

ТЕПЛЫЙ АСФАЛЬТОБЕТОН ВЧЕРА – СЕГОДНЯ – ЗАВТРА

В настоящее время технологии теплого асфальтобетона (ТАС), которые позиционируются, как заимствованные из-за рубежа, не что иное, как забытая с советских времен трансформированная разновидность технологий устройства дорожных покрытий. Вспомним ГОСТ 9128–84, действовавший до 1998 года, в котором была изложена классификация асфальтобетонных смесей с упоминанием теплых, от которых в дальнейшем отказались и забыли, вместо того чтобы развивать и совершенствовать.

С. Ю. Шеховцова, М. А. Высоцкая, В. С. Холопов, БГТУ им. В.Г. Шухова

Справедливости ради стоит отметить, что отказ от теплых асфальтобетонов был не беспричинным. Ранее теплыми считались смеси, приготовленные на вязких или жидких битумах, при работе с которыми достичь необходимой плотности асфальтобетонных покрытий при пониженных температурах было невозможно, поэтому доуплотнение происходило в процессе эксплуатации под давлением колес транспорта, с частым образованием колеи и наплывов.

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: технологии вспенивания 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.

Вспенивающие технологии по праву считаются наиболее экономически эффективными т.к. в качестве добавки к битуму выступает вода, которая, как правило, является легкодоступной и бесплатной. Но, тем не менее, эти технологии связаны с очень высокими первоначальными затратами на оборудование, ограничены нижним порогом температурного режима работ, обусловленного температурой конденсации водяного пара и требуют очень серьезного технологического контроля при применении. Необходимо понимать, что при введении воды в битум, даже при условии ее перехода в парообразное состояние, существуют риски по обратному переходу пара в воду и соответственно попаданию остаточной влаги в конечный уложенный асфальтобетон, что в дальнейшем, несомненно, приведет к разрушению дорожного покрытия. [1,2].

Использование органических добавок приводит к снижению температуры плавления битумов, что позволяет производить смеси при более низких температурах. Стоит отметить, что использование воска в составе битума при приготовлении теплой асфальтобетонной смеси приводит к снижению трещиностойкости 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 такого рода добавки могут вытеснять влагу с границы раздела фаз «битум — каменный материал», что позволяет снижать риски при наличии остаточной влаги во вспененных низкотемпературных смесях [2]. 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.

Бытует мнение, что через несколько лет теплый асфальтобетон полностью вытеснит с рынка традиционный горячий. Так это или нет, покажет время, но уже сейчас, несмотря на успех технологий механического вспенивания в США, рынок специальных химических добавок, которые влияют на свойства асфальтобетона, развивается опережающими темпами — ввиду простоты их применения, а также отсутствия необходимости дополнительного переоборудования производственных баз.

В настоящее время в России нет даже нормативной документации, регламентирующей применение добавок для производства ТАС. Однако в последнее время эти технологии стали активно внедряться при устройстве российских дорог. Также стоит уточнить, что российские

теплые асфальтобетоны, на сегодняшний момент, не совсем являются таковыми. Их приготовление осуществляют по аналогии с традиционными горячими смесями, за тем исключением, что уплотнение возможно при более низких температурах. В то время как зарубежные технологии основаны на изначально более низкой температуре приготовления, что дает множество преимуществ, начиная от экологического аспекта и заканчивая экономическим.

Ввиду малого объема информации и динамично развивающегося отечественного рынка добавок, технологии ТАС на основе химических добавок связаны с постоянной апробацией 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 распространены являются: Адгезол 3-ТД (ООО «Базис»), Азол 1007 (Котласский хим. завод), Cecabase RT 945, Cecabase 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). Эффективность таких добавок 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 (рис. 1). Разжижающие добавки снижают начальную вязкость битума и увеличивают скорость ориентации молекул, что связано с увеличением дисперсной среды в объеме вяжущего. Тогда как модифицирующие добавки должны 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.

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 АБС с применением прибора вращательного (гиратационного) уплотнения, которое достигается за счет сочетания усилия сдвига при вращении и вертикальной результирующей силы, используется для моделирования и воспроизведения процесса реальных асфальтоукладочных работ, что позволяет оценить характеристики уплотняемости асфальтобетона. 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*.

Анализ результатов, представленных в *таблице 1*, позволил установить, что все рассматриваемые добавки снижают необходимое количество оборотов гиратора на 38–55%, для достижения необходимой плотности асфальтобетона. Наиболее эффективными добавками с учетом соотношения «расход ПАВ/уплотняемость» проявили себя: Cescabase RT 945, ДАД-ТА, Амдор ТС-1, Evotherm 3G, Cescabase RT Bio, Rediset LQ. Однако 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 свойства вяжущего, как основного структурообразующего

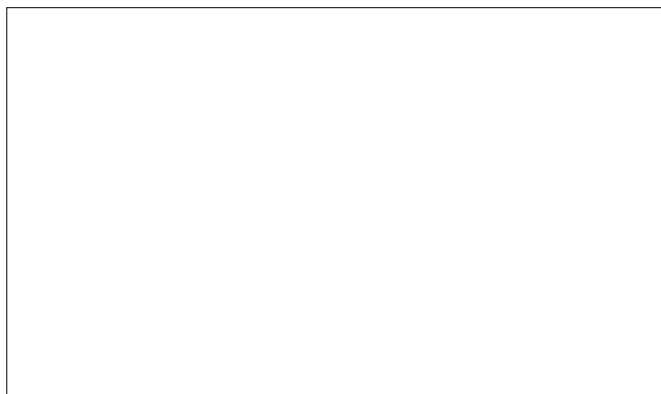


Рисунок 1. Кривая вязкости вяжущих для теплых асфальтобетонов

Таблица 1. Влияние различных добавок на гиратационное уплотнение ТАС

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 + Cescabase 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 + Cescabase RT Bio	0,3	110 °С	53
АБС + Rediset LQ	0,3	110 °С	50

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

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 данных показателей представлены в *таблице 2* и на *рис. 1*.

Как видно из *таблицы 2*, добавки оказывают пластифицирующее влияние 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 (*рис. 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. При изучении динамической вязкости модифицированных битумов на реометре Anton Paar Physica MCR 101 (*рис. 3*),

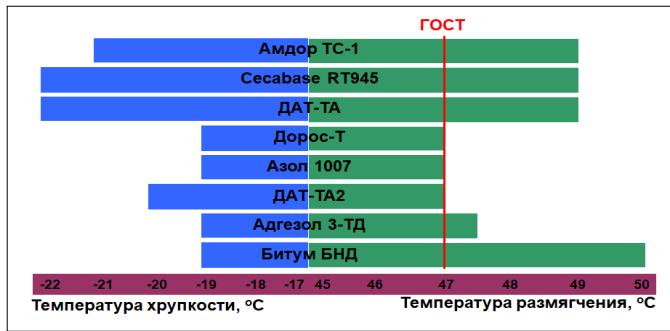


Рисунок 2. Влияние добавок на интервал пластичности битума

установлено, что Азол 1007, снижает вязкость битума во всем измеряемом температурном диапазоне ($t = 70\text{--}130\text{ }^{\circ}\text{C}$), что коррелирует с данными по температуре размягчения (рис. 2), и в свою очередь негативно отразится на прочностных и деформативных показателях асфальтобетона, приготовленного с его использованием. Добавки Cecabase RT 945 и ДАД-ТА незначительно влияют 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.

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 вообще все полярное, а гидрофобные хвосты ориентированы к битуму (рис. 4).

На рисунке 4а 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 растворимости 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.

При уплотнении асфальтобетона катком (рис. 4б) мицеллы не оказывают сопротивления. Под действием сдвиговой нагрузки они деформируются и меняют форму, а после снятия нагрузки принимают прежнюю форму. Поэтому при уплотнении катком мицеллы 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 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).

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. Однако, химические модифицирующие температуропонижающие добавки (ДАД-ТА, Cecabase RT945 и им

подобные), благодаря своему механизму действия в составе вяжущего и асфальтобетона, обеспечивают технологичность асфальтобетонной смеси при более низких температурах уплотнения, без негативного влияния на свойства битума и асфальтобетонной смеси на его основе. Подводя итог, можно сделать вывод, что 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 [1–3]. 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. ■

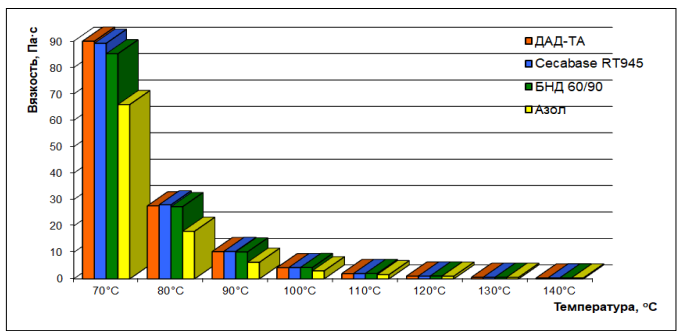
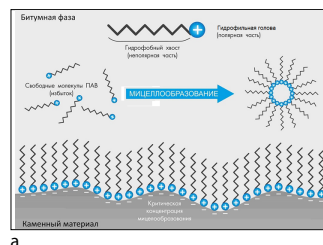
Рисунок 3. Динамическая вязкость битума с добавками, при скорости сдвига 100 с^{-1} , на приборе Anton Paar Modular Compact Rheometer Physica MCR 101

Рисунок 4. Принципиальная схема работы химических добавок: а) формирование мицеллы; б) уплотнение асфальтобетонной смеси при пониженной температуре

Таблица 3. Физико-механические свойства асфальтобетонов, уплотненных при температуре $110\text{ }^{\circ}\text{C}$

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 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$						
при температуре $50\text{ }^{\circ}\text{C}$	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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Warm mix asphalt investigation (Master of Science Thesis), Martins Zaumanis, Technical University of Denmark, Riga Technical University In cooperation with Danish Road Institute, Kgs. Lyngby, Denmark, 2010. Rediset® LQ Superior Warm-Mix.
2. Additive for Exceptional Compaction, Coating and Moisture Resistance akzonobel Surface Chemistry, Rediset LQ enhances cool weather foam warm-mix (Approved by APAC, Texas Bitulithic).
3. Low temperature cracking performance of wax modified bitumen and mixture p.k. das div. Of Highway and Railway Engineering, Royal Institute of Technology (KTH), Sweden; Y. Tasdemir Engineering and Architecture Faculty, Bozok University, Turkey; B. Birgisson Div. Of Highway and Railway Engineering, Royal Institute of Technology (KTH), Sweden.