Полимерно-битумное вяжущее (образец № 3) готовили в два этапа. Первая стадия: гранулы ДСТ 30Р-01 (изготовитель ОАО «Воронежсинтезкаучук») размером 2 мм вводили в битум при температуре 150°C и 140 об/мин мешалки, длительность смешения 1 ч. После этого образец не подвергали никаким воздействиям в течение недели при комнатной температуре. В этот период времени преимущественно происходит набухание частиц СБС в битуме. Вторая стадия: образец снова нагревали, но уже до температуры 180°C и смешение продолжали в течение 3 ч при 140 об/мин мешалки.

На рис. 3 приведена схема камеры для моделирования кратковременного старения вяжущих. Процедура кратковременного старения состоит в следующем: 8 стеклянных цилиндров, в

каждом из которых содержится по 35 г. битумного вяжущего, помещаются в барабан камеры при температуре 163°C, продолжительность испытания составляет 85 м. Подвергнутые старению образцы вяжущих охлаждали до 20°C со скоростью 2–5°C в минуту, что приблизительно соответствует скорости охлаждения асфальтобетона на стадии укладки покрытия. Можно рекомендовать и другой режим охлаждения с дополнительной выдержкой образцов при 120°C в термостате в течение 30–60 мин. Было показано, что после охлаждения в этих режимах образцы вяжущих имели приблизительно одинаковую структуру и одинаковые свойства. Поэтому в работе мы использовали как первый, так и второй режим охлаждения.

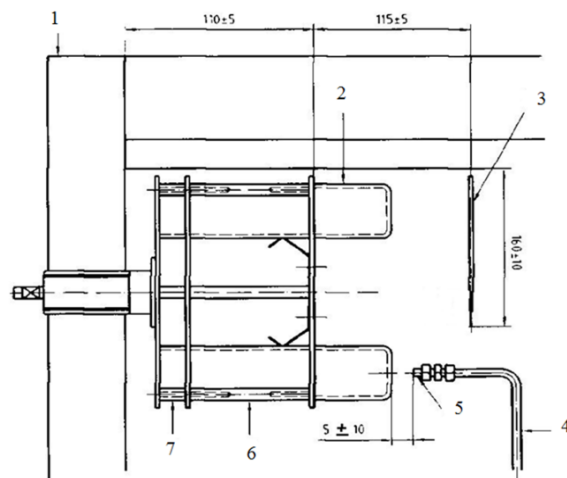


Рис. 3. Схема камеры для моделирования процесса кратковременного старения (вид сбоку):

- 1 – сушильный шкаф; 2 – стеклянный контейнер;
- 3 – термометр; 4 – медная трубка диаметром 8 ± 0.1 мм;
- 5 – инжектор диаметром 1 ± 0.1 мм;
- 6 – распорная часть барабана 55 ± 1 мм;
- 7 – задняя часть барабана 20 ± 1 мм.

Сопоставительный анализ изменения реологических свойств до и после переработки вяжущих во вращающейся камере RTFO осуществлялся с использованием реометра динамического сдвига Smart Pave серии Physica MCR компании Anton Paar (Австрия). В качестве измерительной системы была выбрана система пластина-пластина. Диаметр окружности рабочих поверхностей пластины 25 мм. Устанавливаемый рабочий зазор между пластинами 2 мм. Величина зазора была выбрана исходя из условия указанного в мануале прибора: значение величины зазора между пластинами должно быть, по меньшей мере, в 4 раза больше максимального размера частиц. Прибор оснащен системой термостатирования, которая позволяет поддерживать температуру образца с точностью до 0.1°C.

Все испытания проводились в соответствии с американской системой тестирования «SuperPave». Она включает в себя перечень требований к битумному вяжущему, согласно которому

должен осуществляться правильный выбор вяжущего для каждого конкретного случая на стадии подбора асфальтобетонной смеси [13]. Определяли влияние процесса кратковременного старения на верхний температурный предел эксплуатации битума и битумных вяжущих, стойкость дорожных вяжущих к образованию колеи, а также провели дополнительный MSCR-тест, определяя остаточную деформацию образцов вяжущих.

Измерение для битума или модифицированного битума таких реологических параметров, как комплексный модуль ($|G^*|$) и фазовый угол (δ) в зависимости от температуры позволяет определить верхний температурный предел эксплуатации вяжущего (PG-класс). На первом этапе определяли верхний температурный предел эксплуатации битума и битумных вяжущих до и после переработки вяжущих в камере RTFO (стандарт ASTM D7643-10). Измерения проводили, начиная от стартовой температуры 46°C и далее через каждые +6°C, измеряя параметр колееобразования $G^*/\sin(\delta)$. Для определения верхней предельной температуры эксплуатации несостаренного битумного вяжущего должно выполняться условие $G^*/\sin(\delta) \geq 1.0$ кПа. Для образцов битума и битумных вяжущих, подвергнутых процедуре старения, в соответствии со стандартом параметр колееобразования $G^*/\sin(\delta)$ должен быть больше или равен 2.2 кПа. Другими словами, испытание будет продолжаться до тех пор, пока при одной температуре условие $G^*/\sin(\delta) \geq 1.0$ кПа (для состаренных образцов: $G^*/\sin(\delta) \geq 2.2$ кПа) выполняется, а при следующей – нет. Максимальная температура, при которой образец прошел испытание принимается за верхний температурный предел эксплуатации битума и битумных вяжущих.

Второй этап работы включал исследование влияния процесса старения на стойкость битумного вяжущего к образованию колеи. Согласно американскому стандарту ASTM D7175-08 в качестве количественного показателя сопротивления материала к колееобразованию выступает параметр $|G^*|/\sin(\delta)$ при данной деформации. Чем выше значение этого параметра, тем более стойким к образованию колеи является вяжущее. Зависимость параметра $|G^*|/\sin(\delta)$ от деформации определяли при температуре 70°C, которая соответствует верхнему температурному пределу эксплуатации немодифицированного битума.

Для оценки соотношения обратимой и необратимой составляющих деформации, которую претерпевает вяжущее под воздействием нагрузки на состаренных образцах был проведен тест на ползучесть и восстановление в условиях воздействия многократной нагрузки

или MSCR-тест (американский стандарт ASTM D7405–10a). Особенностью данного метода является то, что образец нагружали при постоянном напряжении в течение 1 с, затем нагрузку снимали, что обеспечивало восстановление образца в течение 9 с (единичный цикл). В соответствии с американским стандартом выполняется 20 циклов напряжение – упругое восстановление, где в первых десяти таких циклах напряжение составляет 100 Па, а в следующих 10 циклах прикладывается напряжение в 3200 Па. После испытания для битума и битумных вяжущих фиксируют величину остаточной деформации.

Результаты и их обсуждение

Верхний температурный предел эксплуатации битума БНД 60/90 и промышленного образца ПБВ-60 до процедуры кратковременного старения равен 70°C. Введение в битум БНД 60/90 активной резиновой крошки приводит к повышению температуры эксплуатации на один класс PG (+6°C). Такое же значение верхней температуры эксплуатации (76°C) характерно и для полимер-битумного вяжущего, приготовленного в лаборатории.

После проведения процедуры кратковременного старения верхний температурный предел эксплуатации модельного резино-битумного вяжущего и промышленного ПБВ-60 повышается на +6°C. У исходного, т.е. немодифицированного, битума и полимерно-битумного вяжущего, полученного в лабораторных условиях, изменение верхней температуры эксплуатации после старения не происходит. Два полимерно-битумных вяжущих ведут себя по-разному, что может быть связано с разными температурными режимами охлаждения лабораторного и промышленного образцов после приготовления. Наибольший температурный предел эксплуатации, равный 82°C, имеет состаренное битумное вяжущее, модифицированное активной резиновой крошкой, получаемой методом ВСИ. Из предварительных данных отметим, что повышение концентрации резиновой крошки приводит к дальнейшему росту верхнего температурного предела эксплуатации.

Влияние процесса старения на стойкость битумного вяжущего к образованию колеи показано на рис. 4. Видно, что наиболее подвержен образованию колеи состаренный немодифицированный битум. Самую высокую стойкость к колееобразованию после старения имеет битум, содержащий 7% мас. активной резиновой крошки. Несколько меньшая устойчивость характерна для состаренного полимер-битумного вяжущего, приготовленного в лабораторных условиях. Промышленное полимер-битумное вяжущее, состаренное во вращающейся

камере RTFO, превосходит по этому показателю только исходный состаренный битум.

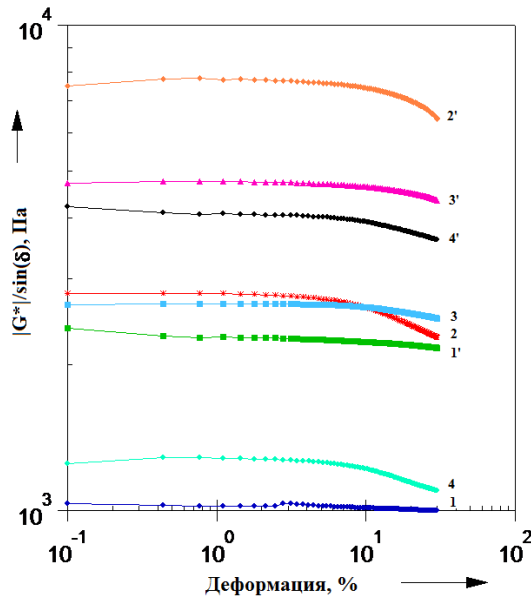


Рис. 4. Зависимость параметра колееобразования битумных вяжущих от деформации в логарифмических координатах при температуре испытания $T=70^{\circ}\text{C}$. 1, 1' – битум БНД 60/90; 2, 2' – резино-битумное вяжущее; 3, 3' – полимерно-битумное вяжущее (лабораторный образец); 4, 4' – ПБВ-60 (промышленный образец).

Значения со штрихом относятся к образцам, состаренным во вращающейся камере RTFO.

В табл. 2 приведены значения параметра колееобразования для различных вяжущих, полученные до и после проведения процесса кратковременного старения при деформации 10 % и температуре испытания 70°C .

На основании полученных данных можно сделать вывод, что стойкость всех образцов к

Таблица 2. Значение параметра колееобразования $|G^*|/\sin(\delta)$ при деформации 10% и $T=70^{\circ}\text{C}$ до и после переработки вяжущих в камере RTFO

Шифр смеси	$ G^* /\sin(\delta)$, Па	
	До старения	После старения
Битум БНД 60/90	1031	2373
Модельное резино-битумное вяжущее	2803	7482
Полимерно-битумное вяжущее (лабораторный образец)	2660	4729
ПБВ-60 (промышленный образец)	1250	4222

образованию колеи после старения возрастает, поскольку увеличивается жесткость дорожного вяжущего. Следует обратить внимание, что как до переработки образцов в камере RTFO, так и после моделирования процесса кратковременного старения наибольшим параметром колееобразования (т.е. высокой стойкостью к образованию колеи) обладает модельное резино-битумное вяжущее (2803 Па и 7482 Па).

Кроме представленных выше результатов, процедура моделирования кратковременного старения позволяет дополнительно исследовать способность дорожных вяжущих восстанавливаться после воздействия нагрузки (MSCR-тест). В процессе кратковременного старения улучшаются упругие свойства битумного вяжущего, тем самым повышается стойкость дорожного вяжущего к многократным деформациям (проезду легковых и грузовых автомобилей).

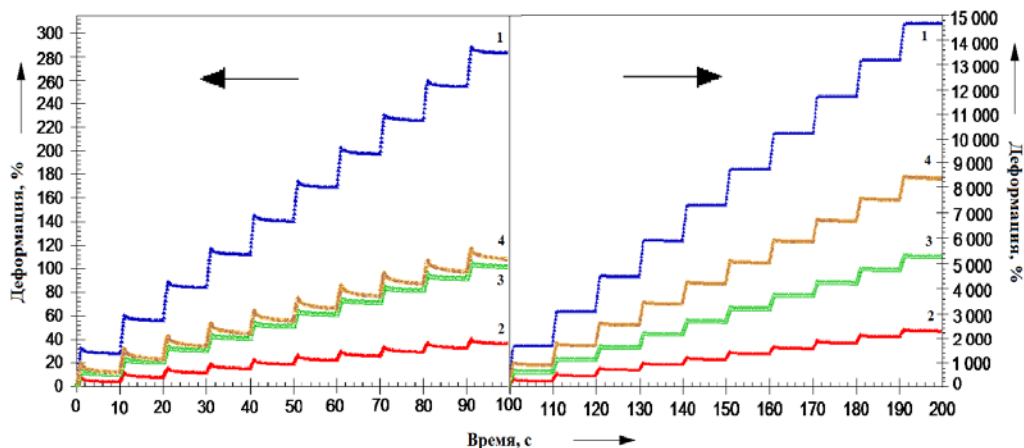


Рис. 5. Зависимость деформации от времени для состаренных образцов в условиях циклических нагрузок при $T=70^{\circ}\text{C}$. Первые 10 циклов нагрузка 100 Па, следующие 10 циклов нагрузка составляет 3200 Па. 1 – битум БНД 60/90; 2 – резино-битумное вяжущее; 3 – полимерно-битумное вяжущее (лабораторный образец); 4 – ПБВ-60 (промышленный образец).

На рис. 5 видно, что битум, содержащий резиновую крошку, получаемую высокотемпературным сдвиговым измельчением, имеет наименьшее значение невосстанавливаемой или остаточной деформации, что указывает на наиболее высокую стойкость данного вяжущего к образованию колеи. Это характеризует стабильность структуры РБВ при воздействии многократных нагрузок. Такое модельное резино-битумное вяжущее может с успехом применяться для строительства дорог в Москве, Московской области, Санкт-Петербурге и на федеральных трассах, т.е. там, где наблюдаются экстремальные условия трафика движения и многокилометровые пробки.

Выводы

В работе установлено, что процесс старения сильно влияет на реологические и физико-механические свойства битума и битумных вяжущих:

1. Показано, что после процесса кратковременного старения возрастает устойчивость к образованию колеи всех исследованных битумных вяжущих. Это связано с тем, что битум и битумные вяжущие в процессе старения становятся более жесткими. При этом из всех исследованных образцов наилучший

результат показал битум, модифицированный активной резиновой крошкой, получаемой методом ВСИ.

2. Проведение MSCR-теста на составленных образцах вяжущих позволило установить, что модельное резино-битумное вяжущее, содержащее активную резиновую крошку, полученную методом ВСИ, после 20 циклов нагрузка-восстановление имеет наименьшее значение остаточной деформации. Это характеризует наиболее высокую стойкость данного вяжущего к многократным деформациям.

3. Полученные результаты показывают, что битум, модифицированный резиновой крошкой, получаемой методом ВСИ, проявил себя наилучшим образом после старения во вращающейся камере RTFO по сравнению с другими типами модификаторов. Это может быть связано с высокой стабильностью структуры резино-битумного вяжущего, а также наличием в активном резиновом порошке противостарителей и других добавок. К недостаткам битумных вяжущих, модифицированных полимерами, в частности, термоэластопластом СБС, по-видимому, следует отнести нестабильность их структуры, которая наиболее сильно проявляется в процессе укладки и последующего охлаждения асфальтобетона [12].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ширкунов А.С., Рябов В.Г., Нечаев А.Н., Дегтянников А.С. Анализ изменения характеристик окисленных и полимерно-модифицированных дорожных битумов в ходе старения вяжущего в тонкой пленке // Вестник Пермского национ. исслед. политехн. университета. Хим. технология и биотехнология. 2011. № 12. С. 80–85.
2. Лихтерова Н.М., Мирошников Ю.П., Лобанкова Е.С., Торховский В.Н., Кириллова О.И. Особенности технологии получения полимербитумных вяжущих // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2011. № 8. С. 24–28.
3. Заглядова С.В., Люсова Л.Р., Глаголев В.А., Власенко Ф.С., Попов А.А. Каучуко-битумные герметизирующие мастики // Клеи. Герметики. Технологии. 2005. № 10. С. 24–26.
4. Люсова Л.Р., Евтушенко В.А., Дорохова Т.Н., Небратенко Д.Ю. Модификация битума бутадиенстирольными ТЭП и их смесями // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2012. № 1. С. 11–14.
5. Илиополов С.К., Мардиросова И.В., Леконцев Е.В. Модифицированная резино-битумная мастика с повышенными физико-механическими свойствами для ремонта дорожных покрытий // Дороги и мосты. 2011. № 25. С. 233.
6. Меркулов С.А., Сивохин С.В., Беляев П.С., Маликов О.Г., Полушкин Д.Л. Модификация дорожного битума вторичными полимерными материалами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecology.ostu.ru/index.php/konferentsiya-2010/47-okhrana-okruzhayushchej-sredy-i-bzhhd-naseleniya/219-modification-of-bitumen-secondary-polymeric-materials> - свободный.
7. Кравченко И.Б., Корнев А.Е., Наумова Ю.А., Никольский В.Г., Красоткина И.А. Исследование тонкодисперсного эластичного наполнителя, получаемого методом ВСИ // Вестник МИТХТ. 2008. Т. 3. № 5. С. 19–24.
8. Loizos A., Partl M.N., Scarpas T., Al-Qadi I.L. Advanced Testing and Characterization of Bituminous Materials. London: Taylor & Francis Group, 2009. 676 p.
9. Technical Guideline: The Use of Modified Bituminous Binders in Road Construction. Pretoria, South Africa: Asphalt Academy, 2007. TG1 second edition. 100 p.
10. 7th RILEM International Conference on Cracking in Pavements: Mechanisms, Modeling, Testing, Detection and Prevention Case Histories / A. Scarpas, N. Kringos, I. Al-Qadi (Eds.). RILEM Bookseries, 2012. XVIII, 1378 p.
11. McNally T. Polymer Modified Bitumen: Properties and Characterization. U.K.: Woodhead Publishing Limited, 2011. 424 p.

12. Soenen H. The morphology of SBS modified bitumen in binders and in asphalt mix // In: Advanced Testing and Characterization of Bituminous Materials. London: Taylor & Francis Group, 2009. P. 151–160.

13. «Superpave: Performance by Design» FINAL REPORT OF THE TRB SUPERPAVE COMMITTEE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sp/superpave.pdf> - свободный. 2005.

EFFECT OF AGING ON THE PROPERTIES OF ROAD ASPHALT BINDERS CONTAINING THERMOPLASTIC AND RUBBER CRUMB OBTAINED BY HIGH-TEMPERATURE SHEAR-INDUCED GRINDING

I.V. Gordeeva^{1,@}, Yu.A. Naumova¹, V.G. Nikolskiy²,
I.A. Krasotkina², U.G. Zvereva²

¹M.V. Lomonosov Moscow State University of Fine Chemical Technologies, Moscow, 119571 Russia

²N.N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119991 Russia

@Corresponding author e-mail: irinavolchenko90@yandex.ru

The influence of the aging process on the properties of asphalt binders modified with active powder of discretely devulcanized rubber (APDDR) obtained in rotor dispersers by using the technique of high-temperature shear-induced grinding (HTSG), and other types of modifier. Comprehensive study of asphalt binders according to American Standard Super Pave showed that the use of APDDR can significantly improve not only the level of performance characteristics of asphalt concrete pavement, but the aging resistance of the material during manufacture asphalt mix that is caused as a dry way of introducing this type of modifier and its complex physico-chemical properties. Conducted on Dynamic Shear Rheometer test bitumen modified crumb rubber by HTSG showed applicability APDDR particles as an effective modifier asphalt binders and asphalt coatings, designed to work in different climatic zones with the highest loads.

Keywords: high-temperature shear-induced grinding, rotor disperser, active powder of discretely devulcanized rubber, bitumen, binder, modifier, asphalt concrete.