

DOI: 10.12737/24131

Шеховцова С.Ю., асс.,
Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.,
Холопов В.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ТЕПЛОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

Rusina.svetlan@yandex.ru

В работе рассмотрены различные технологии приготовления современных теплых асфальтобетонов (ТАБ). Подробно изучено влияние ряда химических добавок российского и зарубежного производства, представленных на российском рынке и используемых для приготовления ТАБ. Установлен принцип действия химических добавок, в соответствии с которым предложено разделение, изучено их влияние на физико-механические и технологические свойства битума и асфальтобетонов, приготовленных с их использованием.

Ключевые слова: *теплый асфальтобетон, разжижители, модификаторы, физико-механические свойства, динамическая вязкость*

Введение. Технологии теплового асфальтобетона, основанные на изначально более низкой температуре приготовления, дают множество преимуществ при устройстве дорожных покрытий с их использованием, начиная от экологического аспекта и заканчивая экономическим. Современная технология получения теплых асфальтобетонов основывается на применении физических и химических процессов, снижающих вязкость или изменяющих реологию битума.

Различают несколько возможных вариантов получения теплых асфальтобетонных смесей: вспенивание битума (вспенивающие добавки (цеолиты) или системы механического вспенивания); органические пластифицирующие добавки, содержащие воск и/или парафин; химические добавки (поверхностно-активные вещества (ПАВ)), комбинированные технологии, включающие в себя одновременное использование нескольких из перечисленных выше методов [1–8].

Вспенивающие технологии, где в качестве добавки к битуму выступает вода, считаются наиболее экономически эффективными. Но они связаны с высокими первоначальными затратами на оборудование, ограничены нижним порогом температурного режима работ, что обусловлено температурой конденсации водяного пара. Также возможен обратный переход пара в воду и попадание остаточной влаги в укладываемый асфальтобетон, что будет способствовать разрушению дорожного покрытия [1, 2].

Использование органических добавок или восков приводит к снижению температуры плавления битумов, что позволяет производить смеси при более низких температурах. Однако, использование воска в составе битума, снижает трещиностойкость, как вяжущего, так и асфаль-

тобетона, и может быть не таким эффективным [3].

Остановимся и рассмотрим более подробно действие химических добавок на процессы получения теплых асфальтобетонных смесей.

Химические добавки при введении в битум изменяют структуру вяжущего, что позволяет снизить температуру производства и укладки асфальтобетонной смеси примерно на 40–60 °С. Также они обеспечивают вытеснение влаги с границы раздела фаз «битум - каменный материал», что снижает риски при наличии остаточной влаги во вспененных низкотемпературных смесях [4, 5].

Использование химических добавок не требует дополнительных затрат на модернизацию оборудования и, как правило, добавки смешиваются с битумом в резервуарах смесительной установки, или вводятся посредством уже имеющегося автоматического оборудования для ввода обычных адгезионных добавок.

Основная часть. Ограниченность информации и динамично развивающийся отечественный рынок химических добавок требует постоянной их апробации в лабораторных и промышленных условиях для выявления наиболее экономичных и эффективных. Представленная работа посвящена оценке влияния различных добавок зарубежного и российского производства на свойства вязкого дорожного битума (БНД 60/90 Московского НПЗ) и асфальтобетонов, приготовленных с их использованием.

На отечественном рынке химических добавок для производства теплых асфальтобетонных смесей наиболее распространенными являются: Адгезол 3-ТД (ООО «Базис»), Азол 1007 (Котласский хим. завод), Сесабаз RT 945, Сесабаз RT Bio (Arkema), ДАД-ТА и ДАД-ТА2 (ООО «Селена»), Дорос-Т (ООО «Дорос»), Амдор ТС-

1 (ООО «Уралхимпласт-Амдор»), Evotherm 3G (MeadWestvaco INC), Rediset LQ (AkzoNobel). Их эффективность определяется способностью обеспечивать технологичность асфальтобетонной смеси при уплотнении при более низких температурах (в ряде случаев до 80 °С), увеличивать пластичность вяжущего, с сохранением физико-механических свойств асфальтобетонов.

По принципу действия добавки условно разделяются на: разжижители и модификаторы (рисунок 1). Разжижающие добавки снижают начальную вязкость битума и увеличивают ско-

рость ориентации молекул, что связано с увеличением дисперсной среды в объеме вяжущего. Тогда как модифицирующие добавки должны не значительно влиять на начальную вязкость битума, но способствовать увеличению скорости ориентации молекул ПАВ и вяжущего при меньшей сдвиговой нагрузке, что обеспечивает лучшее уплотнение асфальтобетона в покрытии при более низких температурах. При этом не будет происходить уменьшение толщины пленок битума на зернах минерального материала в отличие от разжижающих добавок.

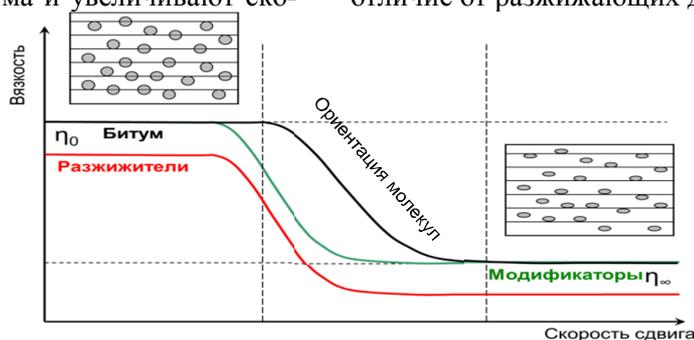


Рис. 1. Кривая вязкости вяжущих для теплых асфальтобетонов

Основным параметром, характеризующим технологичность теплой асфальтобетонной смеси при пониженных температурах, является ее способность с минимальными усилиями достигать необходимой плотности в процессе уплотнения. Максимально смоделировать процесс уплотнения асфальтобетонных смесей в покрытии в лабораторных условиях позволяет методика уплотнения образцов асфальтобетонной смеси (АБС) с применением прибора вращательно-гиратационного (гиратационного) уплотнения, которое достигается за счет сочетания усилия сдвига при вра-

щении и вертикальной результирующей силы. Прибор (Laboratory gyratory compactor Cooper CRT-GYR) фиксирует количество вращений (оборотов), необходимых для достижения заданной плотности асфальтобетона.

В исследованиях было принято: асфальтобетон типа Б, с заданной плотностью – 2380 кг/м³, расход добавки, в соответствии с рекомендациями производителей. Уплотнение смесей с различными температуропонижающими добавками производили при температуре 110 °С, таблица 1.

Таблица 1

Влияние различных добавок на гиратационное уплотнение АБС

Наименование добавки	Расход добавки, % от массы битума	Температура уплотнения	Количество оборотов вращательного уплотнителя
АБС на БНД 60/90 без добавки	-	150°С	53
АБС на БНД 60/90 без добавки	-	110 °С	110
АБС + Адгезол 3-ТД	1,0	110 °С	65
АБС + ДАД-ТА2	1,0	110 °С	66
АБС + Азол 1007	1,0	110 °С	65
АБС + Сесабаз RT 945	0,3	110 °С	50
АБС + ДАД-ТА	0,3	110 °С	53
АБС + Дорос - Т	0,6	110 °С	69
АБС + Амдор ТС-1	0,3	110 °С	62
АБС + Evotherm 3G	0,3	110 °С	50
АБС + Сесабаз RT Bio	0,3	110 °С	53
АБС + Rediset LQ	0,3	110 °С	50

Анализ результатов, представленных в таблице 1, позволил установить, что все рассматриваемые добавки снижают необходимое количество оборотов гиратора на 38– 55 %, для дости-

жения заданной плотности асфальтобетона. Наиболее эффективными добавками с учетом соотношения, «расход ПАВ/уплотняемость», проявили себя: Сесабаз RT 945, ДАД-ТА, Ам-

дор ТС-1, Evotherm 3G, Cescabase RT Bio, Rediset LQ. Ввиду того, что согласно данным производителей, исследуемые зарубежные добавки аминного типа и оказывают идентичное влияние на уплотняемость асфальтобетонных смесей, таблица 1, в дальнейшем в работе рассматривались все добавки российских производителей и Cescabase RT 945 – как представитель импортных аналогов.

При оценке эффективности применяемых добавок немаловажной задачей является изучение их влияния на физико-механические свой-

ства вяжущего, как основного структурообразующего компонента асфальтобетона. Основными показателями, отражающими поведение вяжущего в эксплуатационных условиях, являются: интервал пластичности (температура размягчения и температура хрупкости) и глубина проникновения иглы (пенетрация при 25 и 0 °С). К показателю, характеризующему технологические характеристики вяжущего, относится динамическая вязкость, результаты исследования представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2

Влияние различных добавок на пенетрацию битума

Наименование добавки	Расход добавки, % от массы битума	Пенетрация при	
		25°С	0 °С
БНД 60/90	-	72	24
Адгезол 3-ТД	1,0	82	26
ДАД-ТА2	1,0	80	28
Азол 1007	1,0	89	28
Cescabase RT 945	0,3	76	29
ДАД-ТА	0,3	76	28
Дорос - Т	0,6	81	28
Амдор ТС-1	0,3	73	28

Как видно из таблицы 2, добавки оказывают пластифицирующее воздействие на битум, но не изменяют, в соответствии с ГОСТ, его марку. Модифицированный битум находится в диапазоне условной вязкости 60/90. Стоит отметить, что наибольший пластифицирующий эффект наблюдается у добавок с рекомендованной концентрацией 1% – в среднем 14 мм⁻¹, тогда как у добавок с концентрацией 0,3% – 4 мм⁻¹.

Более любопытные результаты были получены при изучении влияния добавок на интервал пластичности битума, рисунок 2. В ходе проведения эксперимента было установлено, что почти все добавки с концентрацией 0,6–1 % не

прошли испытания по температуре размягчения вяжущих, полученные показатели находятся на границе допуска. Также стоит отметить, что они не оказали влияния на температуру хрупкости. При этом все добавки с рекомендованным расходом 0,3 % – Cescabase RT 945, ДАД-ТА и Амдор ТС-1 по температуре размягчения показали результаты близкие к битуму, что говорит об отсутствии пластифицирующего эффекта в вяжущем в диапазоне эксплуатационных температур. Вместе с этим, у битумов с добавками наблюдается улучшение низкотемпературных характеристик, здесь, лучше себя проявили добавки Cescabase RT945 и ДАД-ТА.

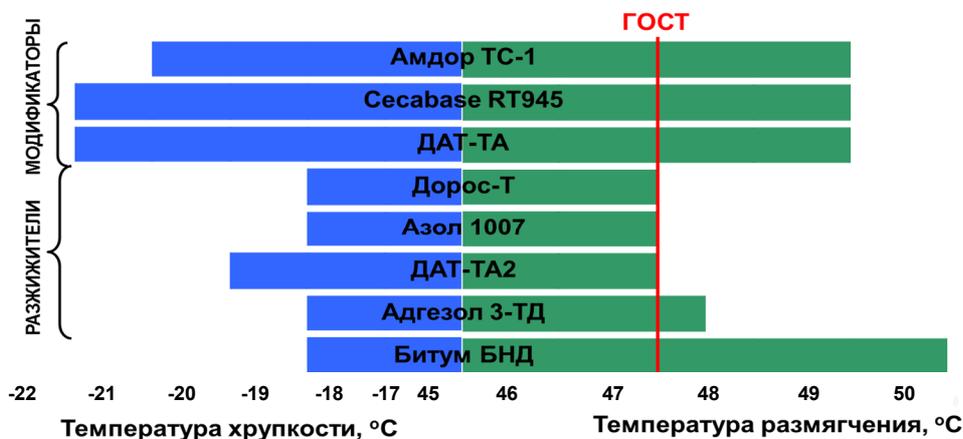


Рис. 2. Влияние добавок на интервал пластичности битума

Анализ результатов динамической вязкости модифицированных битумов, полученных на реометре Anton Paar Physica MCR 101, рисунок

3, свидетельствует, что Азол 1007, снижает вязкость битума во всем измеряемом температурном диапазоне (t= 70–130 °С), что коррелирует с

данными по температуре размягчения, рисунок 2, и окажет негативное влияние на прочностные и деформативные показатели асфальтобетона, приготовленного с его использованием. Добавки Cescabase RT 945 и ДАД-ТА не значительно

вливают на начальную вязкость битума, сохраняя во всем температурном диапазоне технологичность вяжущего в процессе приготовления асфальтобетонной смеси и, в соответствии с таблицей 1, в процессе ее уплотнения

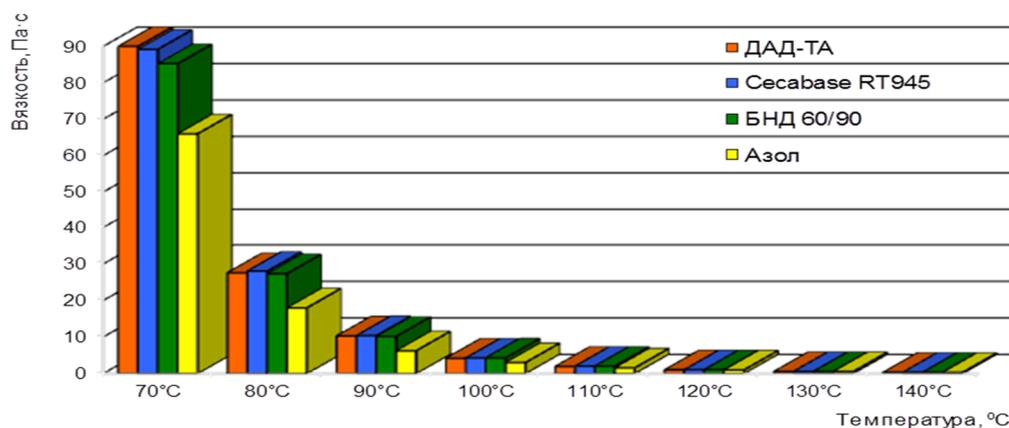


Рис. 3. Динамическая вязкость битума с добавками, при скорости сдвига 100 c^{-1} , на приборе Anton Paar Modular Compact Rheometer Physica MCR 101

И вот тут возникает логичный вопрос. За счет чего это происходит? Как функционируют эти температуропонижающие добавки?

Итак, молекула ПАВ состоит из длинного гидрофобного углеводородного хвоста и полярной функциональной группы. Полярные части гидрофильны – «любят воду» и все полярное, а гидрофобные хвосты ориентированы к битуму, рисунок 4. На рисунке 4(а) изображена граница раздела фаз «битум - каменный материал», как видно, положительно заряженные части ПАВ

притягиваются к отрицательно заряженной поверхности каменного материала и увеличивают к нему адгезию битума. Однако любое ПАВ имеет предел допустимой концентрации в растворе, с достижением которого граница раздела фаз полностью насыщается молекулами добавки. Дальнейшее увеличение концентрации ПАВ приводит к их самоорганизации в объеме раствора, в результате чего образуются так называемые мицеллы.

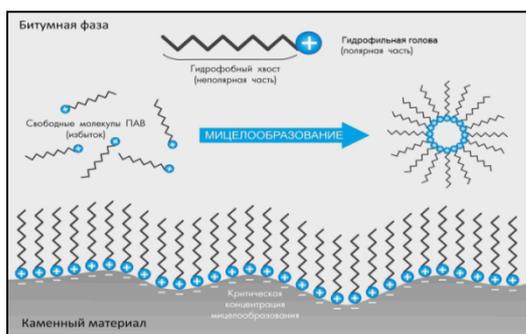


Рис. 4. Принципиальная схема работы химических добавок:

а) формирование мицелл; б) уплотнение асфальтобетонной смеси при пониженной температуре

При уплотнении асфальтобетонной смеси катком, рисунок 4(б), мицеллы не оказывают сопротивления. Под действием сдвиговой нагрузки они деформируются и меняют форму, а после снятия нагрузки принимают прежнюю, таким образом они не разрушаются, а ведут себя как плоскости скольжения, позволяя битуму и каменным материалам легче скользить относительно друг друга, при более низкой температуре.

Изучение физико-механических свойств асфальтобетонов, приготовленных на вяжущих, модифицированных добавками с рекомендованной концентрацией 0,3 % показало, что негативного влияния на его свойства они не оказывают. Образцы асфальтобетонов, уплотненные при температуре $110 \text{ }^\circ\text{C}$, соответствуют требованиям ГОСТ 9128-2013 для традиционных горячих асфальтобетонных смесей, таблица 3.

Таблица 3

Физико-механические свойства асфальтобетонов, уплотненных при температуре 110 °С

Наименование показателя	ГОСТ 9128	Фактические показатели				
		БНД 60/90	ДАД-ТА	Cecabase RT945	Азол 1007	Адгезол 3-ТД
Средняя плотность, кг/м ³	-	2310	2380	2380	2340	2330
Водонасыщение, %	1,5...4,0	3,46	1,68	1,72	2,53	2,55
Предел прочности при сжатии, МПа	не менее 2,5	3,18	4,83	4,62	4,28	4,32
при температуре 20 °С						
при температуре 50 °С	не менее 1,2	1,18	1,75	1,63	1,37	1,38
Водостойкость	не менее 0,9	0,80	0,98	0,97	0,90	0,90
Водостойкость при длительном водонасыщении	не менее 0,85	0,78	0,97	0,95	0,86	0,85

Асфальтобетоны с разжижающими добавками (Азол 1007, Адгезол 3-ТД), с рекомендованной концентрацией около 1% хуже уплотнились, что повлекло за собой логичное увеличение водонасыщения и снижение водостойкости образцов, что негативно отразится на работе дорожного покрытия, выполненного с их использованием.

Выводы. В результате проведенной работы было установлено, что использование химических добавок Cecabase RT 945, ДАД-ТА, обеспечивает технологичность асфальтобетона при более низких температурах уплотнения, без негативного влияния на свойства битума и асфальтобетонов на их основе.

Теплые асфальтобетонные смеси обладают рядом неоспоримых достоинств, главными из которых являются снижение энергозатрат на производство теплых смесей и уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу, а также возможность продления строительного сезона. Однако наряду с этим требуется провести еще достаточно большое количество исследований и опытно-экспериментальных работ, чтобы теплые асфальтобетонные смеси перестали быть диковинкой на российских дорогах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zaumanis M. Warm mix asphalt investigation (Master of Science Thesis) / Technical University of Denmark. Riga Technical University In cooperation with Danish Road Institute, Kgs. Lyngby. Denmark. 2010.

2. Harrison T., Christodoulaki L. Innovative process in asphalt production and application — strengthening asphalt's position in helping build a better world // First International Conference of Asphalt Pavements. Sydney. 2000.

3. Diefenderfer K.K. McGhee B.M. Donaldson. Installation of warm mix asphalt projects in virginia. Final report. 2007. P. 1–34.

4. Koenders B.G., Stoker D.A., Bowen C., de Groot P., Larsen O, Hardy D., Wilms K.P. Innovative processes in asphalt production and application to obtain lower operating temperatures // Second Eurasphalt & Eurobitume Congress. Barcelona. Spain. September 2000.

5. Ядыкина В.В. Изменение свойств битума и асфальтобетона под влиянием добавок для теплого асфальтобетона / Научные технологии и инновации: сб. докладов Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (Белгород, 9-10 окт., 2014 г.). Белгород: Изд-во БГТУ. 2014. Ч.5. С. 125–129.

6. Радовский Б.С. Технология нового теплого асфальтобетона в США // Дорожная техника. 2014. №8. С 24–28.

7. Шабуров С.С., Кибирев В.Ю. Технология производства теплой асфальтобетонной смеси на вязком битуме // Четвертый всероссийский дорожный конгресс «Перспективные технологии в строительстве и эксплуатации автомобильных дорог»: сб. науч. тр. М.: МАДИ. 2015. С. 200–207.

8. Колесник Д.А. Выбор модификатора асфальтобетона для расширения строительного сезона // Мир дорог. 2013. №71. С. 45–47.

Shekhvtsova S.Yu., Vysotskaya M.A., Holopov V.S.

FEATURES TECHNOLOGII WARM ASPHALT MIXTURES

The paper discusses the various cooking techniques are modern, warm asphalt (WMA). Studied in detail the influence of some chemical additives of Russian and foreign production presented in the Russian market and used for cooking WMA. The principle of action of chemical additives, according to which a classification was proposed, studied their influence on physical-mechanical and technological properties of bitumen and asphalt, prepared with their use.

Key words: warm asphalt, diluents, modifiers, mechanical properties, dynamic viscosity.

Шеховцова Светлана Юрьевна, ассистент.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: Rusina.svetlan@yandex.ru

Высоцкая Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: roguri@rambler.ru

Холопов Владимир Сергеевич, аспирант.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: vova.holopoff@yandex.ru