

# СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Ядыкина В. В., д-р техн. наук, проф.,  
Гриджин А. М., д-р техн. наук, проф.,  
Траутвайн А. И., канд. техн. наук, ст. преп.,  
Юрьев П. С., инженер

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ИЗ ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СВОЙСТВА ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА\*

trautvain@bk.ru

В данной статье приведены результаты исследований физико-механических свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона с различными стабилизирующими добавками. Для выявления преимуществ и недостатков данного материала для сравнения показателей приняли щебеночно-мастичный асфальтобетон с добавкой VIATOR-66. Испытания образцов, заформованных в лабораторных условиях, проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 31015-2002.

**Ключевые слова:** щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА), стабилизирующие добавки, битум, физико-механические характеристики, стекание

Щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) – это материал, разработанный специально для устройства верхних слоев покрытия на дорогах с высокой интенсивностью движения транспорта [1]. В процессе его производства широко используется стабилизирующая добавка, поскольку именно с ее помощью ЩМА приобретает свои уникальные свойства.

Применение стабилизирующей добавки обуславливается повышенным содержанием битума в ЩМА смеси (6,5% – 7,5%). Для предотвращения вытекания вяжущего в смесь вводят битумоноситель (т.е. стабилизирующую добавку), который впитывает в себя неструктурированное вяжущее. Характер адсорбционного процесса между поверхностью волокон и битумом обуславливается действием молекулярных сил и величиной поверхностной энергии. В результате адсорбции на поверхности волокна образуется адсорбционный слой повышенной вязкости, обеспечивающий сцепление битума с поверхностью. Поэтому необходимо уделять особое внимание правильности выбора стабилизирующей добавки.

Первоначально в качестве стабилизатора использовались так называемые свободные целлюлозные волокна, нарезанные и «распушенные» специальным образом. Однако после перехода от единичного производства ЩМА к массовому все чаще и чаще стали проявляться определенные дефекты смеси, в частности, сегрегация и появление битумных пятен различной величины (иногда обширной площади) на

вновь уложенной дорожной поверхности непосредственно в процессе уплотнения. После дополнительных исследований было обнаружено, что, несмотря на прекрасный стабилизирующий эффект, свободные волокна обладают серьезными недостатками:

- повышенная гигроскопичность;
- свободные волокна затрудняют распределение в смесителе;
- склонность к комкованию, что затрудняет дозирование и дальнейшее распределение в смесителе;
- высокая вероятность обгорания, когда свободные волокна попадают в смеситель на перегретый инертный материал (190-200 °С), то, в первую очередь, происходит обгорание интермолекулярных ОН-мостиков, которыми молекула целлюлозы связывается с молекулами вяжущего и каменного материала [2].

Дальнейшим эволюционным развитием семейства стабилизаторов стало появление гранулированных добавок. Гранулированные добавки представляют собой волокна, спрессованные в гранулы с их обработкой модифицирующими составами или без нее [3]. Волокнистая добавка должна быть однородной, без примесей, устойчивой к нагреву до температуры 220°С и обладать влажностью не более 8% по массе [4]. Следует различать три вида гранулированных добавок: гранулы, состоящие из чистой целлюлозы, гранулы с добавлением парафинов (воск, стеарин) для уменьшения гигроскопичности и гранулы, в которых каждое целлюлозное волокно

имеет битумное покрытие. Последнее исключает насыщение влагой целлюлозных волокон, что обеспечивает простую и надежную систему дозирования, прекрасное распределение в смесителе без увеличения времени сухого перемешивания и, как результат, - стабильную смесь. Кроме этого, наличие битумного покрытия предотвращает обгорание волокон при их подаче на горячий инертный материал.

Нами были разработаны и исследованы стабилизирующие добавки различных составов

с условными названиями: SA-80-1, SA-80-2, SA-70-1, SA-70-2, SA-70-3, SA-70-4, SA-70-5, SA-70-6 в сравнении с известной добавкой, имеющей коммерческое название «VIATOR-66». Исходным сырьем для для производства добавок явились отходы целлюлозно-бумажной промышленности. Фотографии перечисленных добавок представлены на рис. 1.

Результаты определения показателя стекания вяжущего приведены в табл. 1.



Рис. 1. Исследуемые стабилизирующие добавки  
 а - SA-80-1; б - SA-80-2; в - SA-70-1; г - SA-70-2; д - SA-70-3;  
 е - SA-70-4; ж - SA-70-5; з - SA-70-6; и - Viator-66.

Таблица 1

**Показатель стекания вяжущего с волокон**

Наименование показателя	ГОСТ 31015-2002	VIATOR	SA-80-1	SA-80-2	SA-70-1	SA-70-2	SA-70-3	SA-70-4	SA-70-5	SA-70-6
Содержание добавки в смеси, %	0,2-0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Содержание битума в смеси, %	6,5-7,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Показатель стекания вяжущего, % по массе	не более 0,20	0,13	0,14	0,15	0,10	0,11	0,09	0,07	0,12	0,13

Так как смеси ЩМА должны быть устойчивыми к расслаиванию в процессе транспортирования, а также при загрузке – выгрузке, то при разработке стабилизирующей добавки важнейшим показателем ее качества является стекание,

которое определяется согласно ГОСТ 31015-2002.

Согласно данным табл. 1, по показателю стекания вяжущего все добавки соответствуют

требованию ГОСТ 31015-2002 и пригодны для дальнейшего исследования.

С целью изучения влияния стабилизирующих добавок на физико-механические характеристики щебеночно-мастичного асфальтобетона были произведены испытания образцов, приготовленных с использованием щебня гранитного фракции 5-10 мм ЗАО «Кировоградгранит» Новопавловского ГК и песка из отсева дробления фракции 0–5 мм ОАО «Павловскгранит». В качестве минерального порошка применялся тонкомолотый известняк МП-1 ОАО «Гурово-Бетон». В работе использовался нефтяной битум марки БНД 60/90 ЗАО «Рязанская нефтеперера-

батывающая компания», удовлетворяющий требованиям ГОСТ 22245-90.

Для обеспечения постоянного зернового состава испытываемых асфальтовых бетонов материал предварительно отсеивался, затем для каждого замеса из этих отдельных фракций составлялась минеральная часть смеси.

Результаты испытаний физико-механических характеристик щебеночно-мастичного асфальтобетона приведены в табл. 2, из которых следует, что исследуемые смеси по всем показателям удовлетворяют требованиям ГОСТ 31015-2002.

Таблица 2

## Показатели физико-механических свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона

Наименование показателя	Норма по ГОСТ 31015-2002	SA-80-1	SA-80-2	SA-70-1	SA-70-2	SA-70-3	SA-70-4	SA-70-5	SA-70-6	VIATOP-66
Водонасыщение, % по объему образцов, отформованных из смесей	От 1,0 до 4,0	1,8	1,2	1,6	1,1	1,3	1,4	1,8	1,3	1,4
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее:	при температуре 20 °С	2,2	3,8	3,7	3,7	3,3	3,4	3,4	3,9	3,9
	при температуре 50 °С	0,65	1,4	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,3	1,2
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	От 2,5 до 6	3,8	3,2	4,4	4,3	4,3	4,2	4,5	4,1	4,0

При сравнении показателей свойств ЩМА с добавками VIATOP-66, SA-80-1, SA-80-2, SA-70-1, SA-70-2, SA-70-3, SA-70-4, SA-70-5, SA-70-6 видно, что смесь с исследуемыми добавками SA-70-1 и SA-70-5 имеют лучшие физико-механические характеристики, что связано с их составом. Так, например, предел прочности при сжатии образцов ЩМА с волокнистой добавкой SA-70-5 при температуре 20 °С такая же, как и с добавкой VIATOP-66. При испытании образцов на трещиностойкость ЩМА с добавками SA-70-1, SA-70-2, SA-70-3, SA-70-4, SA-70-5, SA-70-6 имеет большую прочность на растяжение при расколе в сравнении с добавкой VIATOP-66. Значения пределов прочности при сжатии при температуре 50 °С у всех ЩМА смесей, кроме SA-80-1 и VIATOP-66, оказалась приблизительно одинаковым.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что наиболее перспективным для дальнейших исследований являются стабилизирующие добавки с условными названиями SA-70-1 и SA-70-5 в качестве стабилизирующей добавки для щебеночно-мастичного асфальтобетона.

Основным недостатком любого типа асфальтобетона как дорожно-строительного материала является большая зависимость его прочности и деформативных свойств от температуры. При повышении температуры вязкость битума, содержащегося в асфальтобетоне, понижается, связи между минеральными частицами ослабевают, что влечет за собой уменьшение прочности.

Такие изменения прочности ухудшают условия работы дорожных покрытий. С изменением показателей прочности изменяется и деформационное поведение асфальтобетона. Условия работы дорожных покрытий предъявляют к этому материалу требования достаточной деформационной устойчивости при высоких летних температурах, т.е. теплоустойчивости, которая характеризуется изменением его прочности от температурных колебаний.

Коэффициент теплоустойчивости ( $R_{20}/R_{50}$ ) ЩМА при использовании опытных образцов добавок имеет приблизительно такие же значения, как и при введении традиционных добавок, что свидетельствует о высоких эксплуатационных качествах композита как при низких

зимних, так и при высоких летних температурах (рис. 2).

Важнейшим свойством ЩМА, предопределяющим долговечность этого материала, является устойчивость его структуры в условиях изме-

няющегося влажностного и температурного режимов. Подобно большинству других пористых строительных материалов, ЩМА разрушается, главным образом, при длительном увлажнении.

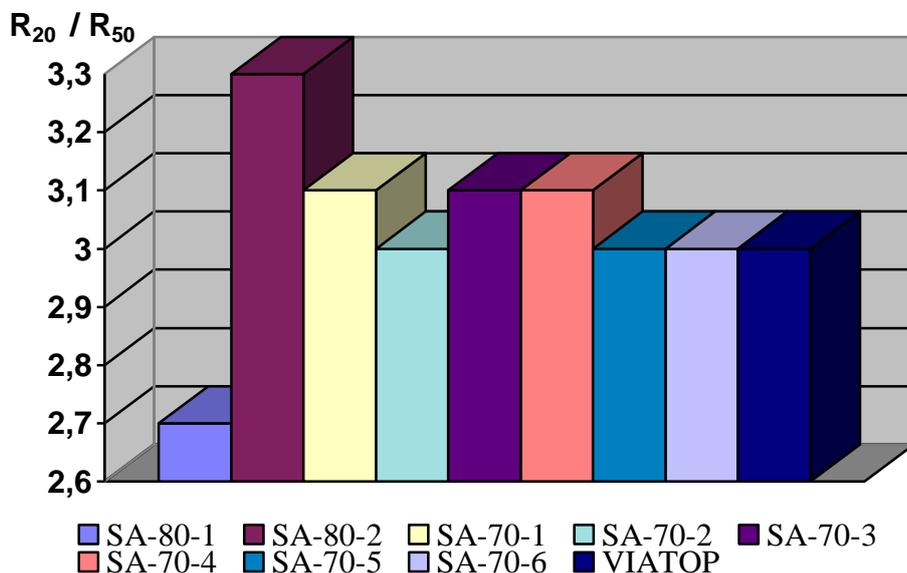


Рис. 2. Коэффициент теплоустойчивости

Асфальтобетонные покрытия при длительном увлажнении вследствие ослабления структурных связей могут разрушаться за счёт выкрашивания минеральных зёрен, что приводит к повышенному износу покрытий и образованию выбоин [5-6]. Водостойкость асфальтобетона зависит от плотности и устойчивости адгезионных связей. Вода, как полярная жидкость, хорошо смачивает все минеральные материалы, а это значит, что при длительном контакте с минеральными зёрнами, обработанными битумом, возможна диффузия воды под битумную плёнку. Кроме того, вода проникает в микродефекты структуры асфальтобетона, что приводит к адсорбционному понижению прочности материала за счёт снижения поверхностной энергии стенок трещин и ослаблению структурных связей у вершины трещины по мере её развития.

Показатели прочности и водостойкости асфальтобетона в значительной степени зависят от свойств применяемых минеральных материалов.

Различия поверхностных свойств волокнистых материалов также существенно влияют на характер сорбционных процессов при взаимодействии с битумом. Выбор волокнистого материала, обладающего высокой сорбционной способностью, – первый шаг на пути создания щебеночно-мастичного асфальтобетона с высокой водостойкостью.

Испытания проводились на щебеночно-мастичном асфальтобетоне с максимальной крупностью щебня 10 мм. Определяли водостойкость после кратковременного насыщения и через 15 суток водонасыщения. Полученные показатели приведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что водостойкость ЩМА на исследуемых волокнистых добавках сопоставима с этим показателем составов на традиционном волокне.

Таблица 3

**Длительная водостойкость асфальтобетона**

Длительность водонасыщения, сут	Требование ГОСТ	SA-80-1	SA-80-2	SA-70-1	SA-70-2	SA-70-3	SA-70-4	SA-70-5	SA-70-6	VIATOR-66
0	-	0,95	0,97	0,97	0,94	0,95	0,97	0,98	0,98	0,97
15	0,85	0,91	0,93	0,93	0,91	0,89	0,92	0,94	0,93	0,92

Таким образом, повышение физико-механических свойств битумо-минерального

композиата с использованием добавок из отходов целлюлозно-бумажной промышленности в ка-

честве стабилизатора позволит получать щебеночно-мастичный асфальтобетон с высокими физико-механическими характеристиками, тепло- и водостойкостью.

*\*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ №7.4049.2011, а также проекта стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова №2011-ПР-146.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Броницкий Е.И., Гуменюк Ю.А., Комиков А.В. Использование щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси при капитальном ремонте участков автомобильной дороги Москва – Санкт – Петербург (км 29 – км 62, км 72 км - 85) / Науч.-техн. информ. сб.: «Новости в дор. деле». 2003. Вып. 1. С.22-32.
2. Эфа А.К., Жураускас А.В., Акулов А.П. Щебеночно-мастичный асфальтобетон теоретические основы, практика применения // Строительные материалы. 2003. №1. С.22.
3. Ильина Т.Н., Севостьянов М.В., Шкарпеткин Е.А. Конструктивно-технологическое совершенствование агрегатов для гранулирования порошкообразных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. №2. С. 100-102.
4. Костин В.И. Щебеночно-мастичный асфальтобетон для дорожных покрытий. // Учебное пособие по курсу «Новые технологии в дорожном строительстве» для студентов специальности 270205 – «Автомобильные дороги и аэродромы» и слушателей системы дополнительного профессионального образования. Н. Новгород, издание ННГАСУ, 2009. С.65.
5. Печеный Б.Г., Железко Е.П. Об изменении состава и свойств битумов в процессе старения при различных температурах // Нефтепереработка и нефтехимия. 1975. №8. С. 10-13.
6. Анализ органоминеральных композитов с учетом генезиса и размерных уровней минерального сырья // В.В. Строкова, И.В. Жерновский, А.О. Лютенко, М.С. Лебедев / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №2. С. 28-32.