

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 691.168

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДГЕЗИОННЫХ ДОБАВОК «АМДОР» ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ

*М.Е. Бокова¹, Д.В. Данилов², П.А. Дужий³, Д.Ю. Небратенко^{1,3}*¹*Российский университет транспорта (г. Москва)*²*Асфальтобетонный завод «Курьяново» (г. Москва)*³*МИРЭА – Российский технологический университет (г. Москва)*© Бокова М.Е., Данилов Д.В.,
Дужий П.А., Небратенко Д.Ю., 2023

Аннотация. Указано, что одной из причин образования дефектов в верхних слоях дорожного покрытия может стать их недостаточная водо- и морозостойкость. Отмечено, что этот недостаток обусловлен плохой адгезией битумного вяжущего к каменным материалам и наиболее часто для решения данной проблемы используются адгезионные добавки, влияющие на микроуровне на поверхностное взаимодействие вяжущего с твердым субстратом. Рассмотрено влияние нескольких добавок торговой марки «АМДОР» на свойства битумных вяжущих. Сделан вывод, что полученные результаты отражают воздействие выбранных адгезионных добавок на физические свойства измененного вяжущего непосредственно после модификации, а также после процесса краткосрочного старения методом RTFOT.

Ключевые слова: адгезионные добавки, «АМДОР-9», «АМДОР-10», «АМДОР-20Т», полимерно-битумные вяжущие.

DOI: 10.46573/2658-7459-2023-2-73-84

ВВЕДЕНИЕ

Из-за роста уровня благосостояния населения и, следовательно, количества автомобилей в Российской Федерации в последние десятилетия остро встает вопрос о расширении сети автомобильных дорог [1]. Удовлетворенность населения транспортной доступностью регионов, несмотря на значительное расширение федеральной и региональной дорожных сетей, еще не достигла желаемого уровня [2].

Одна из причин указанного противоречия кроется в неудовлетворительных сроках починки верхних слоев автомобильных дорог между основными ремонтами. Текущая починка оказывается неэффективной том числе из-за плохих клеящих свойств традиционных (ординарных) дорожных битумов. Отмеченное обстоятельство, с одной стороны, обусловлено постоянным увеличением степени переработки нефтяного сырья (глубины переработки сырой нефти) с целью повышения выхода так называемых светлых углеводородов, используемых в качестве моторных топлив. С другой стороны, отсутствие крупнотоннажных битумных терминалов с регулируемыми условиями хранения вяжущих

в регионах потребления битумов, отдаленных от нефтеперерабатывающих заводов, вызывает необходимость в применении высоких температур налива при отгрузке и перевозке вязущих, что также негативно влияет на их качество. В результате при производстве асфальтобетонных смесей ухудшается не только прочность склеивания битума со щебнем в начальный момент, но и снижается долговременная стабильность такого крепления, что существенно уменьшает проходимость автодорог и увеличивает затраты на ремонт и поддержание дорог в работоспособном состоянии [3, 4].

Практически все смесевые композиции, задействуемые в производстве строительных материалов, представляют собой структурированные дисперсные системы, которые относятся к классу упруговязкопластичных материалов. Знание реологических и иных характеристик исходных сырьевых смесей и возможность их варьирования в ходе переработки имеют большое значение, так как оптимальные показатели этих характеристик необходимы для успешной работы целевого композиционного материала [5]. Отсюда вытекает, что до сих пор остается актуальным вопрос об улучшении сцепления битумов с поверхностью минеральных материалов путем введения поверхностно-активных и адгезионных добавок, регулирующих указанные показатели в зависимости от исходных свойств как используемого вязущего, так и применяемых каменных материалов. Основная задача – снизить поверхностное натяжение на границе раздела битумное вязущее – щебенистый материал и, как следствие, повысить адгезию битума к минеральному материалу как основной, так и кислой природы.

Цели данного исследования – изучение воздействия адгезионных добавок «АМДОР-9», «АМДОР-10» и «АМДОР-20Т» на свойства окисленного дорожного битума до и после краткосрочного старения по методу RTFOT и апробирование для подтверждения пригодности использования в асфальтобетонном производстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В связи с изменившейся торгово-экономической ситуацией (введением с 2014 г. санкционных ограничений США и европейскими странами по отношению к РФ) огромное внимание в дорожной отрасли стало уделяться применению именно отечественных материалов, в том числе применяемых и для регулирования свойств битумов. При этом в нашей стране давно существуют химические продукты, выпускаемые с большой грузоподъемностью и пользующиеся спросом на дорожно-строительном рынке в течение значительного ряда лет. К таким товарным продуктам можно отнести адгезионные добавки марки «АМДОР».

Адгезионная добавка «АМДОР-9» – катионное поверхностно-активное вещество, обеспечивающее высокую степень сцепления дорожных битумов с различными по природе минеральными материалами, в том числе с гранитным щебнем и песком, обладающим повышенными кислотными свойствами. Эта однородная вязкая жидкость получается на основе известных химических реагентов, таких как полиаминоамиды и имидазолины. «АМДОР-9» практически нерастворим в воде, но растворим в ароматических углеводородах, керосине и ограниченно растворим в спиртах. Важным технологическим показателем также является его способность не расслаиваться при транспортировке и хранении. При введении «АМДОР-9» начальная температура битума не должна превышать 150 °С [6].

Присадка «АМДОР-10» – усовершенствованная версия «АМДОР-9»: ее отличает от предыдущей добавки меньшая вязкость и более низкая температура потери текучести (для

«АМДОР-10» такой температурой является -2°C , в то время как для «АМДОР-9» – $+15^{\circ}\text{C}$). Следовательно в случае использования «АМДОР-10», можно уменьшить температуру приготовления и укладки горячих асфальтобетонных смесей на $10-20^{\circ}\text{C}$ [7].

Важно отметить, что «АМДОР-10» характеризуется также улучшенными органолептическими свойствами. Эта добавка сохраняет их во время введения в битум при температуре до 160°C , а также увеличении до 72 ч времени сохранения активности добавки в ходе прогрева при указанной температуре [7]. Это объясняется модификацией состава «АМДОР-10», а также его большей технологичностью в сравнении с «АМДОР-9». Указанные обстоятельства приводят к тому, что увеличивается срок годности битумного вяжущего с ранее введенной добавкой, что в итоге положительно сказывается на качественных показателях асфальтобетонных смесей (табл. 1).

Таблица 1

Технические требования к адгезионным добавкам [2, 4, 5, 7]

Показатель	Марка адгезионной добавки		
	«АМДОР-9»	«АМДОР-10»	«АМДОР-20Т»
Внешний вид	Вязкая жидкость (цвет – от светло-желтого до темно-коричневого)		
Плотность при 20°C , г/см ³	0,93–0,99	0,93–0,99	1,25–1,3
Температура потери текучести, $^{\circ}\text{C}$	+15	–2	–5
Кислотное число, мг, не более	15	15	–
Массовая доля воды, %, не более	2	2	–
Максимальная температура битума при введении добавки, $^{\circ}\text{C}$	150	160	190
Сцепление с минеральным материалом битума, содержащего от 0,15 до 0,5 % добавки*	Не хуже контрольного образца № 2 по ГОСТ 11508. Не менее 4 баллов по ГОСТ 12801, п. 28	Не хуже контрольного образца № 2 по ГОСТ 11508. Не менее 4 баллов по ГОСТ 12801, п. 28	Не хуже контрольного образца № 2 по ГОСТ 11508 (до 0,4 % добавки). Не менее 4-х баллов по ГОСТ 12801, п. 28 (до 0,4 % добавки)

Примечание. * – количество добавки определяется природой минерального материала, качеством битума и составом асфальтобетонной смеси.

Адгезионная добавка «АМДОР-20Т» существенно отличается от «АМДОР-9» и «АМДОР-10». Она обеспечивает адгезию с каменными материалами не только кислого, но и основного характера. Это объясняется составом присадки: продукт базируется на органических эфирах фосфорной кислоты [8].

Дозировка адгезионной присадки «АМДОР-20Т» составляет от 0,1 до 0,4 % в зависимости от типа щебня и качества битума, тем самым обеспечивается степень покрытия поверхности щебня 90–100 %. Отметим, что «АМДОР-20Т» сохраняет текучесть до $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для достижения максимального эффекта от введения данной добавки, по данным изготовителя, необходимо интенсивное перемешивание с битумом в течение не менее 5 ч при температуре 140–180 $^{\circ}\text{C}$.

Проведенными ранее исследованиями установлено [9], что «АМДОР-20Т» не является поверхностно-активным веществом аминного типа. На спектре (рис. 1) видны фосфорорганические соединения (валентные колебания P=O-групп 1242 см^{-1}), а также водородные связи (комбинированная частота: валентные колебания катионов аммония (водородная связь) + связанная OH-группа 3230 см^{-1}). Отсутствие ярко выраженных пиков, соответствующих аминным и карбоксильным группам, позволяет заключить, что это поверхностно-активное вещество является неионогенным [9–11].

Присадка способствует равномерному диспергированию агломератов асфальтенов в объеме вяжущего, что замедляет старение битума [10], не имеет неприятного, аминного запаха и стабильна при высоких температурах.

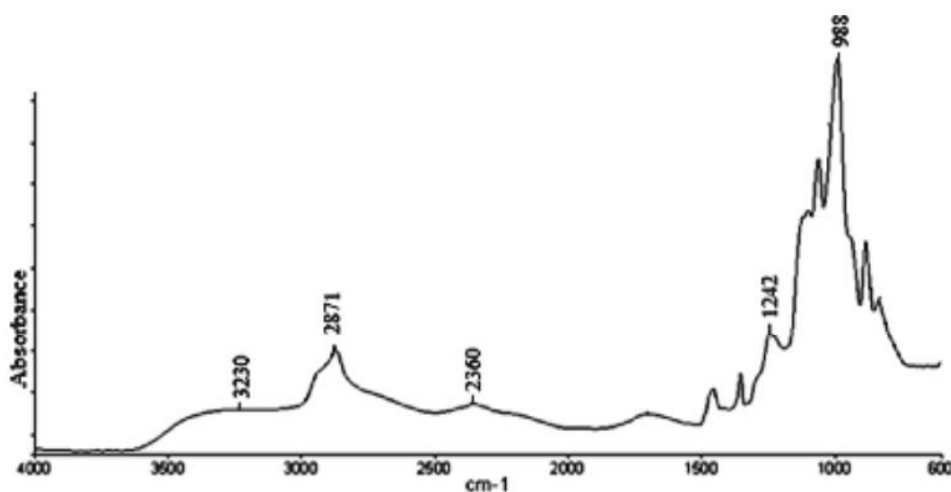


Рис. 1. ИК-спектр адгезионной добавки «АМДОР-20Т»

Недостатком некоторых типов добавок выступает потеря ими функциональных свойств при высоких температурах в процессе подготовки битума и получения асфальтобетонной смеси. В связи с этим ранее были проведены работы по оценке термостабильности ряда добавок [12, 13]. Для моделирования технологических условий проводилось стандартное испытание: выдерживание битума в тонком слое при температуре 163 $^{\circ}\text{C}$ в течение 5 ч. Согласно полученным данным, адгезионная добавка «АМДОР-20Т» сохраняла свойства в течение 15 сут. По токсикологическим свойствам адгезионная присадка «АМДОР-20Т» относится к умеренно токсичным веществам 3-го класса опасности (см. ГОСТ 12.1.007-76), является водорастворимым, био-разлагаемым соединением.

В качестве битумного вяжущего при проведении исследований был использован битум нефтяной дорожный вязкий БНД 70/100, произведенный на Рязанском нефтеперерабатывающем заводе (табл. 2).

Таблица 2

Физико-механические показатели примененного вяжущего

№ п/п	Наименование показателя	БНД 70/100	ГОСТ (методы испытаний)
1	Глубина проникания иглы, 0,1 мм, не менее, при 25 °С	71	11501
2	Глубина проникания иглы, 0,1 мм, не менее, при 0 °С	34	11501
3	Растяжимость, см, не менее, при 25 °С	92	11505
4	Растяжимость, см, не менее, при 0 °С	3,9	11505
5	Температура размягчения по кольцу и шару, °С, не ниже	48	11506
6	Температура хрупкости, °С	-17	11507
7	Температура вспышки, °С	266	4333
9	Изменение температуры размягчения после прогрева, °С, не более	4,6	18180, 11506

Процедура ввода в битум нефтяной дорожный адгезионных добавок в жидком виде не представляет особых сложностей. Она проводилась в течение 20–25 мин при температуре 140–150 °С. В качестве смесителя был взят лабораторный диспергатор IKA Ultra-Turrah T25 digital [14] с частотой вращения ротора не выше 600 об/мин (рис. 2).



Рис.2. Распределение компонентов в битумной смеси с помощью смесителя IKA Ultra-Turrah T25 digital

Изменение показателей вяжущих, полученных после введения трех марок адгезионных добавок, фиксировали традиционными методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате проведенных испытаний были получены зависимости изменения физико-механических свойств битумных вяжущих от типа адгезионной добавки, использованной в качестве модификатора (табл. 3).

Таблица 3

Физико-механические показатели битума,
модифицированного адгезионными добавками марки «АМДОР»

№ п/п	Наименование показателя	«АМДОР-9»	«АМДОР-10»	«АМДОР-20Т»
1	Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 25 °С	73	73	75
2	Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 25 °С после применения метода RTFOT	70	68	73
3	Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 0 °С	35	34	33
4	Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 0 °С после применения метода RTFOT	25	23	26
5	Температура размягчения по кольцу и шару, °С	48	48	49
6	Температура размягчения по кольцу и шару, °С, после применения метода RTFOT	51	51	50
7	Температура хрупкости, °С	-21,5	-22	-22,5
9	Температура хрупкости, °С, после применения метода RTFOT	-16,5	-17,5	-21,5
10	Изменение массы битума после применения метода RTFOT, %	0,130	0,155	0,115

Из представленных в табл. 3 данных видно, что в случае применения в составе битума «АМДОР-9» и «АМДОР-10» заметного варьирования значений у подавляющего большинства традиционных показателей не наблюдается, то есть фактические значения находятся в пределах ошибки, установленных для выбранного метода испытаний. Так, изменение глубины проникания иглы при 25 °С после краткосрочного старения, проведенного по методике RTFOT [15], при применении «АМДОР-9» составляет 3 мм, «АМДОР-10» – 5 мм. При 0 °С указанная разница равна 10 и 11 °С соответственно. Изменение температуры хрупкости после RTFOT-старения вяжущего также остаются в установленных пределах: 4,5 °С («АМДОР-9») и 5 °С («АМДОР-10»). Варьирование показателей в случае использования адгезионной добавки «АМДОР-20Т» несколько ниже. Изменение глубины проникания иглы после RTFOT-старения в случае с указанной добавкой составляет 2 °С (при 25 °С) и 7 °С (при 0 °С), а температуры хрупкости – всего 1 °С. При этом наблюдается некоторый рост абсолютных значений температуры

хрупкости вяжущего в ряду «АМДОР-9»/«АМДОР-10»/«АМДОР-20Т», а температура размягчения по кольцу и шару остается практически постоянной. В целом введение адгезионной добавки любой марки в рекомендованном производителем количестве (от 0,15 до 0,5 % для добавок «АМДОР-9» и «АМДОР-10» и от 0,15 до 0,4 % для добавки «АМДОР-20Т») не оказывает кардинального влияния на реологические и физико-механические показатели битумного вяжущего.

Отметим, что испытания асфальтобетонных смесей на реальных минеральных компонентах являются действительно объективным способом, определяющим необходимость использования той или иной адгезионной добавки. В данном случае рекомендуется изучить прочностные свойства смеси, ее водонасыщение, коэффициент длительной водостойкости, морозостойкость и т. д. [13].

Для оценки влияния адгезионных добавок на физико-механические свойства асфальтобетонных смесей нами был выбран мелкозернистый плотный асфальтобетон типа А, номер марки I (см. ГОСТ 9128-2013). Асфальтобетон для 2-й дорожно-климатической зоны был изготовлен на основе щебня гранитного фракции 10–15 мм в количестве 19,7 % и фракции 4–8 мм в количестве 32,7 % (производитель – акционерное общество «ЛСР. Базовые материалы»), песка из отсева дробления фракции 0–5 мм в количестве 36,1 %, минерального порошка в количестве 6,6 % (производитель – ООО «ГК ТЕРЕКС») и битума БНД 70/100 в количестве 5,3 % (производитель – ООО «Газпром-нефть – Битумные материалы»). Концентрации адгезионных добавок в асфальтобетоне не превышали 0,5 %. Результаты лабораторного определения показателей представлены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты определения физико-механических показателей асфальтобетона мелкозернистого плотного типа А (марка I)

№ п/п	Наименование показателя	Без добавок	«АМДОР-9»	«АМДОР-10»	«АМДОР-20Т»	Требования ГОСТа
1	2	3	4	5	6	7
1	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50 °С	1,0	1,2	1,2	1,3	Не менее 1,0
2	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 20 °С	3,2	3,2	3,3	3,4	Не менее 2,5
3	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 0 °С	8,5	8,6	8,7	8,8	Не более 11,0
4	Водостойкость	0,88	0,90	0,90	0,92	Не менее 0,90

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
5	Водостойкость при длительном водонасыщении	0,81	0,82	0,88	0,89	Не менее 0,85
6	Сдвигоустойчивость при 50°C по коэффициенту внутреннего трения, МПа	0,90	0,89	0,90	0,91	Не менее 0,87
7	Сцепление при сдвиге, МПа	0,26	0,28	0,28	0,30	Не менее 0,25
8	Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С и скорости деформирования 50 мм/мин, МПа	4,5	4,9	4,9	5,2	Не менее 3,5; не более 6,0
9	Пористость минеральной части, %	15,40	15,87	15,78	15,50	От 14 до 19,0
10	Остаточная пористость, %	2,67	3,02	2,98	2,71	От 2,5 до 5,0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были проанализированы результаты модификации битума нефтяного дорожного вязкого БНД 70/100 адгезионными добавками марки «АМДОР»; определены физико-механические показатели битумных вяжущих, полученных в ходе последовательного смешения битума нефтяного дорожного и трех марок добавок: «АМДОР-9», «АМДОР-10» и «АМДОР-20Т».

Наилучшие результаты для асфальтобетонной смеси типа А, марки I были достигнуты при использовании адгезионной добавки «АМДОР-20Т». Это проявилось в увеличении водостойкости асфальтобетона (на 4,6 %), водостойкости при длительном водонасыщении (на 9,8 %) и предела прочности при сжатии при температуре 50 °С (на 30 %) в сравнении с асфальтобетоном на вяжущем без добавки.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность научно-исследовательской части кафедры «Химия» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» за помощь в проведении ИК-спектроскопии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чистяков И.В. Разработка научных и технологических основ гидрологического обоснования проектных решений автомобильных дорог. Дисс. ... д-ра техн. наук. М. 2014. 242 с.
2. Донченко В.В., Баранов А.С., Немчинов Д.М., Поляков А.С. Городское планирование и транспортное поведение в Российской Федерации / под общ. ред. В.В. Донченко. М.: КнигИздат. 2022. 240 с.
3. Отраслевой дорожный методический документ. Руководство по применению поверхностно-активных веществ при устройстве асфальтобетонных покрытий (взамен ВСН 59-68): Распоряжение М-ва Рос. Федерации от 18.04.2003 № ОС-358-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200032167> (дата обращения: 26.07.2023).
4. Столяренко В.И., Ольшанский В.И. Физические методы модификации структуры и свойств полимерных композиционных материалов на основе стеклоткани // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2022. № 2 (14). С. 74–85. DOI: 10.46573/2658-7459-2022-2-74-85.
5. Белов В.В. Регулирование реологических свойств трехфазных дисперсных систем, применяемых для производства строительных материалов // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2021. № 3 (11). С. 73–78. DOI: 10.46573/2658-7459-2021-73-78.
6. Добавка адгезионная дорожная «АМДОР-9» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://amdor.ru/produkcija/adgezionnye-dobavki/dobavka-adgezionnaya-dorozhnaya-amdor-9/> (дата обращения: 27.07.2023).
7. Добавка адгезионная дорожная «АМДОР-10» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://amdor.ru/produkcija/adgezionnye-dobavki/dobavka-adgezionnaya-dorozhnaya-amdor-10/> (дата обращения: 28.07.2023).
8. Добавка адгезионная дорожная «АМДОР-20Т» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://amdor.ru/produkcija/adgezionnye-dobavki/dobavka-adgezionnaya-dorozhnaya-amdor-20t/> (дата обращения: 28.07.2023).
9. Аюпов Д.А., Потапова Л.И., Казакулов Р.И., Хакимуллин Ю.Н. Исследование составов дорожных поверхностно-активных веществ // *Известия КГАСУ*. 2018. № 3 (45). С. 178–188.
10. Методические рекомендации по применению адгезионных присадок «АМДОР». СПб. 2012. 8 с. URL: <http://амдор-юг.рф/2016/06/07/методические-рекомендации-по-примен/> (дата обращения: 28.07.2023).
11. Cesare O., Teltayev B., Angelico R. Adhesion promoters in bituminous road materials: a review // *Applied Sciences*. 2017. Vol. 7. № 5. Pp. 524–534.
12. Соломенцев А.Б., Мосюра Л.С., Анахин Н.Ю., Грошев Н.Г. Исследование физико-механических свойств асфальтовяжущего с адгезионными добавками // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017. № 1–4 (55). С. 124–127.
13. Дементьев Н.В., Сандлер Э.А., Черемисинов С.Д. Круглый стол: Адгезионные добавки // *Мир Дорог*. 2019. № 117. С. 50–52.
14. ИКА Диспергаторы. Т 25 digital ULTRA-TURRAX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ika.com/ru/Products-LabEq/Dispersers-pg177/T-25-digital-ULTRA-TURRAX-3725000/> (дата обращения: 11.05.2023).

15. ГОСТ 33140-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT). М.: Стандартинформ. 2015. 10 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

БОКОВА Мария Евгеньевна – бакалавр кафедры «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты», Институт пути, строительства и сооружений ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», 127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, д. 9.

ДАНИЛОВ Дмитрий Вячеславович – начальник лаборатории ПК асфальтобетонного завода «Курьяново», ГБУ «Автомобильные дороги», 123154, Россия, Москва, ул. Народного Ополчения, д. 31.

ДУЖИЙ Павел Александрович – студент бакалавриата кафедры «Химия и технология переработки эластомеров им. Ф.Ф. Кошелева», Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», 119454, Россия, г. Москва, пр-т Вернадского, д. 78.

НЕБРАТЕНКО Дмитрий Юрьевич – кандидат химических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты», ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», 127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, д. 9; доцент кафедры «Химия и технология переработки эластомеров им. Ф.Ф. Кошелева», ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», 119454, Россия, г. Москва, пр-т Вернадского, д. 78. E-mail: nebratenko@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Бокова М.Е., Данилов Д.В, Дужий П.А., Небратенко Д.Ю. Особенности использования адгезионных добавок для модификации битумных вяжущих // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2023. № 2 (18). С. 73–84.

FEATURES OF THE USE OF ADHESIVE ADDITIVES «AMDOR» FOR THE MODIFICATION OF BITUMEN BINDERS

M.E. Bokova¹, D.V. Danilov², P.A. Duzhiy³, D.Yu. Nebratenko^{1,3}

¹*Russian University of Transport (Moscow)*

²*Asphalt Concrete Plant «Kuryanovo» (Moscow)*

³*MIREA – Russian Technological University (Moscow)*

Abstract. It is indicated that one of the reasons for the formation of defects in the upper layers of the pavement may be their insufficient water and frost resistance. It is noted that this disadvantage is due to the poor adhesion of the bitumen binder to stone materials and most often adhesive additives are used to solve this problem, affecting the surface interaction of the binder with a solid substrate at the micro level. The influence of several additives of the AMDOR trademark on the properties of bitumen binders is considered. It is concluded that the results obtained reflect the effect of the selected adhesive additives on the physical properties of the modified binder immediately after modification, as well as after the short-term aging process by RTFOT.

Keywords: adhesive additives, «AMDOR-9», «AMDOR-10», «AMDOR-20T», polymer-bitumen binders.

REFERENCES

1. Chistyakov I.V. Development of scientific and technological bases of hydrological substantiation of design solutions of highways. Diss... d-ra technical sciences. Moscow. 2014. 242 p. (In Russian).
2. Donchenko V.V., Baranov A.S., Nemchinov D.M., Polyakov A.S. Gorodskoe planirovanie i transportnoe povedenie v Rossijskoj Federacii [Urban planning and transport behavior in the Russian Federation] / under the gen. ed. V.V. Donchenko. M.: KnigIzdat. 2022. 240 p.
3. Otrasleyoy dorognyi metodicheskii document. Rukovodstvo po primeneniyu poverhnostno-aktivnyh veschestv pri ustroistve asfaltobetonnyh pokrytiy (vzamen VSN 59-69): Rasporjajeniye M-va Ros. Federazii ot 18.04.2003 No OC-358-p [Industry road methodological document. Guidelines for the use of surfactants in the construction of asphalt concrete coatings (instead of VSN 59-68): Order of M-ry of Transport of the Rus. Federation No. OC-358-p [Electronic resource]. – Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/1200032167> (date of access: 26.07.2023). (In Russian).
4. Stolyarenko V.I., Olshansky V.I. Physical methods of modification of the structure and properties of polymer composite materials based on fiberglass. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Stroitel'stvo. Elektrotekhnika i himicheskie tekhnologii»*. 2022. No. 2 (14), pp. 74–85. DOI: 10.46573/2658-7459-2022-2-74-85 (In Russian).
5. Belov V.V. Regulation of rheological properties of three-phase dispersed systems used for the production of building materials. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Stroitel'stvo. Elektrotekhnika i himicheskie tekhnologii»*. 2021. No. 3 (11), pp. 73–78. DOI: 10.46573/2658-7459-2021-73-78. (In Russian).
6. Adhesive road additive «AMDOR-9» [Electronic resource]. – Access mode: <https://amdor.ru/produkcija/adgezionnye-dobavki/dobavka-adgezionnaya-dorozhnaya-amdor-9/> (date of access: 27.07.2023). (In Russian).
7. Adhesive road additive «AMDOR-10» [Electronic resource]. – Access mode: <https://amdor.ru/produkcija/adgezionnye-dobavki/dobavka-adgezionnaya-dorozhnaya-amdor-10/> (date of access: 28.07.2023). (In Russian).
8. Adhesive road additive «AMDOR-20T» [Electronic resource]. – Access mode: <https://amdor.ru/produkcija/adgezionnye-dobavki/dobavka-adgezionnaya-dorozhnaya-amdor-20t/> (date of access: 28.07.2023). (In Russian).
9. Ayupov D.A., Potapova L.I., Kazakkulov R.I., Khakimullin Yu.N. Investigation of compositions of road surfactants. *Izvestiya KGASU*. 2018. No. 3 (45), pp. 178–188. (In Russian).
10. Metodicheskie rekomendazii po primeneniyu adgesionnyh prisadok «AMDOR» [Methodological recommendations for the use of adhesive additives «AMDOR»]. St.-Petersburg. 2012. 8 p. URL: <http://амдор-юг.рф/2016/06/07/методические-рекомендации-по-примен/> (date of access: 28.07.2023).
11. Cesare O., Teltayev B., Angelico R. Adhesion promoters in bituminous road materials: a review. *Applied Sciences*. 2017. Vol. 7. No. 5, pp. 524–534.

12. Solomentsev A.B., Misyura L.S., Anokhin N.Yu., Groshev N.G. Investigation of physical and mechanical properties of asphalt binder with adhesive additives. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2017. No. 1–4 (55), pp. 124–127. (In Russian).
13. Dementiev H.V., Sandler E.A., Cheremisinov S.D. Round table: Adhesive additives. *Mir Dorog*. 2019. No. 117, pp. 50–52. (In Russian).
14. IKA Dispersants. T 25 digital ULTRA-TURRAX. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.ika.com/ru/Products-LabEq/Dispersers-pg177/T-25-digital-ULTRA-TURRAX-3725000/> (date of access: 11.05.2023). (In Russian).
15. GOST 33140-2014. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Bitумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT) [STAST 33140-2014. Public roads. Bitumen oil road viscous. Method for determining aging under the influence of high temperature and air (method RTFOT)]. Moscow: Standartinform. 2015. 10 p. (In Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

BOKOVA Maria Evgenievna – Bachelor of the Department of Highways, Airfields, Foundations and Foundations, Institute of Roads, Construction and Structures of Russian University of Transport, 9, Obraztsova str., Moscow, 127994, Russia.

DANILOV Dmitry Vyacheslavovich – Head of the Laboratory of the Asphalt Concrete Plant «Kuryanovo», SBI «Highways», Narodnaya opolcheniya str., 31, Moscow, 123154, Russia.

DUZHIY Pavel Alexandrovich – Bachelor's Student of the Department of Chemistry and Technology of Processing Elastomers named after F.F. Koshelev, Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies of MIREA – Russian Technological University, 78, Vernadsky ave., Moscow, 119454, Russia.

NEBRATENKO Dmitry Yuryevich – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Highways, Airfields, Foundations and Foundations of the Russian University of Transport, 9, Obraztsova str., Moscow, 127994, Russia; Associate Professor of the Department Chemistry and Technology of Elastomer Processing named after F.F. Koshelev, MIREA – Russian Technological University, 78, Vernadsky ave., Moscow, 119454, Russia. E-mail: nebratenko@mail.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Bokova M.E., Danilov D.V., Duzhiy P.A., Nebratenko D.Yu. Features of the use of adhesive additives for the modification of bitumen binders // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2023. No. 2 (18). pp. 73–84.