

Влияние поверхностно-активных веществ на низкотемпературные свойства дорожного битума

Н.С. Миронов, С.А. Чернов

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Рассматривается влияние поверхностно-активных веществ, в частности, адгезионных и восстанавливающих добавок, на низкотемпературные и реологические свойства дорожного битума. Произведены испытания низкотемпературных свойств дорожного битума с и без применения соответствующих добавок с последующим сравнением результатов. Также с целью оценки влияния вышеуказанных поверхностно-активных веществ на способность дорожного битума сохранять свои свойства, с течением времени был проведён сравнительный анализ образцов битума, подвергнутых процессу старения. В целом, результаты этого исследования свидетельствуют о том, что применение поверхностно-активных веществ может привести к повышению долговечности дорожных битумов, даже при низких температурах.

Ключевые слова: битум, поверхностно-активное вещество, добавка, низкотемпературное свойство, долговечность, автомобильная дорога, асфальтобетон, реология, процесс старения, испытание.

Качество и долговечность асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог зависит от многих факторов, в том числе, и от качества применяемых исходных дорожно-строительных материалов. Одним из важных компонентов асфальтобетонной смеси является битум.

К сожалению, качество битума в большинстве случаев не позволяет обеспечить требуемые эксплуатационные показатели асфальтобетона с учётом климатических условий его применения [1]. Одним из основных недостатков остаточных битумов являются их низкотемпературные свойства. Их несоответствие климатическим условиям эксплуатации могут привести к появлению низкотемпературных трещин и снижению упругости слоёв дорожного покрытия [2].

Одним из способов улучшения низкотемпературных свойств дорожных битумов является добавление поверхностно-активных веществ, которые широко применяются при решении различных задач: адгезионные и восстанавливающие добавки, латексы, и т.д.

Основной целью применения поверхностно-активных веществ при приготовлении асфальтобетонных смесей является их влияние на реологические свойства битума. Изменяя реологию дорожных битумов, поверхностно-активные вещества могут улучшить его низкотемпературные свойства и поддерживать требуемую вязкость при низких температурах, и тем самым обеспечить продление строительного сезона без потери качества.

Положительное воздействие поверхностно-активных веществ на битум обусловлено их способностью проникать в битумную матрицу и образовывать сеть межмолекулярных взаимодействий, которая улучшает его свойства [3].

С целью оценки влияния различных добавок на низкотемпературные свойства битума были выполнены экспериментальные исследования, результаты которого представлены в статье ниже.

Для анализа были выбраны следующие добавки:

- адгезионная добавка АМДОР-10;
- адгезионная добавка ДАД-1 марки А;
- восстанавливающая добавка АМДОР-ВД марки Б;
- восстанавливающая добавка Ревобит.

Технические характеристики применяемых адгезионных добавок [4, 5] представлены в таблице 1.

Таблица № 1

Технические характеристики АМДОР-10 и ДАД-1 марки А

Наименование добавки	АМДОР-10	ДАД-1 марки А
1	2	3
Внешний вид, цвет	Вязкая жидкость от светло-коричневого до темно-коричневого цвета	Вязко-текучая жидкость от светло-жёлтого до темно-коричневого цвета
Массовая доля воды, %, не более	2	0,5

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Сцепление вяжущего с минеральной частью смеси по ГОСТ Р 58406.2, баллов, не менее	4	4
Дозировка от массы вяжущего, %	0,15-0,5	0,4-0,8

Технические характеристики применяемых восстанавливающих добавок [6, 7] представлены в таблице 2.

Таблица № 2

Технические характеристики АМДОР-ВД марки Б и Ревобит

Наименование добавки	АМДОР-ВД марки Б	Ревобит
Внешний вид, цвет	Вязкая жидкость от светло-коричневого до темно-коричневого цвета	Жидкость от жёлтого до коричневого цвета
Сцепление вяжущего с минеральной частью смеси по ГОСТ Р 58406.2, баллов, не менее	4	4
Плотность при 20 °С, г/см ³	от 0,930 до 0,990	0,920-0,950
Дозировка, % от массы вяжущего в грануляте старого асфальтобетона	определяется количеством используемого ФАБ	от 4 до 6 % от массы битума в грануляте старого асфальтобетона

Выбор данных добавок основан на таких критериях, как их доступность, экономическая эффективность и совместимость с вяжущим.

Для проведения испытаний была выбрана марка дорожного битума БНД 70/100 (согласно ГОСТ 33133-2014). Данная марка была выбрана в силу её широкого применения в дорожном строительстве на территории Российской Федерации. Благодаря тому, что марка БНД 70/100 может

применяться в нескольких дорожно-климатических зонах, результаты испытаний могут быть использованы для принятия обоснованных решений об эффективности влияния поверхностно-активных веществ и их большему применению в дорожном строительстве.

Для определения влияния поверхностно-активных веществ на свойства битума пробы с и без добавок были подвергнуты следующим испытаниям:

- определение глубины проникания иглы (пенетрация при 0°C) – ГОСТ 33136-2014;
- определение температуры хрупкости по Фраасу – ГОСТ 33143-2014;
- определение комплексного модуля сдвига и фазового угла на приборе DSR – ГОСТ 58400.10-2019;
- определение температуры растрескивания при помощи устройства ABCD – ГОСТ 58400.11-2019.

Определение пенетрации дорожного битума при 0°C является стандартным методом испытаний, который используется для оценки вязкости вяжущего при низких температурах. Измерение температуры хрупкости позволяет определить отрицательную температуру, при которой образец битума трескается или разрушается.

Одними из относительно новых методов испытаний вяжущих являются испытания на приборах DSR и ABCD. Устройство DSR измеряет механические свойства вяжущего при контролируемом напряжении сдвига и температурных условиях, предоставляя ценную информацию о его вязкоупругом поведении и низкотемпературных характеристиках [8]. В свою очередь, методика испытаний с применением прибора ABCD позволяет определить потенциал низкотемпературного растрескивания битумного вяжущего [9].

Для каждого испытания было подготовлено несколько проб битума с применением оптимального количества поверхностно-активных веществ.

Кроме этого, были проведены испытания применяемого битума марки БНД 70/100.

Стоит также отметить, что сравнение результатов проводилось по типу добавок, так как сопоставление результатов адгезионных и восстанавливающих добавок было бы не совсем точным и корректным. Причиной этому служит то, что эффект воздействия восстанавливающей добавки проверяется на заранее состаренном битуме, чтобы оценить, насколько его свойства вернулись к первоначальным показателям.

Адгезионные же добавки, как правило, вводятся в полностью новый битум, поэтому сопоставлять полученные результаты низкотемпературных свойств с применением различных добавок будет некорректным в силу различия исходных данных.

Как правило, старение битума осуществляется по совокупности двух методов: RTFOT + PAV [10] (таблица 3). Первый моделирует изменения, происходящие с битумом во время производства, транспортировки и укладки асфальтобетонной смеси, а второй моделирует изменения, происходящие с ним в составе асфальтобетона в процессе эксплуатации.

Таблица № 3

Сравнение методов состаривания битума

Наименование показателя	БНД 70/100 (до состари- вания)	БНД 70/100 после 2хRTFOT	БНД 70/100 после RTFOT + PAV
Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1мм	67	38	36
Динамическая вязкость при 60°C, Па·с	470	4120	2700
Растяжимость при 25°C, см	155	22,50	12
Температура размягчения, °C	52,31	63,12	67,74

Результаты испытаний дорожного битума марки БНД 70/100, часть образцов которого была изготовлена с добавлением адгезионных добавок,

другая часть – с восстанавливающими добавками, представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица № 4

Результаты испытаний с различными адгезионными добавками

Наименование показателя	Требования ГОСТ 33133-2014	БНД 70/100 без добавок	БНД 70/100 + 0,35% АМДОР-10	БНД 70/100 + 0,60% ДАД-1 марки А
Глубина проникания иглы, при 0°C, 0,1 мм, не менее	21	23	25	24
Температура хрупкости после старения, °C, не выше	-15	-18	-20	-19
Угол фазового сдвига, ° (DSR) при -10°C	-	21,2	23,4	22,6
Температура растрескивания образцов, °C (ABCD)	-	-19,5	-23,4	-21,6

Таблица № 5

Результаты испытаний с различными восстанавливающими добавками

Наименование показателя	Требования ГОСТ 33133-2014	БНД 70/100 после 2хRTFO Т без добавок	БНД 70/100 после 2хRTFOT + 5% АМДОР-ВД марки Б	БНД 70/100 после 2хRTFOT + 5% Ревобит
Глубина проникания иглы, при 0°C, 0,1 мм, не менее	21	14	23	22
Температура хрупкости после старения, °C, не выше	-15	-10	-19	-18
Угол фазового сдвига, ° (DSR) при -10°C	-	21,2	29,8	27,5
Температура растрескивания образцов, °C (ABCD)	-	-11,5	-23,1	-21,3

После проведения испытаний на низкотемпературные свойства образцы битумов были подвергнуты старению по методу 2хRTFOT для оценки влияния поверхностно-активных веществ на реологические свойства битумов. Результаты этого сравнительного анализа позволили получить информацию о том, как различные поверхностно-активные вещества влияют на старение и состояние дорожного битума.

Сравнительный анализ результатов позволил установить, что восстанавливающие и адгезионные поверхностно-активные вещества позволили замедлить процесс старения дорожного битума, т.е. их применение положительно сказалось на его реологических свойствах.

Сдерживание процесса старения определялось на основании индекса старения битума:

$$I_c = \frac{V_c}{V_n}, \quad 1)$$

где: I_c – индекс старения;

V_c – вязкость состаренного битума после 2хRTFOT (таблица 6);

V_n – вязкость первичного битума (таблица 6).

Таблица № 6

Сравнительные результаты определения вязкости битума до и после старения по методу 2хRTFOT

Наименование показателя	БНД 70/100 без добавок	БНД 70/100 + 5% АМДОР-ВД марки Б	БНД 70/100 + 5% Ревобит	БНД 70/100 + 0,35% АМДОР -10	БНД 70/100 + 0,60% ДАД-1 марки А
1	2	3	4	5	6
Глубина проникания иглы, при 0°С, 0,1 мм, не менее	23	23	22	25	24

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
	После 2хRTFOT				
Глубина проникания иглы, при 0°С, 0,1, не менее	14	19,50	17	17,50	16
Индекс старения	0,61	0,85	0,77	0,70	0,67

Индекс старения дорожного битума (рисунок 1) - это показатель того, как свойства битума изменяются с течением времени, особенно под влиянием факторов окружающей среды, таких, как температура, влажность и воздействие ультрафиолета.

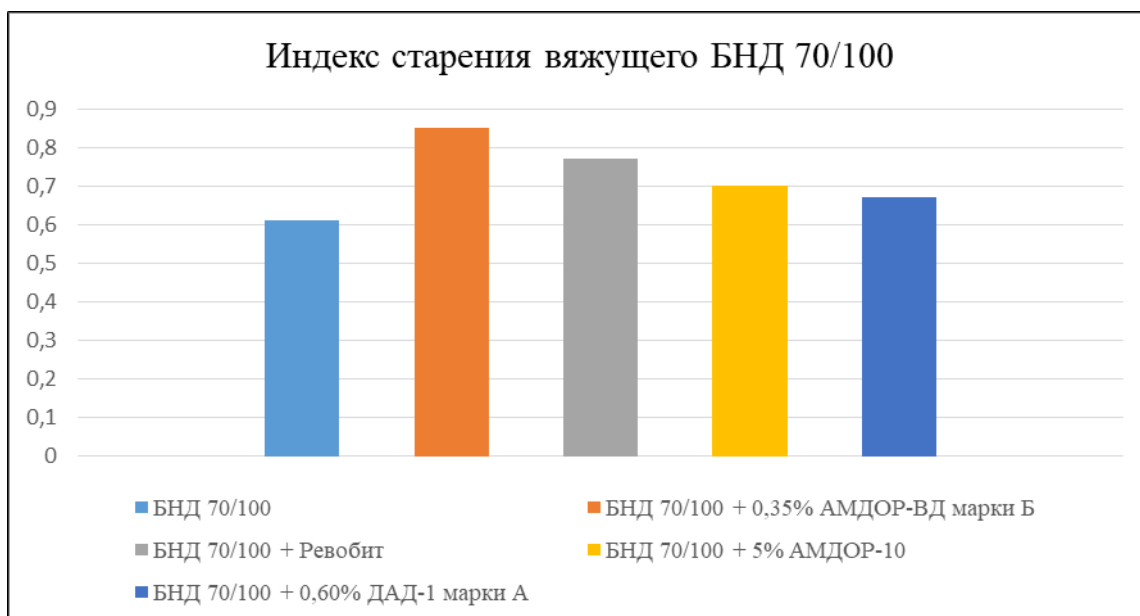


Рис. 1. - Индекс старения вяжущего БНД70/100.

Основываясь на индексе старения, можно сделать вывод, что добавление восстанавливающих ПАВ к дорожному битуму оказывает положительное влияние на долговечность и эксплуатационные характеристики вяжущего за счёт замедления процессов старения.

В частности, установлено, что использование рассматриваемых адгезионных ПАВ улучшает низкотемпературные свойства вяжущего, замедляя процесс старения и повышая его адгезию к каменному материалу, используемому в дорожном строительстве. Улучшенное сцепление помогает

сохранять структурную целостность дороги с течением времени, даже в суровых погодных условиях, и может продлить срок службы дороги.

Применение рассматриваемых поверхностно-активных веществ смягчает негативное воздействие процесса старения на физико-механические характеристики дорожного битума в условиях низких температур. Введение в битум данных веществ повышает показатели его низкотемпературных свойств, что позволяет сделать вывод о том, что стойкость битумов к образованию низкотемпературных трещин повышается. Это очень положительный результат, поскольку помогает поддерживать структурную целостность слоёв асфальтобетона даже в суровых погодных условиях и продлить срок их службы.

Однако важно соблюдать осторожность при добавлении поверхностно-активных веществ в дорожный битум. Это связано с тем, что различные ПАВ имеют свой собственный уникальный химический состав и могут оказывать различное воздействие на разные марки дорожных битумов. Качество взаимодействия модифицированного битума с каменным материалом в асфальтобетонных смесях также является критическим фактором, поскольку он может оказать значительное влияние на физико-механические характеристики асфальтобетона.

Другими словами, выбор поверхностно-активного вещества и способ его добавления в битум должны быть тщательно продуманы, чтобы гарантировать достижение желаемого результата. Это требует всестороннего понимания химического состава поверхностно-активного вещества, свойств битума и взаимодействия между модифицированным битумом и каменным материалом.

Литература

1. Халиулина Лилия Эльверовна Долговечность асфальтобетонных покрытий // Научный журнал. 2018. №6 (29). URL: cyberleninka.ru/article/n/dolgovechnost-asfaltobetonnyh-pokrytiy (дата обращения: 15.01.2023).
2. Телтаев Б.Б., Измаилова Г.Г., Амирбаев Е.Д. Низкотемпературные характеристики битумополимерных вяжущих при циклических замораживании и оттаиваниях // Вестник ХНАДУ. 2017. №79. URL: cyberleninka.ru/article/n/nizkotemperaturnye-harakteristiki-bitumopolimernyh-vyazhuschih-pri-tsiklicheskih-zamorazhivaniyah-i-ottaivaniyah (дата обращения: 15.01.2023).
3. Годжаев Э.М., Мамедов Э.А., Мусаев Т.П., Алиева А.Ш. Влияние полимеров и поверхностно-активных веществ на свойства вязких дорожных битумов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. №9-1. URL: cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-polimerov-i-poverhnostno-aktivnyh-veschestv-na-svoystva-vyazkih-dorozhnyh-bitumov (дата обращения: 17.01.2023).
4. Добавка адгезионная дорожная «АМДОР-10» URL: amdor.ru/produkcija/adgezionnye-dobavki/dobavka-adgezionnaya-dorozhnaya-amdor-10/ (дата обращения: 19.01.2023).
5. Адгезионные добавки амфотерного типа «ДАД-1» URL: npfselena.ru/additions/adhesive-additives/amphoterich_type_dad-1/ (дата обращения: 19.01.2023).
6. Восстанавливающие добавки «АМДОР-ВД» URL: amdor.ru/produkcija/vosstanavlivayuywie-dobavki-amdor-vd/ (дата обращения: 19.01.2023).
7. Для восстановления свойств асфальтогранулята (RAP) «Ревобит» URL: npfselena.ru/additions/to-restore-aged-bitumen/ (дата обращения: 20.01.2023).

8. Хамад Р.А. Технические требования и методы испытания битумных вяжущих по программе SHRP // Вестник ХНАДУ. 2017. №79. URL: cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskie-trebovaniya-i-metody-ispytaniya-bitumnyh-vyazhuschih-po-programme-shrp (дата обращения: 17.01.2023).

9. Небратенко Д.Ю. ABCD – метод оценки низкотемпературного поведения дорожных вяжущих // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2022. №1 (39). URL: cyberleninka.ru/article/n/abcd-metod-otsenki-nizkotemperaturnogo-povedeniya-dorozhnyh-vyazhuschih (дата обращения: 17.01.2023).

10. Рыбачук Никита Андреевич Старение битумного вяжущего // Вестник ИрГТУ. 2015. №2 (97). URL: cyberleninka.ru/article/n/starenie-bitumnogo-vyazhuschego (дата обращения: 17.01.2023).

References

1. Haliulina Liliya Jel'verovna Nauchnyj zhurnal. 2018. №6 (29). URL: cyberleninka.ru/article/n/dolgovechnost-asfaltobetonnyh-pokrytij (date accessed: 15.01.2023).

2. Teltaev B.B., Izmailova G.G., Amirbaev E.D. Vestnik HNADU. 2017. №79. URL: cyberleninka.ru/article/n/nizkotemperaturnye-harakteristiki-bitumopolimernyh-vyazhuschih-pri-tsiklicheskih-zamorazhivaniyah-i-ottaivaniyah (date accessed: 15.01.2023).

3. Godzhaev Je.M., Mamedov Je.A., Musaev T.P., Alieva A.Sh. Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2017. №9-1. URL: cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-polimerov-i-poverhnostno-aktivnyh-veschestv-na-svoystva-vyazkih-dorozhnyh-bitumov (date accessed: 17.01.2023).

4. Dobavka adgezionnaja dorozhnaja «AMDOR-10» [Road adhesive additive «AMDOR-10»] URL: amdor.ru/produkcija/adgezionnye-dobavki/dobavka-adgezionnaya-dorozhnaya-amdor-10/ (date accessed: 19.01.2023).



5. Adgezionnye dobavki amfoternogo tipa «DAD-1» [Adhesive additives of the amphoteric type «DAD-1»] URL: npfselena.ru/additions/adhesive-additivies/amphoterich_type_dad-1/ (date accessed: 19.01.2023).

6. Vosstanavlivajushhie dobavki «AMDOR-VD» [Restoring additives «AMDOR-VD»] URL: amdor.ru/produkcija/vosstanavlivayuwie-dobavki-amdor-vd/vosstanavlivayuwie-dobavki-amdor-vd/ (date accessed: 19.01.2023).

7. Dlja vosstanovlenija svojstv asfal'togranuljata (RAP) «Revobit» [To restore the properties of asphalt granulate (RAP) «Revobit»] URL: npfselena.ru/additions/to-restore-aged-bitumen/ (date accessed: 20.01.2023).

8. Hamad R.A. Vestnik HNADU. 2017. №79. URL: cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskie-trebovaniya-i-metody-ispytaniya-bitumnyh-vyazhuschih-programme-shrp (date accessed: 17.01.2023).

9. Nebratenko D.Ju Inzhenerno-stroitel'nyj vestnik Prikaspija. 2022. №1 (39). URL: cyberleninka.ru/article/n/abcd-metod-otsenki-nizkotemperaturnogo-povedeniya-dorozhnyh-vyazhuschih (date accessed: 17.01.2023).

10. Rybachuk Nikita Andreevich Vestnik IrGTU. 2015. №2 (97). URL: cyberleninka.ru/article/n/starenie-bitumnogo-vyazhuschego (date accessed: 17.01.2023).