

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
РАЗЛИЧНЫХ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК
В ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫХ
АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЯХ**

Канд. техн. наук **Е.А. Данильян**,
инженер **С.В. Шульга**
(Северо-Кавказский филиал
МАДГТУ(МАДИ))

Конт. информация: elena.danilyan@yandex.ru;
shulga.77@bk.ru

В статье показана возможность получения стабильных щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей (ЩМАС) путем введения в качестве стабилизирующих добавок волокнистых модификаторов: минеральной ваты и поливинилхлоридного порошка. Определено, что устойчивость к расслаиванию ЩМАС зависит от содержания крупных фракций в минеральном заполнителе, и при меньшем их содержании можно расширить ассортимент стабилизирующих добавок.

Рассмотрены свойства асфальтобетонных смесей с добавкой резиновой крошки марки «Унирем». Предложена схема введения компонентов асфальтобетонной смеси, позволяющая сократить продолжительность перемешивания смеси и получить асфальтобетоны повышенного качества при снижении расхода добавки «Унирем».

Ключевые слова: *щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси, щебеночно-мастичный асфальтобетон, стабилизирующие добавки волокнистого типа, резиновая крошка, технология приготовления асфальтобетонных смесей, свойства, расход добавки.*

Применение щебеночно-мастичных асфальтобетонов (ЩМА) в последнее время получило широкое распространение как на федеральных трассах, так и на дорогах общегосударственного значения, особенно в местности, имеющей пересеченный рельеф, значительные продольные уклоны. На автомобильных дорогах общего пользования федерального значения, находящихся в ведении ФКУ Упрдор «Кавказ», ежегодно ремонтируются десятки километров с применением ЩМА.

Отличительной особенностью щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей (ЩМАС) является более высокое содержание щебеночных фракций (крупнее 5 мм) по сравнению с традиционными асфальтобетонными смесями по ГОСТ 9128. Так, содержание фракций

крупнее 5 мм в ЩМАС составляет 60-80%, в то время как в асфальтобетонных смесях по ГОСТ 9128 – от 30 до 50%.

Сравнение зерновых составов минеральных заполнителей в ЩМА по ГОСТ 31015 [1] и по нормативному документу Германии ZTV Asphalt-StB 02 [2] показывает некоторое различие в содержании фракций крупнее 2,5 и 5,0 мм (рис. 1).

Особенность зернового состава ЩМАС вызывает их расслаиваемость при хранении, транспортировке и укладке, что устраняется за счет применения стабилизирующих добавок. Согласно ГОСТ 31015-2002, в качестве стабилизирующих добавок применяют целлюлозные волокна или специальные гранулы на их основе, которые должны соответствовать требованиям технической документации предприятия-изготовителя.

Целлюлозное волокно должно иметь ленточную структуру нитей длиной от 0,1 мм до 2,0 мм. Требуется, чтобы оно было однородным и не содержало пучков, скоплений нераздробленного материала и посторонних включений. Для исследований были взяты целлюлозные волокна Полицелл типа ПЦА по ТУ 2231-027-32957739-04, физико-механические свойства которых представлены в табл. 1.

Допускается применять другие стабилизирующие добавки, включая полимерные или иные волокна с круглым или удлиненным поперечным сечением нитей длиной от 0,1 мм до 10,0 мм, способные сорбировать (удерживать) битум при технологических температурах, не оказывая отрицательного воздействия на вяжущее и смеси. Обоснование пригодности стабилизирующих добавок и оптимального их содержания в смеси устанавливают посредством проведения испытаний ЩМА по ГОСТ 12801 и устойчивости к расслаиванию смеси в соответствии с приложением к ГОСТ 31015.

Немецким стандартом ZTV Asphalt-StB 02 [2] в качестве стабилизирующих присадок в ЩМА рекомендуются органические и минеральные волокнистые материалы, кремниевая кислота или полимерные материалы – в виде порошка или гранул.

В представленной статье рассмотрены различные стабилизирующие материалы, позволяющие повысить устойчивость ЩМАС к расслаиванию: минеральная вата вида ВМТ по ГОСТ 4690-93 и поливинилхлоридный порошок марки ПВХ-ЕП-6202-С первого сорта по ГОСТ 14039-78, резиновая крошка «Унирем». При производстве особое внимание следует уделять экологической безопасности используемых материалов, а также их влиянию на здоровье человека.

В качестве минеральных заполнителей использовали дробленый гравий из плотных горных пород и гидрофобизированный минеральный

порошок. Смеси готовились на битуме БНД 60/90 с глубиной проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм – 81.

Таблица 1

Свойства волокнистых и порошковых стабилизаторов ЦМА

<i>Наименование показателя</i>	<i>Значение показателя</i>		
	<i>целлюлозное волокно</i>	<i>минеральная вата</i>	<i>порошок ПВХ</i>
<i>Влажность, % по массе</i>	7,1	0,8	0,2
<i>Термостойкость при температуре 220 °С по изменению массы при прогреве, %</i>	5,9	1,1	12
<i>Содержание волокон длиной от 0,1 мм до 2,0 мм, %</i>	84	–	–
<i>Насыпная плотность, кг/м³</i>	121	50	542
<i>Средний диаметр волокна, мкм</i>	32	5	–
<i>Содержание органических веществ, %</i>	–	1,8	–
<i>Содержание неволокнистых включений размером 0,25 мм, %</i>	–	6	–
<i>Остаток после просева, %, на сите с сеткой:</i>			
<i>№ 0,2 мм</i>	–	–	0,05
<i>№ 0,063 мм</i>	–	–	4,2

Определение устойчивости ЦМАС к расслаиванию с применением волокнистых стабилизаторов производили по показателю стекания асфальтового вяжущего по ГОСТ 31015, характеристикой которого являлась масса асфальтового вяжущего (в % масс.), оставшаяся на дне и

стенках стакана после его наполнения горячей ЩМАС и опрокидывания кверху дном.

Исследования проводились со щебеночно-мастичной асфальтобетонной смесью вида ЩМА-10 по ГОСТ 31015 [1] и смесью 0-11,2 по ZTV Asphalt-StB 02 [2] с минеральным заполнителем – дробленой гравийно-песчаной смесью зернового состава, представленного в табл. 2.

Таблица 2

Зерновой состав заполнителя ЩМА (% в масс.)

<i>Название нормативного документа</i>	<i>Размер зерен, мельче, мм</i>							
	<i>10</i>	<i>5</i>	<i>2,5</i>	<i>1,25</i>	<i>0,63</i>	<i>0,315</i>	<i>0,16</i>	<i>0,071</i>
<i>ГОСТ 31015</i>	100	35	25	20	18	15	14	13
<i>ZTV Asphalt-StB 02</i>	90	40	30	20	18	15	14	13

В качестве минерального порошка (фракция менее 0,16 мм) использовали активированный известняк Черкесского завода.

Содержание битума марки БНД 60/90 в смеси было равным 7,0%. Содержание стабилизирующих добавок во всех смесях было равным 0,4% к массе минерального заполнителя. Смеси готовились в лабораторной мешалке при температуре 165 °С.

Устойчивость к расслаиванию ЩМАС и физико-механические свойства ЩМА представлены в табл. 3.

Как следует из табл. 3, показатели стекания в ЩМАС по ГОСТ 31015 укладываются в нормативные значения (не более 0,2%) при введении стабилизирующих добавок: целлюлозного волокна и минеральной ваты. С добавкой порошка ПВХ показатель стекаемости не укладывается в нормативный предел.

В ЩМАС, приготовленных по немецким техническим указаниям ZTV Asphalt-StB 02 [2], показатели стекаемости укладываются в нормативные пределы ГОСТ 31015 для всех исследуемых стабилизирующих добавок, что обусловлено меньшим содержанием фракций крупнее 5 мм в смесях по [2].

По физико-механическим показателям ЩМА укладывается в требования ГОСТ 31015 (табл. 3).

Таким образом, можно сделать вывод, что устойчивость к расслаиванию щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей зависит от содержания крупных фракций в минеральном заполнителе. Следова-

тельно, при меньшем их содержании, ассортимент стабилизирующих добавок может быть значительно увеличен.

Таблица 3

Свойства щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей и щебеночно-мастичных асфальтобетонов

<i>Наименование показателя</i>	<i>ЩМАС и ЩМА</i>					
	<i>ГОСТ 31015</i>			<i>ZTV Asphalt-StB 02</i>		
<i>Стабилизирующая добавка</i>	целлюлозное волокно	минеральная вата	порошок ПВХ	целлюлозное волокно	минеральная вата	порошок ПВХ
<i>Показатель стекания, % по массе</i>	0,18	0,20	0,22	0,16	0,17	0,19
<i>Водонасыщение, % по объему</i>	2,9	2,7	3,3	2,7	2,5	3,0
<i>Прочность при сжатии, МПа: при 20 °С при 50 °С</i>	3,0 0,80	2,9 0,77	2,7 0,73	3,2 0,83	3,0 0,80	2,8 0,74
<i>Коэффициент внутреннего трения</i>	0,96	0,95	0,95	0,97	0,96	0,97
<i>Сцепление при сдвиге, при 50 °С, МПа</i>	0,22	0,25	0,21	0,25	0,26	0,22
<i>Предел прочности на растяжение при расколе при 0 °С, МПа</i>	3,8	4,4	3,7	3,9	4,5	3,8
<i>Водостойкость при длительном водонасыщении</i>	0,88	0,89	0,81	0,88	0,88	0,83

В ООО «Уником» (г. Подольск, Московская область) организовано производство резиновой крошки «Унирем» из отработанных автомобильных шин методом упруго-деформационного измельчения, которое используется в производстве асфальтобетонных смесей [3]. Содержание резиновой крошки «Унирем» по отношению к 100 мас. долей битума зависит от марки битума и составляет 8% для марки БНД 40/60, 10% – для марки БНД 60/90, 12% – для марки БНД 90/130 и 15% – для марки БНД 130/200.

Температура асфальтобетонной смеси, модифицированной «Унирем», при выходе из смесителя должна находиться в диапазоне 145 – 175 °С для асфальтобетонов с гранулометрией типа «А», «Б», «В» и ЩМА. При приготовлении асфальтобетонной смеси добавка «Унирем» вводится в смеситель в последнюю очередь, сразу после введенного битума. Процесс перемешивания смеси после введения «Унирем» должен продолжаться не менее 1 мин., а сама продолжительность перемешивания смеси определяется характеристиками применяемого оборудования. В среднем, продолжительность перемешивания асфальтобетонных смесей с добавкой «Унирем» составляет около 2 мин., что в 2-3 раза больше, чем при приготовлении асфальтобетонных смесей без добавки.

Как отмечено в работах [4-6], последовательность введения компонентов асфальтобетонной смеси в смеситель значительно влияет на продолжительность перемешивания смеси и качество асфальтобетона. Разработанная методика введения минеральных заполнителей показывает, что при введении компонентов в асфальтобетонную смесь в последовательности: щебень → песок → битум (перемешивание 15 с) → минеральный порошок (перемешивание 20 с), позволяет получить асфальтобетоны повышенного качества. При традиционной схеме приготовления асфальтобетонных смесей, когда в смеситель загружаются щебень, песок, минеральный порошок, битум и в последнюю очередь резиновая крошка (схема I) происходит в первую очередь объединение битума с минеральным порошком. А это приводит к повышению вязкости битума, что затрудняет дальнейшее покрытие поверхности песчаных и щебеночных фракций, для чего требуется более продолжительное перемешивание смеси или повышение ее температуры.

Следовательно, введение в асфальтобетонную смесь резиновой крошки «Унирем» по схеме II: щебень → песок → битум → «Унирем» → минеральный порошок будет способствовать созданию лучших условий смачивания битумом резиновой крошки, ее набуханию, поскольку часть объема битума находится в свободном состоянии.

В связи с изложенным, в ходе рассматриваемой в данной статье работы было изучено влияние последовательности введения компонентов асфальтобетонной смеси с резиновой крошкой на свойства ЦМА.

Таблица 4

Параметры распределения гранулометрического состава резиновой крошки «Унирем»

<i>Средний диаметр частиц, мкм</i>	<i>Диаметр частиц, содержащих более, мкм</i>					<i>Доля частиц, мас., диаметром, мкм</i>	
	10%	25%	50%	75%	90%		
5,15	10%	25%	50%	75%	90%	4,201	14,99
	3,016	3,631	4,477	5,579	7,0	0,9746	0,0254

Резинобитумноминеральные смеси готовили с содержанием битума марки БНД 60/90 относительно массы минерального наполнителя 6,2%, а резиновой крошки – 2%. Температура перемешивания составила 165 ± 5 °С. Продолжительность перемешивания смесей при введении компонентов в смеситель по традиционной схеме I составляло 2 мин. По схеме II: щебень → песок → битум (перемешивание – 15 с) → «Унирем» (перемешивание – 20 с) → минеральный порошок (перемешивание – 20 с), общее время перемешивания составило 55 с. Асфальтобетонные смеси, приготовленные по обеим схемам, выдерживали в течение 30 мин. при температуре перемешивания, а затем формовали образцы для испытаний по ГОСТ 12801-98. Выдерживание смесей в течение 30 мин. после приготовления позволяло моделировать пребывание смесей при высоких температурах в процессе транспортирования их к месту укладки.

Представленные в **табл. 5** результаты испытаний асфальтобетонных позволили установить, что приготовление асфальтобетонных смесей при последовательности введения компонентов в смеситель по схеме II: щебень → песок → битум → «Унирем» → минеральный порошок позволяет существенно повысить показатели физико-механических свойств при значительном сокращении времени перемешивания.

Таблица 5

Физико-механические свойства асфальтобетонов с резиновой крошкой «Унирем» в зависимости от режимов приготовления

<i>Наименование показателей</i>	<i>Схема приготовления</i>		<i>Требования ГОСТ 31015</i>
	<i>I</i>	<i>II</i>	
<i>Показатель стекания, % по массе</i>	0,17	0,13	не более 0,20
<i>Предел прочности при сжатии, МПа, при 50 °С</i>	0,95	1,00	не менее 0,7
<i>Предел прочности при сжатии, МПа, при 20 °С</i>	3,10	3,30	не менее 2,5
<i>Предел прочности при сжатии, МПа, при 0 °С</i>	12,90	12,10	–
<i>Водонасыщение, % по объему</i>	3,6	3,4	1,5 – 4
<i>Водостойкость</i>	0,92	0,96	–
<i>Водостойкость при длительном водонасыщении</i>	0,78	0,90	не менее 0,75
<i>Коэффициент внутреннего трения</i>	0,95	0,97	не менее 0,94
<i>Сцепление при сдвиге, при 50 °С, МПа</i>	0,23	0,26	не менее 0,20
<i>Предел прочности на растяжение при расколе при 0 °С, МПа</i>	4,4	4,6	не менее 3,0 не более 6,5

ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования показали, что при введении стабилизирующих добавок: целлюлозного волокна и минеральной ваты показатели стекания в смесях ЩМА по ГОСТ 31015 укладываются в нормативные значения (не более 0,2%). Однако этот показатель не укладывается в нормативный предел с добавкой порошка ПВХ. Тогда как в смесях ЩМА, приготовленных по немецким техническим указаниям ZTV Asphalt-StB 02, показатели стекаемости укладываются в нормативные пределы ГОСТ 31015 для всех исследуемых стабилизирующих добавок, что обусловлено меньшим содержанием фракций крупнее 5 мм в смесях по нормативам Германии.
2. При приготовлении асфальтобетонных смесей по предложенной схеме II наблюдаются значительные улучшения свойств асфальтобетонов с добавкой резиновой крошки «Унирем» за счет создания благоприятных условий смачивания битумом минеральной части и резиновой крошки, ее набухания, приводящих в результате к интенсификации процесса перемешивания и получению однородных щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 31015-2002. Смесей асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия. – Введ. 2003-05-01. – М.: ГУП ЦПП, 2003. – 21 с.
2. Дополнительные технические указания и рекомендации по строительству асфальтобетонных покрытий, Германия (*Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fahrbahndecken aus Asphalt. ZTV Asphalt-StB 02, Germany*). – 42 с.
3. Топилин В.М. Использование изношенных шин и продуктов их переработки в народном хозяйстве / В.М. Топилин, В.Д. Карминский. – Ростов-на-Дону: Издательство «Юг», 2001. – 134 с.
4. Печеный Б.Г. Влияние режимов приготовления асфальтобетонных смесей на свойства асфальтобетонов / Б.Г. Печеный, Е.А. Данильян, В.Д. Галдина // *Строительные материалы*. – 2009. – №11. – С. 36-39.
5. Danilyan E.A., Aselderov B.Sh., Pecheny B.G / *Optimización de la calidad de los concretos asfálticos con la granulometría discontinua de los agregados mineralos. 8 JORNADA Internacional del Asfalto / 5 SEMINARIO Latinoamericano del Asfalto*. – Bogota, 8-12 Octubre de 2012. – P. 148-155.

6. Печеный Б.Г. Оптимизация технологии приготовления асфальтобетонных смесей / Б.Г. Печеный, Е.А. Данильян // Каталог-справочник «Дорожная техника. Технологии строительства, реконструкции, ремонта и содержания автомобильных дорог». – СПб.: Славутич, 2012. – С. 56-59.

L I T E R A T U R A

1. GOST 31015-2002. Smesi asfal'tobetonnye i asfal'tobeton shhebenochno-mastichnye. Tehnicheskie uslovija. – Vved. 2003-05-01. –М.: GUP CPP, 2003. – 21 s.
2. Dopolnitel'nye tehnicheckie ukazanija i rekomendacii po stroitel'stvu asfal'tobetonnyh pokrytij, Germanija (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinienfür Fahrbahndecken aus Asphalt. ZTV Asphalt-StB 02, Germany). – 42 s.
3. Topilin V.M. Ispol'zovanie iznoshennyh shin i produktov ih pe-rerabotki v narodnom hozjajstve / V.M. Topilin, V.D. Karminskij. – Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo «Jug», 2001. – 134 s.
4. Pechenyj B.G. Vlijanie rezhimov prigotovlenija asfal'tobetonnyh smesej na svojstva asfal'tobetonov / B.G. Pechenyj, E.A. Danil'jan, V.D. Galdina // Stroitel'nye materialy. – 2009. – #11. – S. 36-39.
5. Danilyan E.A., Aselderov B.Sh., Pecheny B.G / Optimización de la calidad de los concretos asfálticos con la granulometria discontinua de los agregados minerales. 8 JORNADA Internacional del Asfalto / 5 SEMINARIO Latinoamericano del Asfalto. – Bogota, 8-12 Octubre de 2012. – P. 148-155.
6. Pechenyj B.G. Optimizacija tehnologij prigotovlenija asfal'-tobetonnyh smesej / B.G. Pechenyj, E.A. Danil'jan // Katalog-spravochnik «Dorozhnaja tehnika. Tehnologii stroitel'stva, re-konstrukcii, remonta i soderzhanija avtomobil'nyh dorog». – SPb.: Slavutich, 2012. – S. 56-59.

CASE STUDY OF THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF VARIOUS STABILIZING ADDITIVES IN STONE MASTIC ASPHALT MIXTURES

Ph. D. (Tech.) **E.A. Danilyan**,
Engineer **S.V. Shulga**
(North Caucasian Branch
of MADI (STU))

Contact information: elena.danilyan@yandex.ru;
shulga.77@bk.ru

The article shows the possibility of obtaining stable stone mastic asphalt (SMA) mixtures by introducing fibrous additives as stabilizing addi-

tives: mineral fiber and polyvinyl chloride powder. It is determined that the resistance to delamination of SMA mixtures depends on the content of coarse fractions in the aggregate, and with their less content it is possible to expand the range of stabilizing additives.

The properties of asphalt mixtures, when crumb rubber "Unirem" adding, are considered. The scheme of asphalt mixture components introduction, which allows to decrease the duration of mixing and to obtain high-quality asphalts with reducing "Unirem" consumption, is proposed.

Key words: *stone mastic asphalt mixtures, stone mastic asphalt, fibrous stabilizing additives, crumb rubber, asphalt mixtures preparation technology, properties, additive consumption.*

Рецензент: канд. техн. наук Л.А. Горельшева (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 01.04.2015 г.