

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Кафедра автомобильных дорог

Костин В.И.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон для дорожных покрытий

Учебное пособие

Нижегород, 2009

УДК 625.731.1

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. - 65 с.

В пособии приведены сведения по компонентному составу, свойствам, опыту эксплуатации, а также особенностям технологии производства работ с применением щебеночно-мастичных асфальтобетонов в покрытиях автомобильных дорог.

Пособие составлено в дополнение к основной нормативной, учебной и справочной литературе, используемой студентами ННГАСУ и слушателями системы дополнительного профессионального образования при изучении вышеназванного курса.

Учебное пособие рассмотрено и одобрено кафедрой автомобильных дорог и методической комиссией ИАиГ ННГАСУ.

Иллюстраций - 22, таблиц - 16, библиографических названий – 11.

Рецензенты: доцент ННГАСУ, к. т. н. Тарасов Г.Ф.
 зам. Генерального директора ОАО «Нижегородавтодор»
 к. т. н., Колесов А.В.

© **Костин В.И.**
© **ННГАСУ, 2009**

Содержание

1. Общие сведения	4
2. Опыт применения щебеночно-мастичного асфальтобетона	6
2.1. Особенности национальных стандартов на материал	6
2.2. Стабилизирующие добавки в щебеночно-мастичные асфальто- бетонные смеси	16
2.2.1. Разновидности стабилизирующих добавок	16
2.2.2. Технология производства стабилизирующих добавок на основе целлюлозы	24
2.3. Опыт устройства и эксплуатации дорожных покрытий	26
3. Свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона	31
3.1. Особенности структуры щебеночно-мастичного асфальтобетона ..	31
3.2. Физико-механические свойства щебеночно-мастичного асфальто- бетона	34
3.3. Эксплуатационные свойства покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона	39
4. Особенности технологии производства работ	48
4.1. Проектирование составов щебеночно-мастичных асфальтобетон- ных смесей	48
4.2. Приготовление смесей	51
4.3. Укладка и уплотнение смесей	55
4.4. Основы контроля качества продукции	59
Литература	66

1. Общие сведения

В России за последние 10 лет при устройстве покрытий дорог с высокой грузонапряженностью находит все более широкое применение щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА). Популярность этого материала обусловлена его специфическими транспортно-эксплуатационными показателями, включая комфортабельные и безопасные ездовые качества, сопротивляемость внешним воздействиям, стабильность и долговечность слоя и пр.

ЩМА представляет собой самостоятельную разновидность асфальтобетонных, одновременно обеспечивающую водонепроницаемость, сдвигоустойчивость и шероховатость устраиваемого покрытия. В отличие от асфальтобетонных смесей по ГОСТ 9128-97 ЩМА характеризуется повышенным содержанием щебня и битума (до 80 % и 7,5 % по массе соответственно) с остаточной пористостью до 1 %. Для удержания на поверхности щебня такого количества свободного битума, в особенности на стадии производства работ, необходимо обязательное присутствие в смеси стабилизирующих волокнистых добавок. Процесс приготовления и укладки ЩМА технологичен и не требует специального оборудования за исключением агрегата подачи и дозирования добавки. Оригинальный компонентный состав позволяет укладывать материал механизированным способом тонкими слоями, снижая удельный расход смеси на квадратный метр покрытия. Поэтому в сравнении с традиционными асфальтобетонами ЩМА становится рентабельным, хотя и готовится из более дорогого исходного сырья. Безусловным достоинством ЩМА к тому же является низкий уровень расходов по ремонту и содержанию покрытия.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон впервые был разработан в середине 1960-х годов в Германии и получил название «*Splittmastixasphalt*» (SMA), соответственно в английской транскрипции - «*Stone Mastic Asphalt*» и в американской – «*Stone Matrix Asphalt*». Он появился как следствие борьбы дорожных служб с интенсивным разрушением дорожного полотна и колеобразованием на дорогах в связи с ростом автомобильного движения. В 1984 году на применение SMA введен национальный стандарт.

В России первые опытные участки с покрытиями из ЩМА появились в 2000 году на дорогах М-4 «Дон», М-1 «Беларусь». В 2001 году эксперимент был продолжен на дорогах МКАД – Кашира, МКАД - Железнодорожный – Ликино, в г. Ханты - Мансийск, на мосту через реку Обь в г. Новосибирске, на стоянке воздушных судов в аэропорту Домодедово. Основные объемы дорожного строительства за 2002 год приведены в табл. 1. В это же время строятся опытные участки в Белоруссии, Украине и других странах СНГ.

Объемы строительства дорожных покрытий из ЩМА в 2002 году

Т а б л и ц а 1

Наименование автодороги	км	Площадь покрытия, м ²	Строительная организация
МКАД - Кашира (М-4)	72-105	474000	ОАО «Центродорстрой»
Обход г. Коломны	104-107	24000	
Носовихинское шоссе	9-16	75000	ГП «Ногинский Автодор»
Москва – Санкт-Петербург	47-62, 72-85	354000 236000	ЗАО «АДС»
Волоколамское шоссе	25-30	80000	ООО «Автодор-ККБ Звенигород»
Москва - Минск (М-1)	187-198	68000	ЗАО «Труд»
Москва - Минск (М-1)	320-327	114000	ОАО «Смоленскдорстрой»
Щелковское шоссе	27-32	35000	УГП ДРСУ № 9
г. Хабаровск, ул. Комсомольская	-	650	Управление дорог и благоустройства
г. Южно - Сахалинск, ул. Ленина	-	600	МУП СДРСУ

Столь резкому увеличению объемов способствовали положительные заключения авторитетных комиссий из представителей ДСД «Центр», «Центродорконтроль», ФГУП «Союздорпроект», ФГУП «Союздорнии», АО «Центродорстрой» и др., подтверждающие технологические и эксплуатационные преимущества покрытий из ЩМА в сравнении с традиционными асфальтобетонами. Выводы о хорошем состоянии покрытий из ЩМА были сделаны на основании результатов регулярных обследований состояния автомагистралей, работающих в тяжелых условиях эксплуатации. С учетом положительного опыта Росавтодором РФ принято решение о расширенном применении щебеночно-мастичного асфальтобетона на федеральных дорогах России при условии обязательного научно-технического сопровождения строительства.

За истекший период накоплен богатый зарубежный и отечественный опыт применения щебеночно-мастичных асфальтобетонов при устройстве верхних слоев дорожных покрытий с шероховатой поверхностью. В настоящем пособии отражены наиболее важные аспекты этого весьма перспективного направления развития дорожной технологии.

2. Опыт применения щебеночно-мастичного асфальтобетона

2.1. Особенности национальных стандартов на материал

Многолетние исследования немецких специалистов позволили выработать действующие в настоящее время технические требования к смесям и асфальтобетону типа SMA (см. табл. 2).

Требования к щебеночно-мастичному асфальтобетону по нормам ZTV Asphalt-StB 94 (Германия)

Т а б л и ц а 2

Смеси типа SMA	0/11 S	0/8 S	0/8	0/5
1. Минеральный материал	Качественный щебень и дробленый песок, природный песок, минеральный порошок			
Зерновой состав (квадратные сита), мм	0/11	0/8		0/5
Содержание зерен мельче 0,09 мм, % массы	от 8 до 13	от 8 до 13		от 8 до 13
Содержание зерен крупнее 2,0 мм, % массы	от 70 до 80	от 70 до 80		от 60 до 70
Содержание зерен крупнее 5,0 мм, % массы	от 50 до 70	от 45 до 70		≤ 10
Содержание зерен крупнее 8,0 мм, % массы	≥ 25	≤ 10		-
Содержание зерен крупнее 11,2 мм, % массы	≤ 10	-		-
Соотношение дробленого и природного песка	≥ 1:1			
2. Вяжущее				
Марка вяжущего	B 65	B65	B 80	B 80 (B200)
Содержание битумного вяжущего, % массы	от 6,5 до 7,5			от 7 до 8
3. Стабилизирующие добавки				
Содержание в смеси, % массы	от 0,3 до 1,5			
4. Смеси (образцы по Маршаллу)				
Температура уплотнения, °С	135 ± 5			
Остаточная пористость, %	от 2,0 до 4,0			
5. Слои				
Толщина слоя, см	от 2,5 до 5,0	от 2,0 до 4,0		от 1,5 до 3,0
Расход смеси, кг/м	от 60 до 125	от 45 до 100		от 35 до 75
Степень уплотнения, %	≥ 97			
Остаточная пористость, %	≤ 6,0			

В большинстве стран смеси ЩМА маркируют по максимальной крупности зерен щебня. В проекте европейских норм prEN 13108-6 на щебеночно-

мастичный асфальтобетон представлен практически весь диапазон смесей по крупности, который применяется в настоящее время в дорожном строительстве. В табл. 3 сведены узаконенные в технических стандартах действующие марки смесей ЩМА.

Сведения о применяемых смесях ЩМА в различных странах

Т а б л и ц а 3

Наименование страны	Марка смеси по крупности щебня в, мм											Стандарт
	4	5	6	8	10	11	12	14	16	20	22	
Великобритания					■			■				
Венгрия				■			■					ÚT 2-3.302
Германия		■		■		■						ZTV Asphalt-StB, 1998
Дания				■		■			■			
Италия				■			■					
Испания				■	■							
Португалия					■		■					JAE/NORMAS (DSAT)
Нидерланды			■	■		■						RAW-Standaard 1995
Норвегия						■			■			
Франция			■		■							NF P 98 137/132
Финляндия			■	■		■			■		■	PANK (2000)
Чешская республика				■		■						ČSN 73 6121 (1994)
Швеция				■		■			■		■	VÄG 94
Европейский Союз	■		■	■	■	■		■	■	■	■	prEN 13108-6
США							■					
Корея		■		■	■		■					
Новая Зеландия			■		■			■				
Индонезия						■		■				

В случае сопоставимой крупности частиц предельные кривые зерновых составов минеральной части смесей SMA в стандартах различных стран достаточно близки между собой. Однако по самой крупности используемого щебня они имеют существенные отличия, что объясняется, прежде всего, условиями работы покрытий. Так, например, в Скандинавских странах находят широкое применение более крупнозернистые смеси в сравнении с нормами Германии вследствие их большей устойчивости к истирающему воздействию шипованной резины, применяемой в зимний период эксплуатации. Есть отличия и в содержании песчаной фракции.

При устройстве тонкослойных покрытий (слоев износа) обычно применяются смеси с крупностью минерального зерна от 4 до 6 мм. Самое широкое рас-

пространение в мировой практике получили щебеночно-мастичные смеси с максимальным размером зерен щебня 8 мм и 11 мм, как наиболее универсальные для укладки слоев различной толщины. В Скандинавских странах весьма популярны крупнозернистые смеси с максимальной крупностью зерен щебня от 16 до 22 мм.

В процессе проектирования составов SMA, как правило, ориентируются на нормы остаточной пористости образцов, изготовленных для испытания по методу Маршалла. Однако в последнее время наметилась тенденция перехода на формирование образцов в приборах вращательного уплотнения. Так, нормы к остаточной пористости образцов по Маршаллу применяются в спецификациях Германии, Венгрии, Испании, Италии, Нидерландов, Норвегии, Чехии, Индонезии и др. Требования к показателям устойчивости по Маршаллу, условной пластичности и условной жесткости предъявляются в Чехии, Италии, Норвегии и Индонезии. Численные значения нормируемых показателей свойств ЩМА по Маршаллу приведены в табл. 4.

Требования к показателям свойств ЩМА по Маршаллу

Т а б л и ц а 4

Показатели по Маршаллу	Индонезия	Норвегия	Чехия	Италия
Устойчивость при 60 °С, (кг), не менее	800	600 (450)	600	1300
Пластичность, мм	2 - 4	1,5-4,0 (4,6)	3,0-4,5	-
Жесткость по Маршаллу, кН/мм	1,9 - 3,0	1,6 (2,3)		не менее 2,0

Кроме зернового состава нормированию подлежит содержание битума и стабилизирующей добавки. Для оценки удерживающей способности ЩМА разработан специальный метод испытания на отслаивание вяжущего - метод «антикапания». Его применяют при выборе эффективных стабилизирующих добавок, а также при проектировании составов смесей. В переработанном виде данный метод рекомендован к применению и при контроле качества выпускаемой смеси в условиях России.

Несмотря на общие тенденции в нормировании показателей свойств, в ряде государств действуют свои национальные требования к сдвигоустойчивости

путем тестирования асфальтобетона на образование колеи от заданного числа проходов колесной нагрузки, а также методом крип - теста при сжатии цилиндрических образцов циклической нагрузкой. Иногда механические свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона вообще не нормируются. В то же время, например, во Франции кроме устойчивости к колееобразованию введены требования к комплексному модулю упругости (не менее 5400 МПа), показателю усталости и коэффициенту компрессионного вдавливания (не менее 0,8).

В отличие от обычного асфальтобетона в большинстве стран мира требования к коэффициенту уплотнения устраиваемых из щебеночно-мастичного асфальтобетона покрытий не предъявляются. При этом признаком выбраковки является остаточная пористость образцов – кернов, отбираемых из уплотненного покрытия. В некоторых странах вычисляют степень уплотнения слоев по отношению к плотности образцов Маршалла, которые формируются из укладываемой смеси ударами трамбовки. Минимальный коэффициент уплотнения покрытия из ЩМА в Венгрии, Германии, Италии, Корее и Индонезии принят равным 0,97, а в Испании – 0,98.

Обозначенные в спецификациях различных стран отличия в компонентном составе и показателях свойств ЩМА обусловлены главным образом их национальными особенностями, такими, как различия в погодно-климатических условиях, максимально разрешенные осевые нагрузки, вязкость применяемого вяжущего и т.п.

В России оптимальные составы ЩМА регламентированы государственным стандартом ГОСТ 31015–2002 «Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия», разработчиком которого является ФГУП «Союздорнии». Разработке технических условий предшествовали масштабные исследования по выявлению специфики структуры ЩМА, обоснованию комплекса требований к компонентному составу и физико-механическим свойствам композита с учетом климатических условий и нормативной базы России. Согласно ГОСТ 31015–2002 в зависимости от крупности применяемого щебня щебеночно-мастичные смеси подразделяются на следующие виды:

ЩМА-20 - с наибольшим размером зерен до 20 мм.

ЩМА-15 - с наибольшим размером зерен до 15 мм;

ЩМА-10 - с наибольшим размером зерен до 10 мм.

Соответственно указанные смеси рекомендуется применять на автомобильных дорогах любых технических категорий и городских улицах в I - V дорожно-климатических зонах для устройства верхних слоев покрытий толщиной:

ЩМА-20 – от 4.0 до 6,0 см;

ЩМА-15 – от 3.0 до 5,0 см;

ЩМА-10 – от 2.0 до 4, 0 см.

Зерновой состав минеральной части ЩМА представлен в табл. 5, где обязательные требования по контрольным ситам выделены жирным шрифтом.

Требования к зерновым составам ЩМА

Т а б л и ц а 5

Вид смеси	Содержание зерен в %, мельче данного размера, мм									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
ЩМА-10	-	-	90-100	30-40	19-29	16-26	13-22	11-20	10-17	10-15
ЩМА-15	-	90-100	40-60	25-35	18-28	15-25	12-22	10-20	9-16	9-14
ЩМА-20	90-100	50-70	25-42	20-30	15-25	13-24	11-21	9-19	8-15	8-13

При этом требования к зерновым составам смесей ЩМА-10, ЩМА-15 и ЩМА-20 по ГОСТ 31015–2002 согласуются с Европейскими нормами prEN 13108-6 для соответствующих марок *D8*, *D11* и *D16*, как показано на рис. 1. Следует отметить, что зерновой состав щебня по Европейским нормам определяется на грохотах с квадратной формой отверстий, а в России – с круглой. При необходимости соответствующего перевода значений можно воспользоваться данными табл. 6, либо расчетной формулой (1), что особенно важно при введении поправки на стадии производства смесей с применением современных асфатомесительных установок:

$$D_r = D_{kv} \times 1,25 \quad , \text{ мм} . \quad (1)$$

Требования к показателям физико-механических свойств ЩМА представлены в табл. 7.

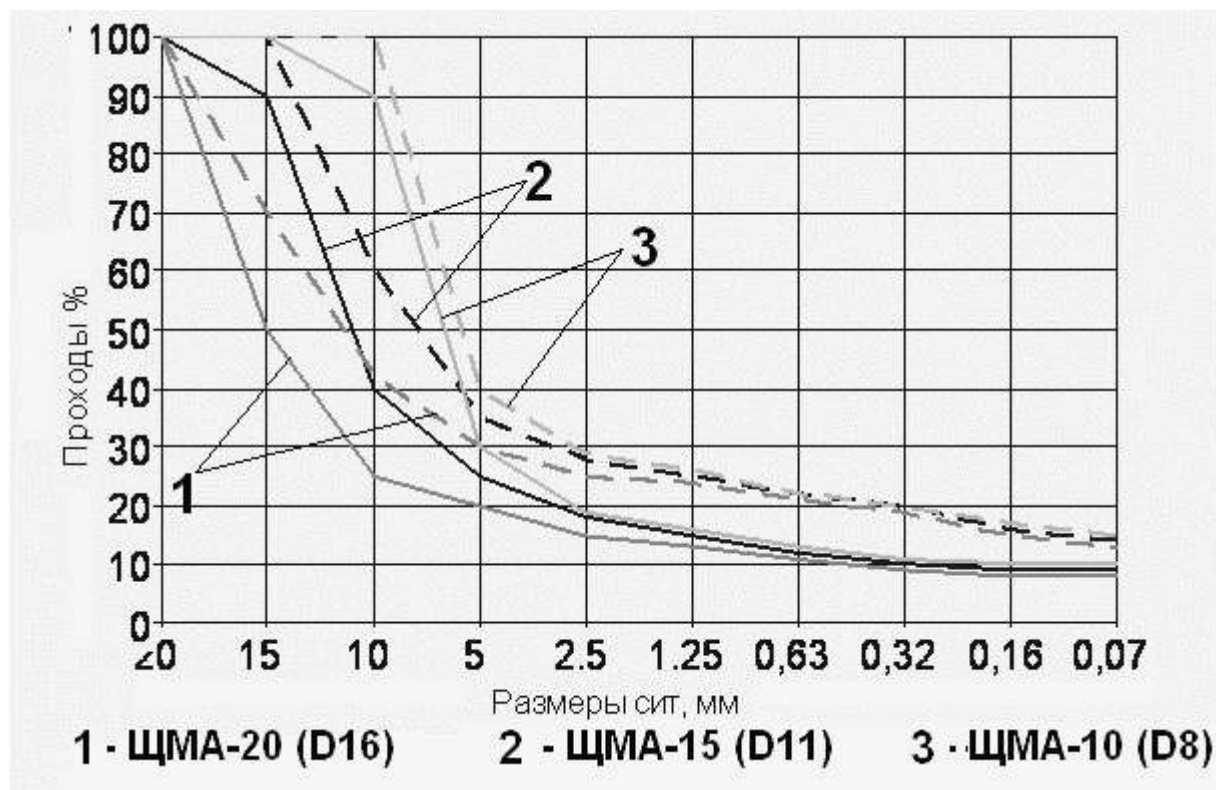


Рис. 1. Предельные кривые зерновых составов щебеночно-мастичных смесей по европейским и российским нормам

Соответствие применяемых отверстий решеток грохотов

Т а б л и ц а 6

Размеры отверстий сит, мм	
Круглые, D_r	Квадратные, D_{kv}
40,0	31,5
35,0	28,0
30,0	24,0
25,0	20,0
20,0	16,0
15,0	12,0
10,0	8,0
5,0	4,0

Физико-механические свойства ЩМА

Т а б л и ц а 7

Наименование показателя	Значение показателя для дорожно - климатических зон		
	I	II, III	IV, V
Пористость минерального остова, %	15-19	15-19	15-19
Остаточная пористость, %	1,5-4,0	1,5-4,5	2,0-4,5
Водонасыщение, % по объему:			
- в лабораторных образцах	1,0-3,5	1,0-4,0	1,5-4,0
- в кернах из покрытия, не более	3,0	3,5	4,0
Предел прочности при сжатии, МПа:			
- при температуре 20 °С, не менее	2,2	2,2	2,5
- при температуре 50 °С, не менее	0,60	0,65	0,70
Сдвигоустойчивость:			
- Коэффициент внутреннего трения $tg \varphi$, не менее	0,92	0,93	0,94
- Сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, МПа, не менее	0,16	0,18	0,20
Трещиностойкость:			
- предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа не менее	2,0	2,5	3,0
не более	5,5	6,0	6,5
Водостойкость при длительном водонасыщении, не менее	0,90	0,85	0,75
<i>Примечание:</i> При использовании полимерно-битумных вяжущих допускается снижать нормы сцепления при сдвиге и предела прочности на растяжение при расколе на 20 %.			

В соответствии со стандартом смеси должны выдерживать испытание на сцепление вяжущего с минеральной частью, быть однородными и устойчивыми к расслаиванию. Сцепление вяжущего с поверхностью минеральных зерен определяют по ГОСТ 12801. Однородность оценивают коэффициентом вариации показателей предела прочности на сжатие при температуре 50 °С, который должен быть не более 0,18.

Устойчивость к расслаиванию определяется методом стекания вяжущего, основанном на оценке способности смеси удерживать битумное вяжущее при хранении в накопительных бункерах, транспортировании, загрузке и выгрузке. Сущность испытания заключается в определении оставшегося количества смеси на стенках стеклянного стакана после его опрокидывания (см. рис. 2). Критерием устойчивости к расслаиванию является показатель стекания вяжущего, предельное значение которого должно быть не более 0,20 % по массе пробы

(рекомендуемые пределы показателя от 0,07 % до 0,15 %). При показателе стекания более 0,20 % увеличивают содержание стабилизирующей добавки на 0,05-0,1 % или снижают содержание битума в смеси.

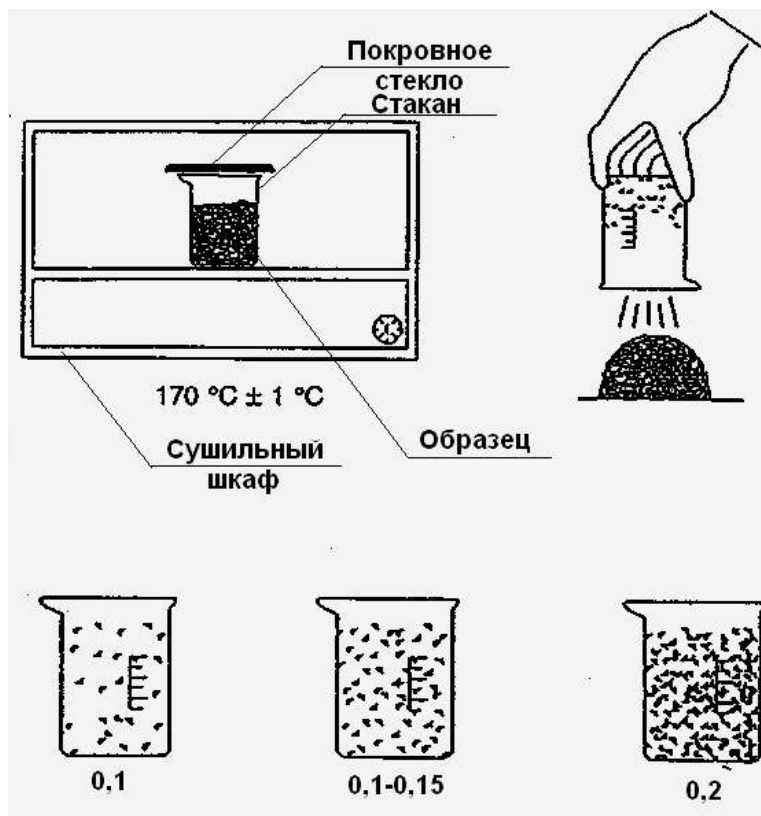


Рис. 2. Схема испытания смеси на стекание вяжущего

Температура щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей (ЩМАС) при выпуске из смесителя и укладке должна соответствовать требованиям табл. 8.

Требования к температуре горячей щебеночно-мастичной смеси

Т а б л и ц а 8

Марка вяжущего по глубине проникания иглы	Температура смеси, °С	
	При выпуске	При укладке, не менее
40 – 60	160-175	150
60 – 90	155-170	145
90 – 130	150-165	140
130 – 200	140-160	135

Примечание: В случае применения поверхностно-активных веществ или активированных минеральных порошков температуру нагрева минеральных материалов допускается снижать на 10-20 °С.

ЩМАС в зависимости от значения суммарной удельной эффективной активности естественных радионуклидов A в применяемых материалах используют при:

A до 740 Бк/кг – для строительства дорог и аэродромов без ограничений;

A до 1500 Бк/кг – для строительства дорог вне населенных пунктов и зон перспективной застройки.

Важнейшим элементом структуры ЩМА является щебень. Для приготовления смесей рекомендуется использовать щебень узких фракций 5-10, 10-15, 15-20 мм из плотных трудно шлифуемых горных пород по ГОСТ 8267. Допускается использовать щебень из металлургических шлаков по ГОСТ 3344, отвечающий соответствующим требованиям. По форме зерен применяемый щебень должен быть кубовидным и относиться к 1-й группе. Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы не должно превышать 15 %. Для получения качественного щебня с улучшенной формой зерен необходимо, как правило, применять специальные технологии его изготовления на соответствующем дробильно-сортировочном оборудовании.

Марка щебня по дробимости в цилиндре должна быть не ниже М 1200 в случае изверженных и метаморфических горных пород, не ниже М 1000 – для осадочных горных пород и не менее М 1000 – для гравия и металлургических шлаков. Марка щебня по истираемости должна соответствовать И 1, а по морозостойкости - не ниже F 50.

В качестве среднего заполнителя для приготовления ЩМАС следует применять песок из отсевов дробления горных пород, отвечающий требованиям ГОСТ 8736. Марка по прочности песка должна быть не ниже 1000, а содержание глинистых частиц, определяемых методом набухания, не превышать 0,5 %. При этом количество зерен мельче 0,16 мм не нормируется. Каменная мелочь из отсевов дробления, содержащаяся в песке, может быть использована в полном объеме при приготовлении ЩМАС взамен части минерального порошка.

Минеральный порошок должен отвечать требованиям ГОСТ 52129-2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей.

Технические условия.» Применяя активированный минеральный порошок, следует учитывать, что он может оказывать пластифицирующее действие, которое проявляется в снижении показателей сцепления при сдвиге и прочности при сжатии.

Стандартный минеральный порошок для асфальтобетонных смесей готовится при помоле известняка или доломита в специальных мельницах. Однако при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается применять в качестве минерального порошка не только пыль из системы пылеулавливания (зерна из отсевов дробления горных пород мельче 0,16 мм), но и другие техногенные отходы промышленного производства (золы уноса, цементная пыль и т.п.). Пригодность порошкообразных отходов промышленности в качестве минерального порошка должна обосновываться соответствующими лабораторными испытаниями, как самого порошка, так и образцов ЩМА, приготовленных на его основе.

Для приготовления щебеночно-мастичных смесей можно применять битумы нефтяные дорожные вязкие (БНД), отвечающие требованиям ГОСТ 22245, полимерно-битумные вяжущие (ПБВ) по ГОСТ Р 52056-2003, а также другие битумные вяжущие, выпускаемые по технической документации, согласованной и утвержденной в установленном порядке. При выборе марки битума следует руководствоваться следующими рекомендациями.

Условную вязкость, которая характеризует марку битумного вяжущего, рекомендуется выбирать в соответствии с данными табл. 9.

Рекомендации по выбору вязкости вяжущего для смесей ЩМА

Т а б л и ц а 9

Дорожно-климатическая зона	I	II - III	IV - V
Глубина проникания иглы, 0,1 мм	90-200	60-130	40-90
Примечание: Более вязкие битумы и ПБВ рекомендуется применять на грузонапряженных дорогах.			

При этом следует ориентироваться на образцы вяжущих, имеющих наиболее высокую адгезию с поверхностью применяемого щебня. При плохом сцеп-

лении битума со щебнем рекомендуется вводить добавки активаторов или поверхностно-активных веществ, преимущественно катионного типа.

В условиях тяжелых транспортных нагрузок и экстремальных температур рекомендуется применять ЩМА на основе полимерно-битумных вяжущих (ПБВ), особенно для устройства покрытий на мостах и городских улицах. Наиболее широкое применение в дорожном строительстве получили ПБВ с использованием модифицирующей добавки трехблочного сополимера типа «стирол-бутадиен-стирол» (SBS) в количестве до 6-6,5 % от массы битума. Различная физико-химическая природа структурных блоков сополимера приводит к образованию самоорганизующейся трехмерной полимерной сетки в объеме ПБВ вследствие физической сшивки макромолекул полимера. За счет этого битумное вяжущее приобретает свойства, присущие эластомерам, что приводит к большей упругой деформативности, снижению хрупкости при низких температурах (до -40°C) и одновременно к повышению сдвигоустойчивости покрытия при высоких температурах эксплуатации (до $+70^{\circ}\text{C}$).

При использовании добавок полимеров иногда допускается не вводить или снижать содержание стабилизирующей добавки в ЩМАС, если обеспечиваются требования к показателю стекания вяжущего и к другим показателям физико-механических свойств ЩМА, регламентируемых ГОСТом 31015-2002.

2.2. Стабилизирующие добавки в щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси

2.2.1. Разновидности стабилизирующих добавок

Стабилизирующее (структурирующее) действие добавок проявляется в виде способности их гомогенизировать выпускаемые горячие асфальтобетонные смеси, т.е. препятствовать сегрегации и отслоению (стеканию) битумного вяжущего при высоких технологических температурах. Вид и свойства применяемых добавок (см. рис. 3) имеют большое значение для обеспечения требуемого содержания вяжущего и повышения качества смеси.

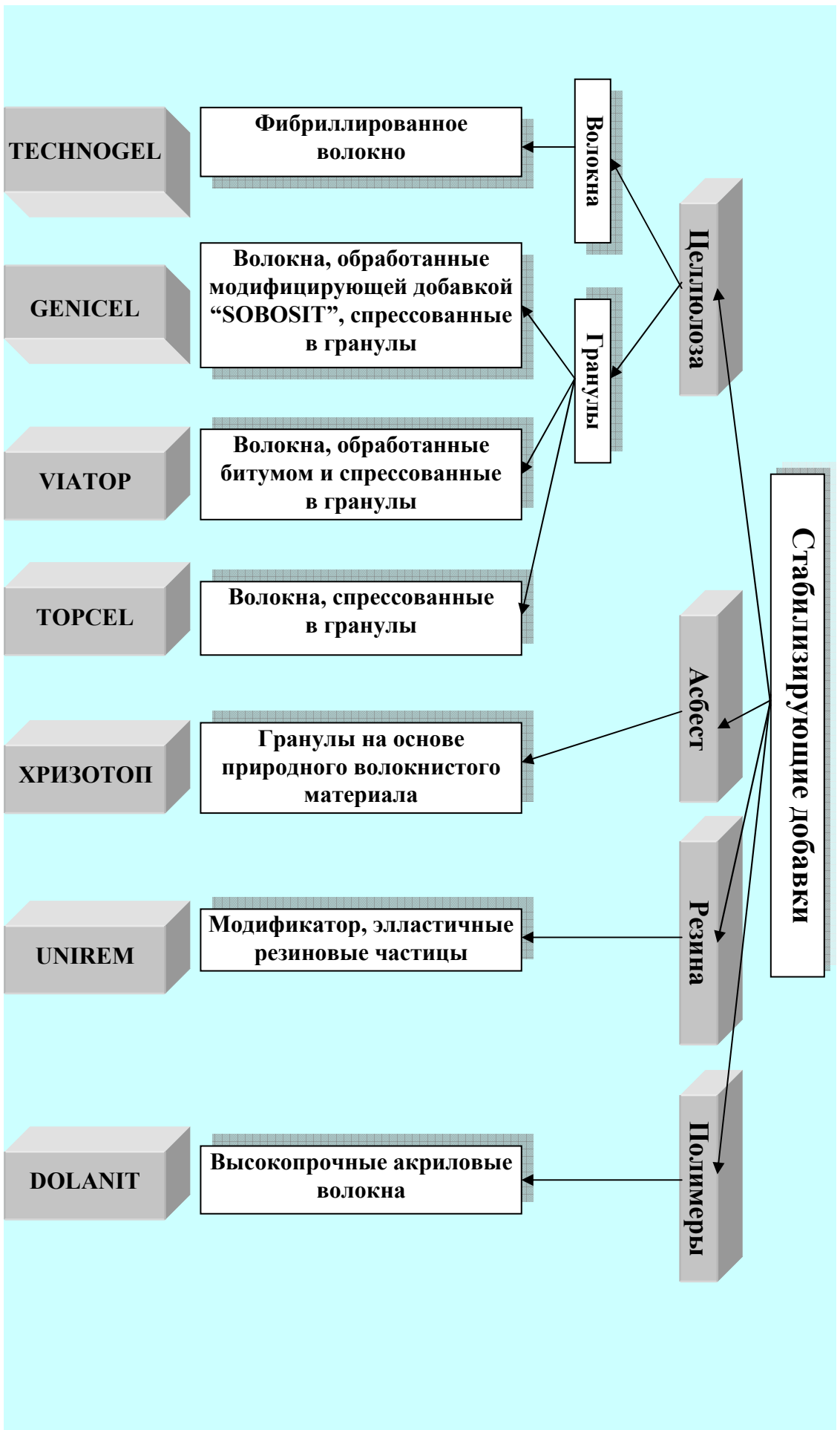


Рис. 3. Классификация стабилизирующих добавок для ПЦМА

Основная цель применения стабилизирующих добавок заключается в повышении толщины битумных пленок, обеспечивающих присутствие свободного (объемного) битума и однородности ЦМАС.

Изначально в качестве стабилизирующих добавок преимущественно использовали асбест и резиновую крошку, позволяющих вводить в ЦМА до 7% битума. Затем по технико-экономическим, технологическим, экологическим и прочим соображениям круг стабилизирующих добавок был расширен. В ходе экспериментальных работ установлено, что добавки целлюлозных, полимерных и минеральных волокон, термопластов и производных кремневой кислоты также способны в той или иной степени удерживать большой объем битума в смеси и предохранять ее от расслаивания. Следует отметить, что поиск эффективных стабилизирующих добавок в ЦМА продолжается.

К настоящему времени наибольшее распространение получили стабилизирующие добавки на основе целлюлозы, являющейся продуктом различных способов переработки растительного сырья. При этом целлюлоза применяется либо в виде фибриллированного (измельченного) волокна, либо в форме гранул. Короткофиберное целлюлозное волокно должно быть однородным и содержать не менее 50 % фибр длиной от 0,5 до 1,9 мм. Гранулированные добавки представляют собой волокна, спрессованные в гранулы с их обработкой модифицирующими составами или без нее.

Технические требования ГОСТ 31015-2002 к волокнистым стабилизирующим добавкам приведены в табл. 10. Волокнистая добавка должна быть однородной, без примесей, устойчивой к нагреву до температуры 220 °С и обладать влажностью не более 8 % по массе.

Требования ГОСТ 31015-2002 к свойствам целлюлозного волокна

Т а б л и ц а 10

Наименование показателя	Значение показателя
Влажность, % по массе, не более	8,0
Термостойкость при температуре 220 °С по изменению массы при прогреве, %, не более	7,0
Содержание волокон длиной от 0,1 мм до 2,0 мм, %, не менее	80

Пригодность не апробированных волокон (акриловых, минеральных, стеклянных и пр.), как и других добавок (резинового порошка, полимеров и пр.), следует предварительно обосновывать испытаниями ЩМАС. Применяемые добавки должны соответствовать требованиям соответствующей технической документации производителя, согласованной и утвержденной в установленном порядке.

Ниже приводятся технические характеристики некоторых стабилизирующих добавок, используемых в ЩМАС.

«*VIATOR 66*» – наиболее распространенная в применении добавка, представляет собой цилиндрические гранулы серого цвета без запаха, в которых каждое целлюлозное волокно имеет битумное покрытие (см. рис. 4, 5). В соответствии с технической спецификацией «*VIATOR 66*» - это гранулированная смесь на 66,6% состоящая из целлюлозных волокон «*ARBOCEL ZZ 8-1*» и на 33,3% из битума. Он нетоксичен и взрывобезопасен. Применение битумного покрытия целлюлозного волокна обеспечивает негигроскопичность и хорошую сыпучесть гранул, исключает их комкование при длительном хранении. Подобные свойства гранулированного материала существенно упрощают требования к системе дозирования, повышают равномерность распределения гранул в смесителе без увеличения времени сухого перемешивания. Наличие битумного покрытия также предотвращает обгорание волокон целлюлозы при попадании на горячий инертный каменный материал.



Рис. 4. Волокно стабилизирующей добавки «*VIATOR 66*»

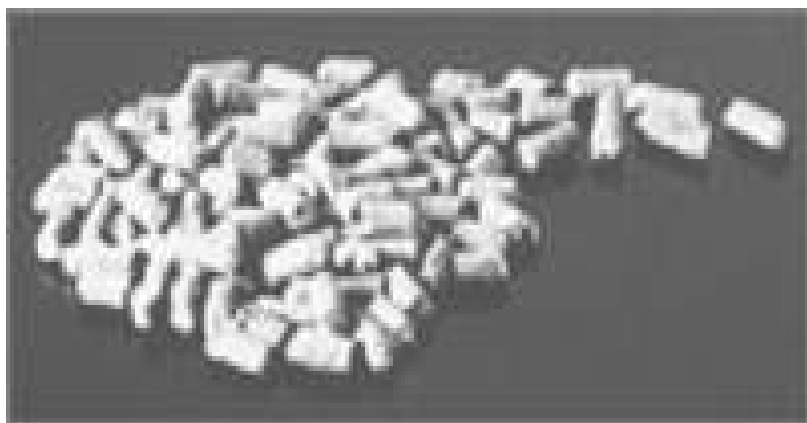


Рис. 5. Внешний вид стабилизирующей добавки «VIATOP 66»

Семейство добавок «VIATOP» включает несколько видов стабилизаторов, различающихся по процентному соотношению битум/целлюлоза (содержание в гранулах битума от 34 до 10 %). Наличие добавок с различными характеристиками дает потребителю возможность выбора оптимального варианта стабилизатора в зависимости от опыта и условий изготовления ЩМАС и обеспечить, тем самым, производство стабильной и качественной смеси.

В добавке «VIATOP superior» гранулы обработаны битумом, имеющим в своем составе специальный модификатор.

Применение гранулированных добавок, имеющих наибольшее количество битума («VIATOP 66») требует наименьших технологических затрат при производстве ЩМАС (в основном при дозировании) и рекомендуется для начинающих подрядчиков с минимальным опытом работы со ЩМА.

Подрядчики с достаточным опытом работы по производству ЩМАС при наличии надежной дозирующей системы могут эффективно использовать гранулы «VIATOP Premium» с минимальным содержанием битума, как наиболее экономичный вариант. Гранулы, обработанные модифицированным битумом, предназначены для применения в регионах с жарким климатом.

Добавка «VIATOP 66» характеризуется показателями, приведенными в табл. 11.

Свойства гранулированной стабилизирующей добавки «VIATOR 66»

Т а б л и ц а 11

Наименование показателя	Значение
Содержание «ARBOCEL ZZ 8-1»	65 – 70 %
Средняя длина гранулы	2 – 10 мм
Средняя толщина гранулы	5 ± 1 мм
Объемная плотность	480 – 530 г/л
Термическое разрушение	200 °С
Температура возгорания	500 °С
Растворимость в воде (при 20°С)	нерастворим
Базовый исходный материал	техническая целлюлоза
Содержание целлюлозы	80 ± 5 %
Водородный показатель рН	7,5 ± 1
Средняя длина волокон	1,1 мм
Средняя толщина волокон	45 мкм
Битум: пенетрация при 25°С	35 – 50 1/10 мм
Температура размягчения по КиШ	54 – 59 °С

Добавка «TOPCEL» представляет собой спрессованные гранулы из волокон целлюлозы (см. рис. 6), которые не содержат битум и характеризуются показателями, представленными в табл. 12.



Рис. 6. Внешний вид стабилизирующей добавки «TOPCEL»

Свойства гранулированной стабилизирующей добавки «TOPCEL»

Т а б л и ц а 12

Наименование показателя	Значение
Внешний вид	серые гранулы
Остаток при сжигании	15 %
Влажность	6 %
Водородный показатель рН	7 ± 1
Рекомендуемая дозировка	0,3 – 0,4 %

Стабилизирующая добавка «*TECHNOCEL 1004*» серого цвета состоит из не спрессованных целлюлозных волокон, в которых битум, распределяясь между последними, образует гомогенную мастичноподобную массу (см. рис. 7). Волокно «*TECHNOCEL*» служит исходным продуктом для изготовления гранул «*TOPCEL*».



Рис. 7. Внешний вид стабилизирующей добавки «*TECHNOCEL 1004*»

Продукт «*TECHNOCEL 1004*» имеет развитую пространственную структуру, устойчив к воздействию нагрева до 250 °С, экологически чист, физиологически и токсикологически безопасен и характеризуется показателями, представленными в табл. 13.

Свойства целлюлозных волокон «*TECHNOCEL 1004*»

Т а б л и ц а 13

Наименование показателя	Значение
Содержание целлюлозы	75 %
Насыпная плотность	25 г/л
Влажность	6 %
Водородный показатель pH	7
Содержание фибр длиной менее	
800 мкм	85 %
200 мкм	50 %
32 мкм	15 %

Благодаря своим уникальным свойствам, он зарекомендовал себя наилучшим битумоносителем в дренирующем, высокоплотном, пористом, гидротехническом и литом асфальтобетонах.

«*GENICEL*» - это гранулированная добавка (см. рис. 8), изготавливаемая из волокон «*TECHNOCEL*» и новой битумной добавки «*SASOBIT*» для гибкого производства асфальта, модифицируемого непосредственно в асфальтосмесительной установке. Грануляция волокна гарантирует быстрое и гомогенное распределение битумной добавки в смеси. Одновременно волокно стабилизирует фазу битум-раствор и улучшает свойства асфальта. Хранение в больших мешках или маленьких бочках в сухих закрытых помещениях гарантирует возможность немедленного применения и подбора необходимого состава смеси.



Рис. 8. Внешний вид стабилизирующей добавки «*GENICEL*»

При приготовлении смеси добавка «*GENICEL*» вводится вручную или автоматически при помощи дозатора гранулята непосредственно после дозировки минеральных веществ в смеситель. Температура в процессе перемешивания ЩМАС зависит от вязкости битумного вяжущего и составляет 130–160 °С. Это дает возможность снизить температуру укладки смеси.

ЩМА, модифицированный «*GENICEL*», характеризуется уменьшенной глубиной колеобразования и существенно более высокой устойчивостью в диапазоне рабочих температур. В качестве технологических достоинств смесей с применением данной добавки можно отметить: расширение температурного и временного режимов укладки и уплотнения смесей, возможность достижения

более высокой плотности слоя при одних и тех же затратах энергии, меньшую зависимость процесса устройства слоя от климатических условий.

Добавка «*DOLANIT*» представляет собой высокопрочное акриловое волокно, характеризующееся нерастворимостью и отсутствием набухания в большинстве растворителей, таких, как бензин, минеральные масла, спирты и химической стойкостью к щелочам, кислотам и продуктам гидролиза. Добавка устойчива к ультрафиолетовым лучам, не поддается разложению, не плавится, при температуре свыше 240 °С принимает оттенок бурого цвета, а при 515 °С воспламеняется. Поставка продукта осуществляется в полиэтиленовых мешках весом от 1 до 3 кг в виде порошка (рыхлая масса) и гранулята, которые по своим технологическим свойствам идентичны. Однако для высокомеханизированных и высокопроизводительных асфальтовых установок предпочтительно применение гранулированного продукта. В настоящее время производство аналогичных добавок в России отсутствует. Характеристики показателей свойств добавки приведены в табл. 14.

Свойства волоконной добавки «*DOLANIT*»

Т а б л и ц а 14

Наименование показателя	Значение
Средний диаметр волокон	13 мкм
Средняя длина волокон	4 мм
Поперечный разрез волокон	почковидный
Цвет	желтоватый
Плотность	1,18 г/см ³
Прочность при растяжении	910 МПа
Максимальное удлинение	8-12 %
Начальный модуль упругости	17100 МПа

2.2.2. Технология производства стабилизирующих добавок на основе целлюлозы

Основным источником получения целлюлозы служит древесина, в которой её содержание составляет 45-50 %. В результате химической обработки древесины выделяется продукт, содержащий до 95-98 % целлюлозы, используемый для производства бумаги, тканей, пленок, пластмассы и т.п.

В качестве сырья для получения стабилизирующих добавок в ЩМА являются отходы бумажной промышленности. Процесс приготовления бумажной массы включает в себя операции мокрого размола древесины, в ходе которого происходит фибрилляция волокон целлюлозы и ее измельчение. Приготовленная таким образом бумажная масса укладывается на сетку, промывается водой, уплотняется и прессуется. Вместе с промывочной водой через сетку уносится некоторое количество волокон и (по основной технологии) направляется в отстойники - шламонакопители (поля фильтрации).

Учитывая, что содержание волокон в «подсеточной» воде может достигать от 0,2 до 2,0 г/литр, водно-волокнистую смесь направляют на барабанный вакуум-фильтр для выделения твердого осадка. Осадок представляет собой практически чистую бумажную массу с содержанием целлюлозы около 50 % с отдельными случайными включениями. Средняя относительная влажность осадка составляет 88-90 %. Цвет осадка - от серого до светло-коричневого.

Далее процесс производства стабилизирующих добавок на основе целлюлозы осуществляется по следующей технологии:

1. Транспортировка осадка от вакуумного фильтра до производственного участка автотранспортом с выгрузкой в приямок.

2. Межоперационное хранение осадка с выполнением мероприятий по предотвращению высыхания волокнистой массы (укрытие приямка пленкой и орошение водой). При образовании корки перед подачей на переработку пересушенные участки увлажняют до первоначальной влажности.

3. Предварительное измельчение (до 5 мм) с частичным обезвоживанием осадка до влажности 80-82 % для обеспечения однородности материала по размерам и структуре.

4. Сушка осадка при температуре 125 °С до влажности 8 %. Измельченный материал вручную выгружается в поддон и выравнивается по площади слоем толщиной не более 10 мм. Далее поддон устанавливается на стеллаж сушильного шкафа. Время сушки одной партии из 8(15) поддонов - 30 (60)мин. По окончании сушки поддоны выгружаются и устанавливаются на стеллаж для охлаж-

дения. После охлаждения в течение 15 мин высушенный материал перегружается в бункер-накопитель установки окончательного измельчения.

5. Финишное измельчение осадка до средних размеров волокон 1,0 - 4,5 мм осуществляется одним из следующих способов: ударный, истирание, раздавливание, резание, истирание с кавитацией.

6. Расфасовка и упаковка. Готовый продукт воздушным потоком от встроенного вентилятора центробежного отделителя транспортируется в устройство расфасовки, где укладывается в полиэтиленовые пакеты емкостью до 5 литров. Заполненные пакеты запаиваются и отправляются на склад готовой продукции.

2.3. Опыт устройства и эксплуатации дорожных покрытий

В настоящее время мировая практика насчитывает тысячи километров дорог, построенных либо восстановленных с применением щебеночно-мастичных смесей, что свидетельствует о постепенном вытеснении традиционных типов асфальтобетона при устройстве защитных и конструктивных слоев дорожных покрытий. При этом щебеночно-мастичный асфальтобетон, как более долговечный и устойчивый к интенсивным климатическим и транспортным воздействиям, особенно хорошо зарекомендовал себя на наиболее сложных участках дорог. В процессе наблюдения за работой покрытий собраны уникальные статистические данные, анализ которых позволил специалистам не только установить требования к составам смесей, но и оценить фактические эксплуатационные свойства ЩМА в сравнении с обычными асфальтобетонами в части устойчивости к образованию колеи и трещин, снижения ровности, технологичности и прочих факторов. Ниже приводятся наиболее значимые результаты практического использования ЩМА.

Анализ динамики применения ЩМА в Западной Европе показал тенденцию постепенного перехода к устройству тонких защитных слоев покрытий, которые после 6 лет эксплуатации имели более высокие эксплуатационные показатели качества (ровность, шероховатость, водонепроницаемость) по сравне-

нию с аналогичными слоями из холодных эмульсионно-минеральных смесей. Большинство обследованных участков покрытий из ЩМА устраивались на старых асфальтобетонных покрытиях, имеющих различные дефекты, в том числе продольные и поперечные трещины. Тем не менее, после ремонта были обнаружены только отраженные поперечные трещины при полном отсутствии трещин других видов. Все они были узкими и не имели разветвлений.

В Голландии ЩМА впервые были применены в 1986 году. Эти участки, построенные по Германской спецификации, признаны удовлетворительными после 11 лет интенсивной эксплуатации. Данное обстоятельство дало возможность специалистам сделать положительный прогноз на последующие 15 лет.

Определенный интерес представляют результаты наблюдений за технологическими свойствами ЩМА. В частности установлено, что горячая смесь, имея в своем составе большое количество дробленого щебня и клейкого вяжущего, является крайне тяжелой для ручных работ. Однако благодаря большому количеству вяжущего она выходит из-под асфальтоукладчика идеально ровная и уплотнение не представляет особых проблем. Расслоение не характерно для смесей ЩМА, прежде всего, за счет более однородного по зерновому составу щебня. В качестве наиболее вероятного дефекта отмечается возможность образования на поверхности покрытия битумных пятен («выпотевания» битума). При использовании вяжущего с добавками полимеров размер пятен, как правило, не превышает 50 мм. Их появление может быть вызвано несколькими причинами: недостаточным количеством стабилизирующей добавки целлюлозы, большим количеством вяжущего, недостаточным количеством мелкого щебня (отсева), чрезмерно высокой температурой смеси или повышенной влажностью основания. Смесей ЩМА восприимчивы к содержанию минерального материала, прошедшего через сито 4,75 мм. Увеличение процента данной фракции способствует выпотеванию битума. Избыток влаги при контакте основания с горячей смесью вызывает ее выпаривание и, как следствие, отслоение битума от минерального материала. При этом высвободившийся битум имеет тенденцию к миграции на поверхность под воздействием уплотняющих нагрузок.

Первые результаты внедрения ЩМА в России также следует расценивать как положительные. За рассматриваемый период в производственных условиях были апробированы щебеночно-мастичные смеси с максимальным размером минеральных зерен 10, 15 и 20 мм. При этом наибольший объем работ выполнен из смеси ЩМА-15. В составах смесей использовался щебень из горных пород различных месторождений, включая гранит, прочный известняк и т.п. Эксперименты производились главным образом с применением гранитного щебня, хотя наиболее предпочтительным являются щебни из основных изверженных пород типа габбро и диабаз.

В качестве вяжущих применялись нефтяные дорожные битумы марок БНД 60/90, БНД 90/130, БН 90/130, БДУ 70/100 и полимерно-битумное вяжущее ПБВ 60. Построены участки дорожных покрытий из ЩМА как с применением адгезионных добавок катионного типа, так и без них. При выпуске щебеночно-мастичных смесей были апробированы практически все стабилизирующие добавки, присутствующие на рынке России. Наибольший объем смесей выпущен с применением гранулированной добавки «*VIATOR 66*».

Ежегодные наблюдения за состоянием покрытий из ЩМА и обобщение данных об их работоспособности и долговечности в различных регионах России являются весьма полезными. На данный момент по общепризнанному мнению членов комиссий установлено, что экспериментальные участки с покрытием из ЩМА находятся в хорошем состоянии - на всем их протяжении выбоины, выкрашивание и шелушение отсутствуют, чего нельзя сказать о контрольных участках. Повышенная устойчивость ЩМА к эрозионным разрушениям подтверждается высокими показателями водостойкости при длительном водонасыщении, которые на момент обследования не превышали 1,5 %, что позволяет характеризовать устраиваемый слой как водонепроницаемый.

Единственным дефектом покрытий из ЩМА является наличие поперечных трещин. Так, при инструментальном обследовании автодороги «Дон» установлено, что все трещины являются отраженными от трещин блочного основания. Причем расстояние между ними не зависит от качества укладываемого покры-

тия, а связано с характером деформирования нижележащих конструктивных слоев дорожной одежды и земляного полотна. Ширина раскрытия трещин переменная по толщине слоя из ЩМА от 1- 6 мм на поверхности до 10–15 мм на границе с основанием. Средняя ширина раскрытия трещин на участках ЩМА оказалась примерно в 1,5-2 раза меньше, чем в покрытии из асфальтобетона типа А. В летний период большинство поперечных трещин в покрытии из ЩМА становились визуально незаметными, однако осенью они снова раскрывались. Разрушения асфальтобетона в зоне трещин отсутствуют, хотя за весь период эксплуатации они не saniровались. Отмечено, что даже в экстремально жаркие периоды эксплуатации колея на покрытии не образуется, что подтверждено данными измерений поперечной ровности.

Результаты испытаний вырубок и образцов ЩМА из построенных покрытий указывают на их соответствие требованиям ТУ-5718.030.01393697-99. В качестве примера в табл. 15 приводятся результаты статистической обработки данных испытаний образцов щебеночно-мастичного асфальтобетона из экспериментальных участков покрытий на автодороге «МКАД- Кашира».

Фрикционные свойства покрытия из ЩМА определяли в соответствии с ГОСТ 30413-96 установкой ПКРС - 2У. Результаты замеров коэффициента сцепления колеса с поверхностью покрытий на обследуемых участках автодороги «МКАД - Кашира» по данным Центральной станции испытания автодорог Союздорнии представлены на рис. 9.

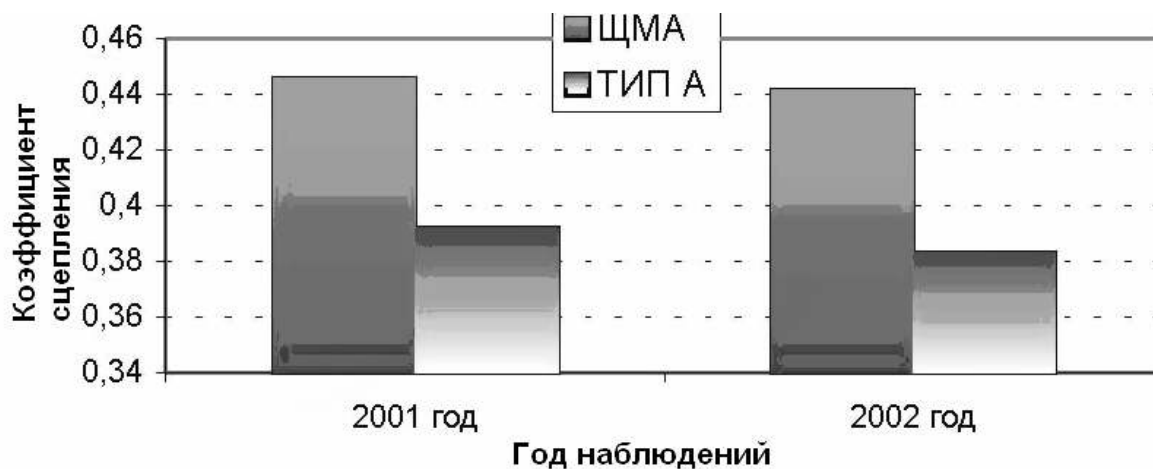


Рис. 9. Сравнение фрикционных свойств покрытий из ЩМА и типа А в различные годы обследования

Сводные результаты испытаний кернов щебеночно-мастичного асфальтобетона из экспериментальных участков покрытий на автодороге «МКАД - Кашира»

Т а б л и ц а 15

Наименование участка	Время испытаний	Параметр распределения	Керны			Переформованные образцы				Коэффициент уплотнения
			Толщина слоя, см	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение %	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение %	R20 вод, МПа	R50, МПа	
км 117+600 - км 119 ЩМА-15	10/2000 г	AV=	4.28	2.61	0.86	2.63	1.08	3.30	0.72	0.994
		STD=	0.4817	0.0122	0.8264	0.0045	0.6979	0.3742	0.1095	0.0055
		Cv,%=	11.3	0.5	96.1	0.2	64.6	11.3	15.2	0.6
	03/2001 г	AV=	4.07	2.60	0.90	2.62	1.57	3.73	0.73	0.993
		STD=	0.5132	0.0100	0.9539	0.0058	0.8145	0.1528	0.0764	0.0058
		Cv,%=	12.6	0.4	106.0	0.2	52.0	4.1	10.4	0.6
03/2002 г	AV=	4.00	2.63	0.30	2.63	0.80	3.85	0.85	1.00	
	STD=	0.5000	0.0104	0.2000	0.0100	0.5657	0.9192	0.0636	0.0011	
	Cv,%=	12.5	0.4	66.7	0.4	70.7	23.9	7.5	0.1	
км 96 – км 103 ЩМА-15	07/2001 г	AV=	4.8	2.354	1.88	2.40	1.51	2.9	0.9	0.981
		STD=	0.5310	0.0272	0.8800	0.0094	0.6025	0.335	0.175	0.0132
		Cv,%=	11.1	1.2	46.8	0.4	39.9	34	19.4	1.3
	03/2002 г	AV=	4.68	2.39	0.82	2.39	1.92	2.95	0.84	1.003
		STD=	0.5529	0.0137	0.4708	0.0052	0.7574	0.2517	0.1626	0.0051
		Cv,%=	11.8	0.6	57.7	0.2	39.5	8.5	19.5	0.5
км 103 – км 105 ЩМА-20	07/2001 г	AV=	4.7	2.441	1.10	2.455	2.5	2.8	0.7	0.99
		STD=	0.5692	0.0554	0.5831	0.01	0.5	0.210	0.041	0.006
		Cv,%=	12.2	2.3	53.0	0.4	20	7.5	5.9	0.6
	03/2002 г	AV=	5.33	2.40	1.17	2.40	2.37	2.60	0.64	1.00
		STD=	0.2887	0.0058	0.2887	0.0058	0.3055	0.4243	0.1414	0.0024
		Cv,%=	5.4	0.2	24.7	0.2	12.9	16.3	22.1	0.2

Примечание: AV – среднее значение показателей свойств в выборке; STD – среднее квадратическое отклонение; Cv,% -коэф-т вариации.

Из представленных данных следует, что ЩМА не только обеспечил более высокое сцепление колеса с покрытием по сравнению со смежным участком из асфальтобетона типа А примерно в 1,8 раза, но и более стабильные его значения во времени на полосе наката. На участке 95–103 км коэффициент сцепления колеса автомобиля с покрытием из ЩМА-15 оказался равным в среднем 0,46 при коэффициенте вариации 2%. На участке 103–105 км из ЩМА-20 средний коэффициент сцепления составил 0,44 при коэффициенте вариации 2,9 %.

По данным лаборатории технологии и механизации дорожных работ показатели ровности по измерениям просветов под трехметровой рейкой на экспериментальном участке покрытия из ЩМА располагаются выше предельного 95 %-го значения. Ровность устроенного покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона зависит в основном от качества сопряжения смежных полос. Были отмечены протяженные участки покрытия со 100 % -ной ровностью, чего трудно достичь при укладке традиционных асфальтобетонных смесей даже в случае применения автоматики нивелирования укладчика. В целом результаты проведенных обследований показали большие потенциальные возможности щебеночно-мастичного асфальтобетона в обеспечении ровности покрытий, что объясняется малыми величинами припуска на уплотнение горячей смеси, а также практическим отсутствием волны перед вальцом катка при уплотнении слоя.

Выявленные преимущества экспериментальных покрытий из ЩМА по основным эксплуатационным показателям качества дают возможность прогнозировать их более высокую долговечность.

3. Свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона

3.1. Особенности структуры щебеночно-мастичного асфальтобетона

В структурном отношении щебеночно-мастичный асфальтобетон отличается от других типов смесей настолько, что его относят к самостоятельной группе дорожно-строительных материалов. Принципиальное различие обнаруживается уже на макро- и микроструктурном уровне при формировании мине-

рального остова асфальтобетона. В частности, если подбор зернового состава традиционных асфальтобетонов основан на принципе плотных смесей, т.е. получении наибольшей плотности материала после его уплотнения, то в ЩМА это правило не действует. На рис. 10 показано, что кривые зернового состава минеральной части ЩМА существенно отклоняются от аналогичных кривых для плотных смесей.

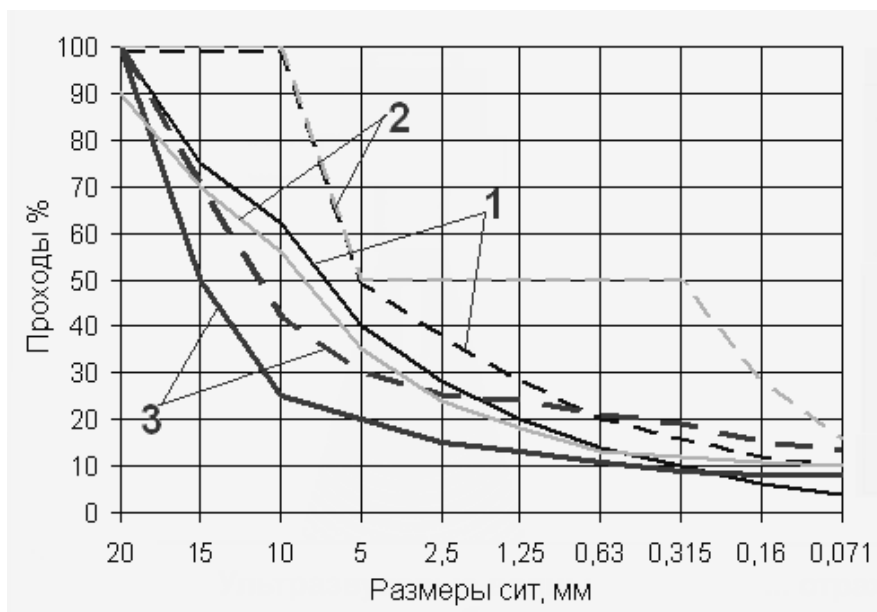
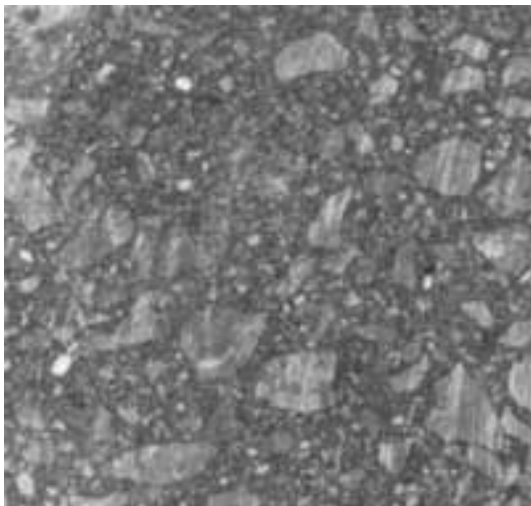


Рис. 10 Сравнение зерновых составов ЩМА с плотным асфальтобетоном тип А и высокоплотным асфальтобетоном по ГОСТ 9128 -97:
 1 – плотный асфальтобетон тип А; 2 – высокоплотный асфальтобетон;
 3 – щебеночно-мастичный асфальтобетон

Вторая отличительная черта ЩМА от обычного асфальтобетона заключается в ужесточении допуска на размер применяемого щебня. Это обусловлено наличием в щебеночном скелете большого объема пустот, заполняемых битумной мастикой. В свою очередь мастика готовится на основе зерен крупностью до 2,5 мм с содержанием минерального порошка в пределах 8–13 %. Каркас или макроструктуру смесей составляет фракционированный (одномерный) щебень кубовидной формы размером 5–10 мм, 10–15 мм или 15–20 мм в количестве 70-80 % по массе. Именно наличие в зерновом составе двух составляющих позволяют ЩМА одновременно обеспечивать оптимальную плотность, повышенную шероховатость поверхности и низкую водонепроницаемость слоя (см. рис. 11).

а)



б)

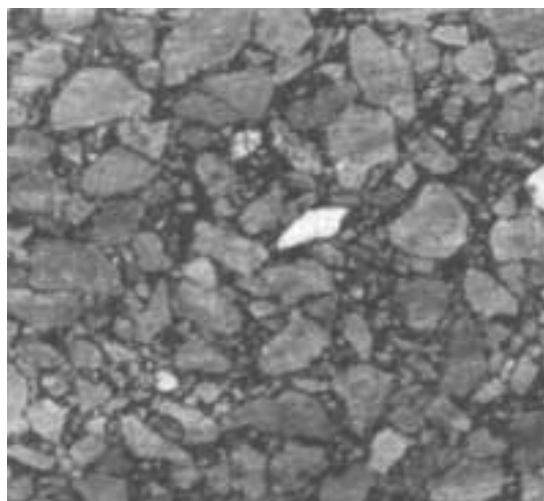
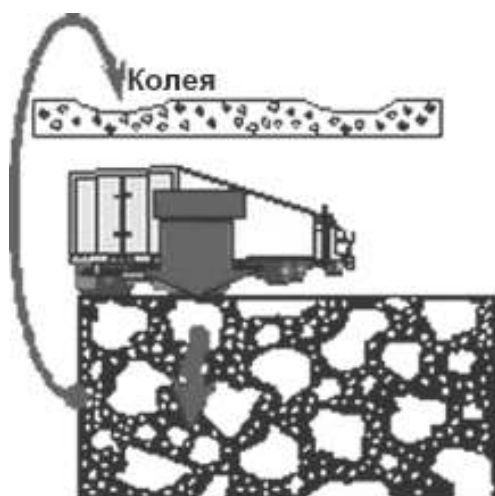


Рис. 11. Текстура поверхности асфальтобетона: а) – плотный асфальтобетон; б) – щебеночно-мастичный асфальтобетон

При проектировании смесей следует стремиться к тому, чтобы макроуровневая составляющая (крупная, промежуточная и часть мелкой) была представлена узкими фракциями щебня и частично отсевами дробления, подобранными по принципу непрерывной гранулометрии. За счёт жёсткой пространственной системы, когда зёрна щебня имеют между собой непосредственный контакт, проявляется повышенная сдвигоустойчивость ЩМАС и устойчивость против образования колеи (см. рис. 12), вследствие чего они рекомендуются для применения в условиях тяжёлого и интенсивного движения автомобилей.

а)



б)

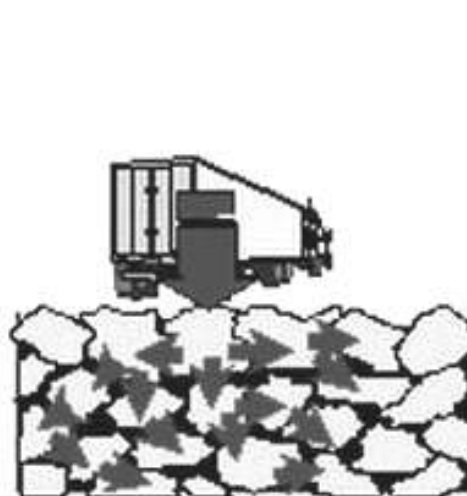


Рис. 12. Схема передачи колесной нагрузки: а) – асфальтобетон по ГОСТ 9128 -97; б) – щебеночно-мастичный асфальтобетон

3.2. Физико-механические свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона

Для лучшего понимания структурных особенностей ЩМА произведено экспериментальное сравнение его физико-механических свойств со свойствами плотного асфальтобетона типа А и высокоплотного асфальтобетона (ВПА), наиболее часто применяемых в России в подобных дорожных условиях.

Каркасный асфальтобетон типа А используют на дорогах для повышения сдвигоустойчивости и шероховатости покрытий с 1967 года. В соответствии с последней редакцией ГОСТ 9128 его минеральная часть содержит 50-60 % щебня крупнее 5 мм, а количество минерального порошка ограничено пределами 4-8 % по массе. Высокоплотный асфальтобетон разрабатывался с целью одновременного повышения сдвигоустойчивости, водо- и морозостойкости покрытий. Он включает 55-65 % щебня, необходимого для создания каркаса, мелкий песок и минеральный порошок в количестве 10-16 %.

Зерновые составы сопоставляемых асфальтобетонных смесей с максимальной крупностью зерен 15 мм приведены на рис. 13.

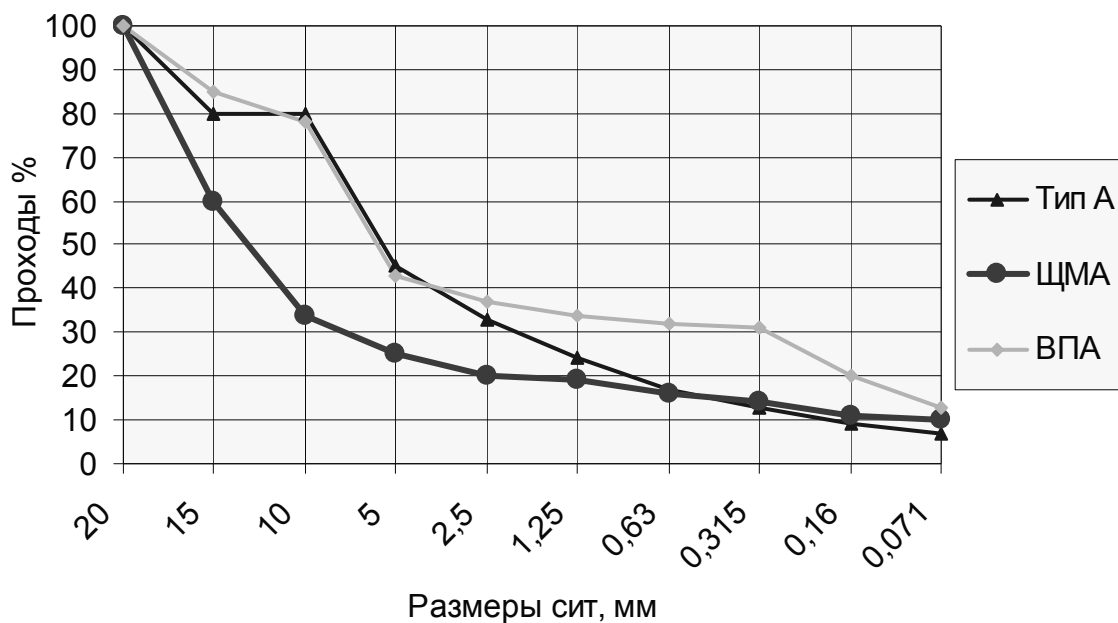


Рис. 13. Зерновые составы сопоставляемых асфальтобетонов

Для оптимизации показателей физико-механических свойств каждого асфальтобетона смеси готовили при различном содержании битумного вяжущего с шагом варьирования 0,5 % от массы минеральной части. В результате лабораторных испытаний образцов было установлено следующее.

Пористость минерального остова (см. рис. 14) ЩМА оказалась выше, чем у асфальтобетона типа А и значительно выше ВПА. При этом плотный и высокоплотный асфальтобетоны подчиняются известному правилу створа, обнаруживая оптимальное содержание битумного вяжущего при минимальных значениях пористости минерального остова. ЩМА, напротив, характеризуется ростом содержания вяжущего в смеси от 5 до 6,5 % пропорционально увеличению пористости минерального остова с 16 до 18 %.

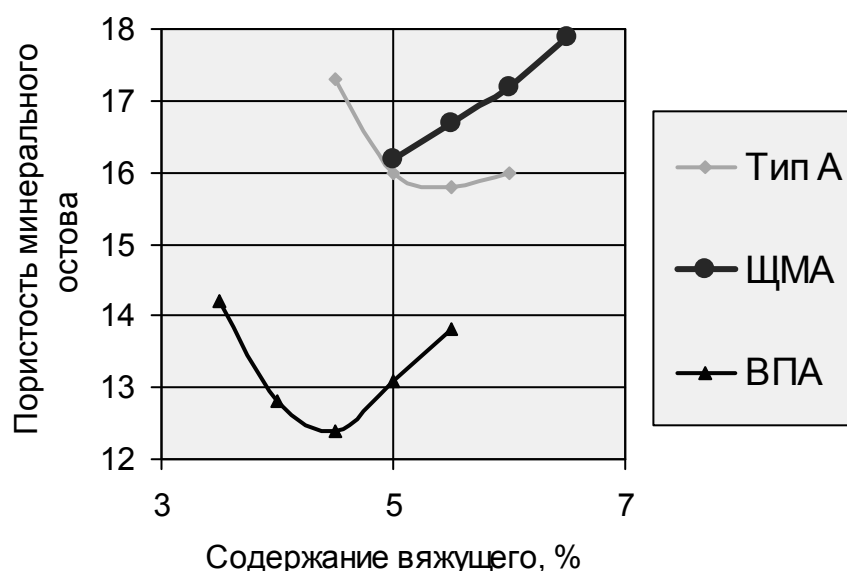


Рис. 14. Зависимость пористости минерального остова асфальтобетонов от содержания вяжущего

Остаточная пористость всех асфальтобетонов имеет общую тенденцию к снижению по мере увеличения количества битума (см. рис. 15). Однако у ЩМА этот процесс выражен намного слабее, чем у типа А или ВПА. В частности, при изменении содержания битума в смеси на 1 % остаточная пористость изменяется на 5 % у высокоплотного, на 3 % у плотного, а у щебеночно-мастичного асфальтобетонов всего на 1 %. Аналогично изменяются и показатели водонасыщения асфальтобетонов – увеличение количества вяжущего на 1 % вызывает

снижение водонасыщения на 3 % у асфальтобетона типа А и на 1 % у образцов из ЩМА.

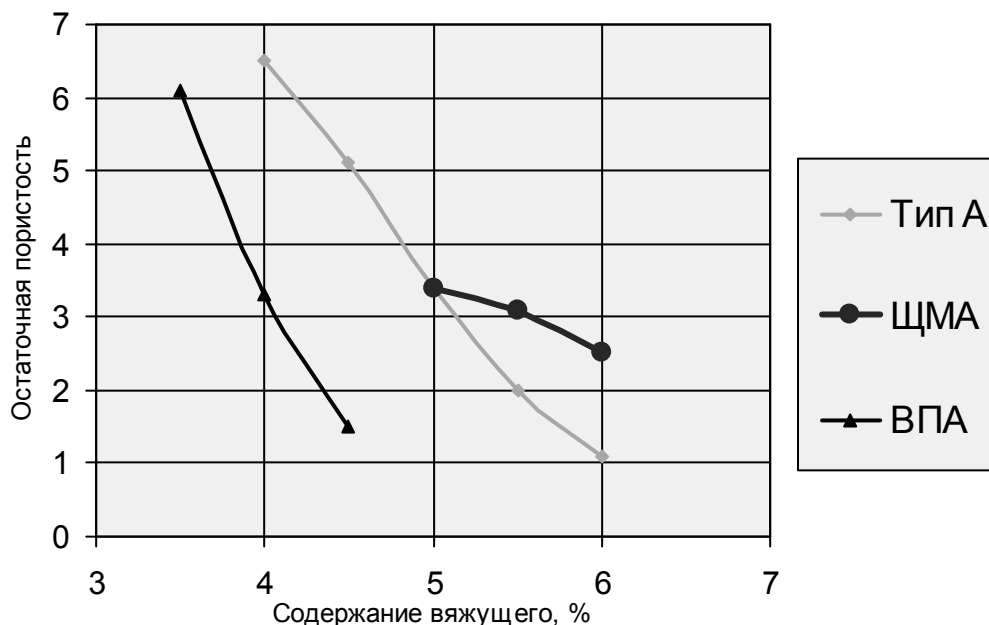


Рис. 15. Зависимость остаточной пористости асфальтобетонов от содержания вяжущего

Полученные результаты свидетельствуют о том, что структура ЩМА ориентирована на раздвижку минерального остова и присутствие в уплотненном материале слабоструктурированного и объемного битума. Более толстые пленки асфальтового вяжущего, с одной стороны, приближают ЩМА по свойствам к литому асфальтобетону. В то же время по степени структурирования битума минеральным порошком, содержанию щебня и поровой структуре эти составы не сопоставимы.

Показатели прочности при сжатии у щебеночно-мастичного асфальтобетона оказались самыми низкими (см. рис. 16). Независимо от содержания вяжущего прочность ЩМА также не подчиняется правилу створа, и характерные для обычных асфальтобетонов пики на кривой ЩМА отсутствуют. При этом если максимум прочности у высокоплотного асфальтобетона обнаруживается при остаточной пористости 2,5 %, у асфальтобетона типа А – при 3,5 %, то у ЩМА он не проявляется во всем регламентируемом диапазоне значений остаточной пористости.

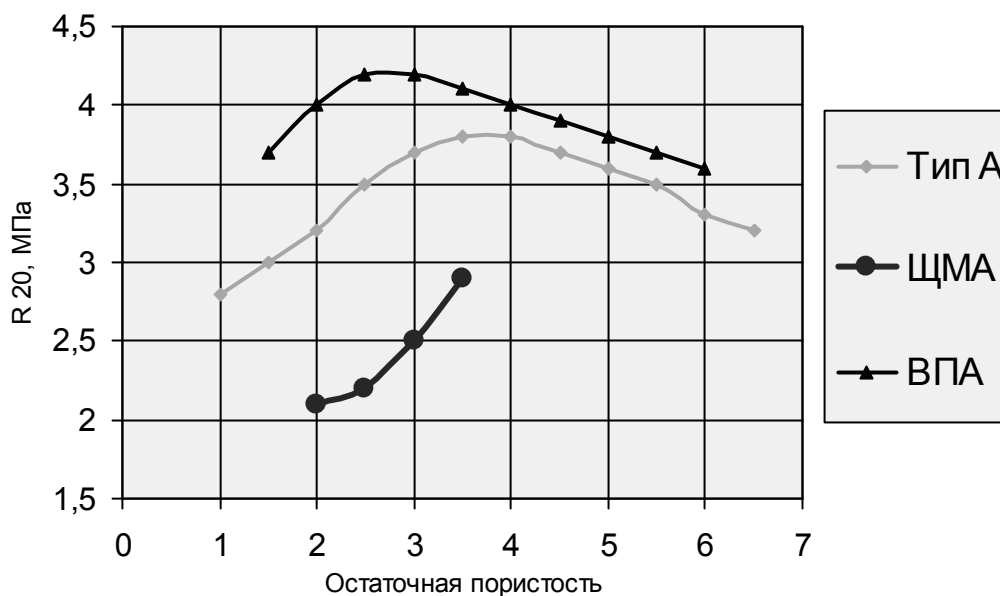


Рис. 16. Зависимость прочности при сжатии от остаточной пористости асфальтобетонов

Сцепление при сдвиге при температуре $+ 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и коэффициент внутреннего трения. Подобные зависимости были установлены для показателя когезионного сцепления асфальтобетонов, представленные на рис. 17. Этот показатель у щебеночно-мастичного асфальтобетона также значительно ниже, чем у асфальтобетона типа А. Сцепление ЩМА при сдвиге неуклонно снижается по мере повышения содержания вяжущего от 5 до 6,5 % и экстремум этой зависимости также отсутствует. Присутствие объемного битума в ЩМА способствует увеличению его пластической деформативности при растяжении, но в то же время приводит к резкому снижению когезионной прочности материала, особенно при положительных температурах. Аналогичные данные были получены и за рубежом. Например, на графиках зависимостей относительной жесткости от остаточной пористости асфальтобетонов экстремум, характерный для других видов смесей, у ЩМА не обнаружен.

Исходя из высоких требований к сдвигоустойчивости дорожных и аэродромных покрытий, низкий показатель когезионного сцепления щебеночно-мастичного асфальтобетона при сдвиге должен компенсироваться высоким и стабильным внутренним трением минерального остова. Именно это условие

было принято за основу при обосновании требований к стандартным показателям физико-механических свойств щебеночно-мастичных асфальтобетонов, в том числе к пределу прочности при сжатии при температуре 50 °С.

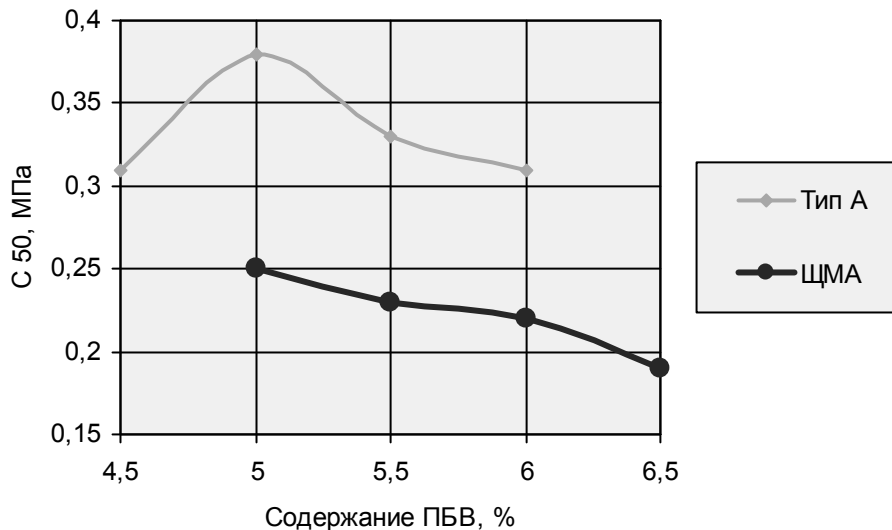


Рис 17. Зависимость сцепления асфальтобетонов при сдвиге от содержания полимерно-битумного ПБВ-90

При правильно подобранном составе щебеночно-мастичный асфальтобетон обладает устойчивым минеральным остовом, который формируется на основе одномерного кубовидного щебня. На рис. 18 представлены экспериментальные данные о внутреннем трении асфальтобетонов различных типов. Если у асфальтобетона типа А коэффициент внутреннего трения постоянно и существенно снижается по мере увеличения содержания вяжущего, то у щебеночно-мастичного асфальтобетона он практически не зависит от содержания вяжущего и значительно выше по абсолютному значению.

Таким образом, структура ЩМА оптимально сочетает максимальную жесткость в условиях трехосного сжатия и сдвига и, одновременно, максимальную податливость и высокую деформативность материала при растяжении. Исходя из условий напряженно-деформированного состояния дорожных покрытий при эксплуатации, эти два противоположных качества асфальтобетона особенно важны.

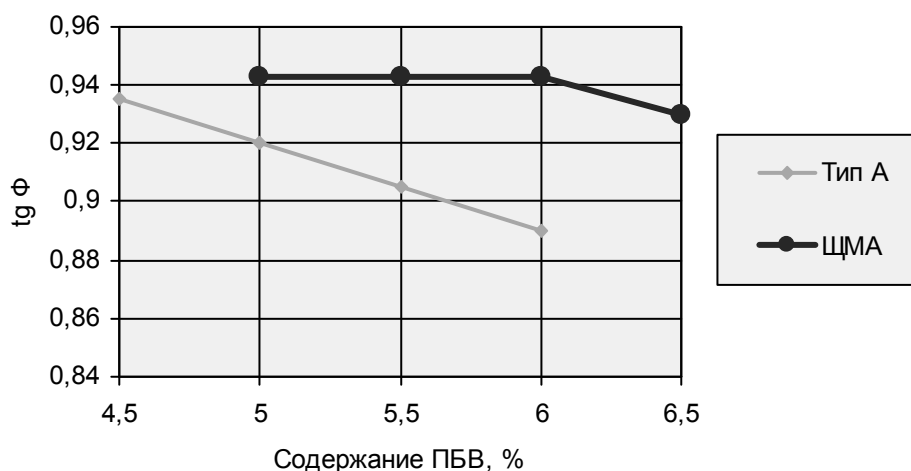


Рис. 18. Зависимость внутреннего трения от содержания вяжущего

3.3. Эксплуатационные свойства покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона

В технической литературе наиболее часто отмечаются следующие положительные эксплуатационные свойства покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона:

- сдвигоустойчивость при высоких температурах эксплуатации;
- шероховатая текстура поверхности и хорошее сцепление с колесом автомобиля;
- высокая износостойкость, в том числе к действию шипованных шин;
- водонепроницаемость;
- трещиностойкость при деформациях покрытия и при механических воздействиях транспорта;
- устойчивость к старению.

Указанные свойства наиболее важны для верхних замыкающих слоев дорожных покрытий, что предопределяет применение ЩМА на автомагистралях, аэродромах и городских улицах с высокой интенсивностью движения.

Сдвигоустойчивость. Под сдвигоустойчивостью подразумевается способность асфальтобетона сопротивляться необратимому пластическому деформированию при многократном приложении колесной нагрузки. Лабораторными испытаниями образцов-плит из смесей различных составов в условиях «чисто-

го» эксперимента была неоднократно показана более высокая устойчивость к колееобразованию щебеночно-мастичного асфальтобетона по сравнению с плотным и, тем более, с литым асфальтобетоном. Характерные зависимости глубины колеи от количества проходов нагруженного колеса приведены на рис. 19. Таким образом, повышенная сдвигоустойчивость ЩМА в принципе позволяет снизить требования к теплостойкости применяемого асфальтового вяжущего, что, к примеру, практикуется в Германии. Однако в неблагоприятных погодных-климатических условиях России данный подход следует считать неприемлемым, поскольку он ведет к уменьшению и без того низкого интервала пластичности отечественных дорожных битумов.

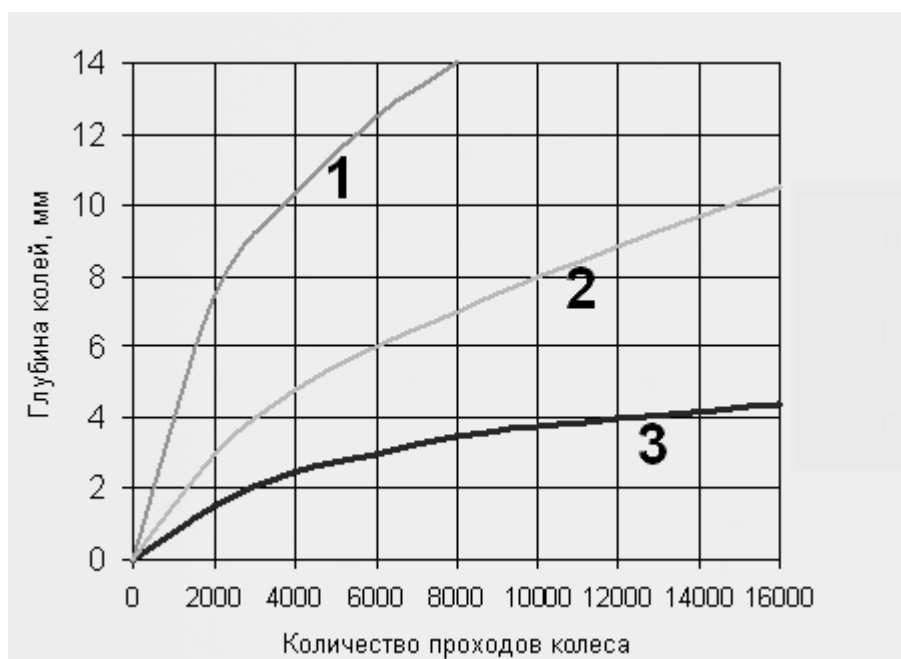


Рис. 19. Колееобразование в образцах асфальтобетона:
1- литого; 2- плотного; 3- ЩМА

Натурные исследования причин образования колеейности непосредственно на асфальтобетонных покрытиях из SMA 0/11 проводились на 4-х автомагистралях в районе г. Бранденбурга. Замеры глубины колеи и отбор проб из покрытий был произведен в 22-х точках. Максимальная глубина колеи в местах отбора проб изменялась от 1,7 до 16,0 мм. Обследованные участки покрытий находились в эксплуатации от 9 до 56 месяцев. Суммарное число проходов большегрузных автомобилей в обоих направлениях движения составляло на момент

обследования от 2,18 до 12,7 млн. автомобилей. Толщина защитного слоя из ЩМА изменялась от 3,1 до 6,1 см, а общая толщина асфальтобетонных слоев на бетонном основании находилась в пределах от 3,5 до 34,4 см.

Корреляционный анализ влияния различных факторов на размер колеи не выявил значимых парных связей. Поэтому более детальному исследованию были подвергнуты сами асфальтобетоны в образцах-кернях, отобранных на автомагистрали А 24. Пробы щебеночно-мастичного асфальтобетона и асфальтобетона несущих слоев дорожной одежды испытывались отдельно с определением следующих показателей:

- составов асфальтобетонов в покрытии, включая оценку содержания вяжущего, щебня, песка, минерального порошка и соотношения между дробленным и природным песком;

- проектной и фактической марки битума, в том числе температуры размягчения по методу «Кольцо и шар» и эластичности экстрагированного вяжущего;

- остаточной пористости асфальтобетонов в покрытии и в переформованных образцах с расчетом степени уплотнения конструктивных слоев на момент обследования;

- послыного испытания образцов-кернов диаметром 300 мм в водяной бане при 50 °С на образование колеи от действия колесной нагрузки.

Результаты испытаний приведены в табл. 16.

В ходе анализа результатов отмечается комплексное влияние многих факторов на глубину колеи дорожного покрытия, прежде всего состава и структуры асфальтобетонов. Так, самая большая глубина колеи равная 16 мм соответствует участку №5 с наименьшей степенью уплотнения несущего слоя и слоя из щебеночно-мастичного асфальтобетона SMA 0/11. На участке №4, прослужившем 37 месяцев, зафиксирована колея глубиной всего 4.3 мм, хотя проба ЩМА имеет самое большое содержание вяжущего (6,9%) при остаточной пористости асфальтобетона в кернях и в переформованных образцах соответственно 5 и 5,8%. Экстрагированное из ЩМА полимерно-битумное вяжущее характеризу-

Протокол испытаний покрытия автомагистрали А 24 в г. Бранденбург

Т а б л и ц а 16

Наименование показателей	Номера участков покрытий автомагистрали А 24							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Глубина колеи в покрытии, мм	10.1	5	12.2	4.3	16	4	4.4	12.2
Срок службы покрытия, месяцы	38	38	37	37	13	13	14	14
<i>Верхний слой из ЦМА марки SMA0/11</i>								
Проектная марка вяжущего	PmB65	PmB65	PmB65	PmB65	PmB45	PmB45	PmB65	PmB65
Фактическая марка вяжущего	PmB65	PmB65	PmB65	PmB65	PmB45	PmB45	B 65	B 65
Температура размягчения по КиШ, оС	62.5	62.9	64.1	59.1	63.6	61.1	55	59.4
Эластичность, %	75	71	63.5	77.5	68.5	75.5	13	14
Содержание вяжущего, % массы	6.6	6.3	6.5	6.9	6.1	6.3	6.2	5.9
Содержание щебня, % массы	72.6	73.2	70.9	72.9	71.7	71.4	70.2	68.3
Содержание песка, % массы	17.1	16.6	18.7	17.9	17.5	18.1	17.2	18
Содержание минерального порошка	10.3	10.2	10.4	9.2	10.8	10.5	12.6	13.7
% дробленого песка	100	100	100	100	100	100	100	50
Остаточная пористость в образцах Маршалла, %	6.8	7.1	6.7	5.8	4.8	5.2	3.4	1.8
Остаточная пористость в кернах, %	4.7	6.7	7.2	5	7.1	4.9	4.2	2.9
Степень уплотнения покрытия, %	102.3	100.5	99.5	101	97.6	100.4	99.2	98.9
Тест керна на образование колеи при 50 С, мм	2.5	2.1	1.6	1.6	2.9	2.4	1.9	Отказ (2000)
<i>Несущий слой смеси АВ 0/16(22)</i>								
Проектная марка вяжущего	PmB65	PmB65	PmB65	PmB65	PmB45	PmB45	PmB65	PmB65
Фактическая марка вяжущего	PmB65	PmB65	PmB65	PmB65	PmB45	PmB45	B 65	B 65
Температура размягчения по КиШ, С	75.6	76.2	77.1	60.1	69.2	65.1	68.1	74.5
Эластичность, %	49.4	50	48.1	71.5	68.5	72	9	9
Содержание вяжущего, % массы	4	4.3	4.6	5	4	4.5	4.8	3.9
Содержание щебня, % массы	71.2	69.8	69.9	73.1	72.6	69.1	68.1	74.5
Содержание песка, % массы	21	21.8	22.7	21.3	19.3	21.8	25.1	18.7
Содержание минерального порошка	7.8	8.4	7.4	5.6	8.1	9.1	6.8	6.8
% дробленого песка	100	100	100	100	100	100	50	50
Остаточная пористость в образцах Маршалла, %	10	9.1	8.8	9.4	8	7.4	4.6	6
Остаточная пористость в кернах, %	7	7	7.6	5.1	11.6	5.6	3.9	5.2
Степень уплотнения покрытия, %	103.4	102.4	101.4	104.8	96.1	102	100.8	100.9
Тест керна на образование колеи при 50 С, мм	1.2	2.2	Отказ (8000)	2.9	3	4.5	Отказ (4000)	Отказ (8000)

ется эластичностью 77,5%, что и объясняет в целом высокую сдвигоустойчивость верхнего слоя покрытия, установленную испытаниями образцов на колеобразование при 50 °С.

На участке №8, наоборот, уже после 14 месяцев эксплуатации покрытия зафиксирована колея глубиной 12,2 мм. Это обусловлено самым низким содержанием щебня (68,3%) и высоким содержанием минерального порошка (13,7%) в ЩМА. В результате керны не выдержали испытание на сдвигоустойчивость, при котором после 2000 проходов колеса глубина колеи в образце при 50 °С превысила допустимую величину. Данное обстоятельство можно объяснить недостаточным коэффициентом внутреннего трения смеси вследствие применения, к тому же, природного песка с окатанной формой зерен.

Трещиностойкость. Зарубежный опыт применения щебеночно-мастичных асфальтобетонов показал, что защитные слои служат дольше в случаях большего содержания битума и асфальтового вяжущего (мастики), усиливающих деформативность ЩМА при растяжении. Более податливый материал лучше сопротивляется растягивающим напряжениям, что делает его более стойким к температурному и усталостному трещинообразованию.

Очевидное преимущество обнаруживает ЩМА при определении показателя относительной предельной деформации растяжения (см. рис. 20). В соответствии с закономерностями долговременной прочности предельная деформация

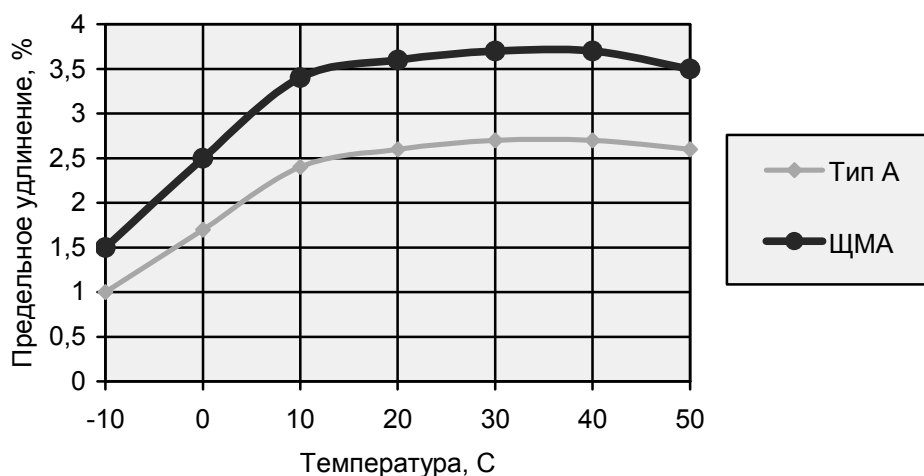


Рис. 20. Температурные зависимости предельной деформации растяжения

пропорциональна долговечности асфальтобетона при растяжении. Поэтому среди уплотняемых типов смесей щебеночно-мастичный асфальтобетон оказывается наиболее трещиностойким к усталостному действию растягивающих напряжений.

При обследовании участков покрытий толщиной 3-5 см, построенных из ЩМА с добавками волокон, выявлен также эффект замедления роста отраженных трещин. Появившиеся трещины более длительное время остаются тонкими, т.е. не раскрытыми. В качестве достоинств ЩМА иногда отмечают способность к «самозалечиванию» микротрещин. Несмотря на отсутствие в настоящее время количественного метода оценки этого показателя, в связи с присутствием объемного битума и допускаемой при подборе состава ЩМА раздвижки минеральных зерен такая возможность не исключается.

Фрикционные свойства покрытий из ЩМА. Опыт эксплуатации покрытий из горячих асфальтобетонных смесей по ГОСТ 9128-97 показывает, что со временем происходит сглаживание шероховатости по мере истирания поверхности и повышения плотности асфальтобетона. Изначально высокое сцепление колеса с покрытием из плотного асфальтобетона типа А, как правило, обеспечивается при значениях остаточной пористости не менее 3,5 %. Однако лабораторные исследования свидетельствуют при этом об одновременном снижении показателей водостойкости асфальтобетона, что ограничивает его применение во II дорожно-климатической зоне. Укладка щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей позволяет обеспечить высокие показатели шероховатости и сцепления колеса автомобиля с покрытием при величинах остаточной пористости и водонасыщения в пределах 0,5–3,0 % (см. рис. 21). Идеальная текстура поверхности покрытий из ЩМА чаще всего гарантирует стабильно высокое трение с колесом автомобиля как на только что построенном покрытии, так и в последующий период его эксплуатации под интенсивным движением. Тем не менее, известны случаи, когда из-за наличия на поверхности толстой битумной пленки вновь построенные покрытия не обеспечивали требуемый коэффициент сцепления с колесом автомобиля. В этой связи сцепление рекомендуется повышать

путем втапливания каменных высевок фракций 1-3 мм или 3-5 мм с расходом 0,5-2,0 кг/м² в момент укатки слоя. Технология расклинцовки покрытия из ЩМА может применяться также с целью осветления поверхности при применении высевок из светлого камня.

В ходе статистической обработки измерений глубины впадин шероховатости методом песчаного пятна на экспериментальных участках с покрытиями из ЩМА-15, ЩМА-20 и аналогичных по крупности тип А получены следующие результаты, представленные на рис. 22.

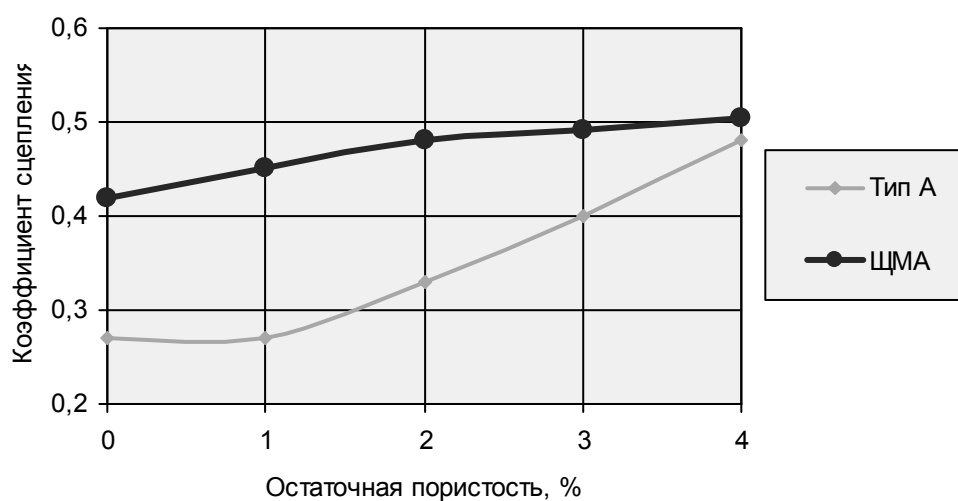


Рис. 21. Взаимосвязь коэффициента сцепления с остаточной пористостью асфальтобетонных покрытий

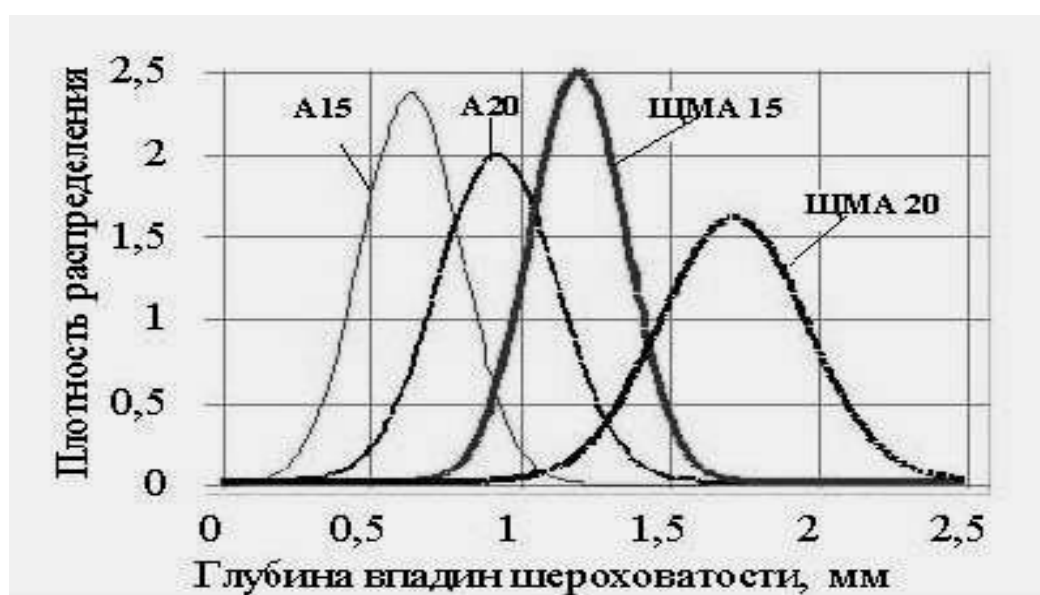


Рис. 22. Распределения глубины впадин шероховатости в зависимости от типа асфальтобетона и крупности щебня

Показатели шероховатости покрытий подчиняются нормальному закону распределения. Глубины впадин шероховатости ЩМА-15 располагаются в интервале от 0,7 до 1,8 мм при среднем значении ряда 1,2 мм и стандартном отклонении 0,197 мм. Средняя глубина впадин шероховатости на участке покрытия из асфальтобетона типа А на щебне фракции 5-15 мм составила 0,63 мм при стандартном отклонении 0,168 мм. Установлено, что только за счет повышения крупности щебня на 5 мм (замена смеси А 15 на А 20) можно увеличить шероховатость покрытия примерно на 0,3 мм или в 1,47 раза. Более существенное повышение шероховатости достигается при переходе на составы щебеночно-мастичного асфальтобетона. Так, покрытие из ЩМА характеризуется в 1,8 более высокой шероховатостью в сравнении с покрытием из смеси типа А той же крупности.

Если рассматривать влияние марки ЩМА по крупности щебня на коэффициент сцепления, то оно противоположно влиянию на показатель шероховатости асфальтобетонного покрытия. С одной стороны, уменьшение максимального размера зерен в смеси способствует увеличению сцепления покрытия с колесом автомобиля, а с другой – может привести к нежелательному эффекту «аквапланирования» автомобилей.

Ранее отмечалось, что в процессе эксплуатации поверхность покрытий постепенно изнашивается и коэффициент сцепления снижается. Поэтому применяемый щебень должен обладать хорошо выраженной собственной шероховатостью. В этой связи предпочтение следует отдавать горным породам зернистой кристаллической структуры, а также породам, способным оставаться шероховатыми за счет содержания разнопрочных компонентов.

Большое значение имеет характеристика шлифуемости щебня под колесом автомобиля. Давление в сочетании с проскальзыванием шины по поверхности покрытия обуславливает шлифовку выступов шероховатости. Роль абразива при этом выполняют частицы песка и пыли, обычно присутствующие на поверхности покрытия. Наиболее устойчивый коэффициент трения имеют каменные материалы из горных пород с размером кристаллов 0,3-3 мм, содержащих

минералы разной микротвердости. Чем крупнее шероховатость покрытия, тем быстрее происходит шлифовка каменного материала, образующего выступы. На мелкошероховатой поверхности покрытия число выступов на единицу площади больше и соответственно давление на каждый из них от колес автомобилей меньше, что замедляет шлифовку.

Высокая износостойкость щебеночно-мастичного асфальтобетона достигается не только за счет применения дробленых зерен из прочных горных пород, но и за счет высокого содержания податливого асфальтового вяжущего. Это подтверждается лабораторными экспериментами и непосредственными наблюдениями за состоянием защитных слоев.

Представляет определенный интерес информация по устойчивости ЩМА к действию шипованной резины. Доказано, что использование в верхних слоях дорожных покрытий щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей уменьшает колейность (износ) поверхности покрытия на 25-50 %.

Другие преимущества покрытий из ЩМА.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон способствует существенному снижению уровня шума от автомобильного движения в сравнении с другими асфальтобетонными покрытиями.

Высокая шероховатость поверхности ЩМА по сравнению с обычным асфальтобетоном позволяет большему количеству воды «скрыться» внутри текстуры поверхности, а не разливаться по ней в виде сплошной водяной пленки и луж. Отсюда меньшая возможность возникновения бликов от освещения фар, отсутствие брызг и лучшая обзорность дорожной разметки.

Более высокий срок службы покрытий из ЩМА обусловлен в том числе и стабильностью показателей свойств во времени. Согласно практическому опыту ускоренное старение асфальтобетона происходит в том случае, если толщина пленок битума в смесях меньше чем 9-10 микрон, а остаточная пористость уплотненной смеси достигает 8 % и более. В этом отношении щебеночно-мастичный асфальтобетон характеризуется наибольшей устойчивостью к старению как на стадии приготовления при высоких технологических температу-

рах, так и в процессе строительства и эксплуатации, а, следовательно, большей долговечностью. Если учесть склонность к старению применяемых в России окисленных битумов, то становится очевидным особая актуальность внедрения щебеночно-мастичных асфальтобетонов в нашей стране.

4. Особенности технологии производства работ

4.1. Проектирование составов щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей

Общие принципы проектирования составов ЩМАС аналогичны обычным асфальтобетонам за исключением некоторых особенностей.

До начала проектирования назначают вид ЩМА по крупности с учетом проектной толщины устраиваемого покрытия. Рекомендации по рациональной области применения ЩМА приведены в п.п. 2.1 настоящего пособия.

Подбор оптимального состава ЩМА выполняется в три этапа. На первом этапе путем лабораторных испытаний оценивают качество исходных компонентов на предмет их соответствия предъявляемым требованиям. На втором - определяют соотношения в содержании щебня, песка из отсева дробления, минерального порошка, битума и стабилизирующей добавки в смеси. На заключительном этапе проводят контрольные испытания проб с определением показателей свойств асфальтобетона по ГОСТ 31015-2002, технико-экономическое сравнение вариантов подобранных составов, отработку технологии приготовления смеси и, при необходимости, корректировку составов по результатам пробных замесов в заводских условиях.

Минеральную часть ЩМАС подбирают на основании ранее установленных зерновых составов исходных компонентов с учетом предельно допустимых значений содержания каждой фракции в составе готовой смеси, приведенных в табл. 5. Подбор состава смеси рекомендуется осуществлять с помощью компьютерной программы или вручную по формуле (2). При этом в составе применяемого щебня основную часть должна составлять крупная фракция.

$$Y_i = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_j x_{ij}}{100}, \quad (2)$$

где Y_i – содержание i -й фракции в смеси, %;

j – порядковый номер компоненты;

n – количество компонент в смеси;

α_j – содержание j -й компоненты в смеси, %;

x_{ij} – содержание i -й фракции в j -й компоненте, %.

При подборе зернового состава смеси следует учитывать содержание зерен мельче 0,071 мм в песке из отсева дробления при условии их частичного удаления из сушильного барабана системой пылеочистки. При сухом способе пылеулавливания циклонная пыль дозируется вместе с минеральным порошком перед подачей в смесительную установку. При мокрой системе пылеочистки удаленную из смеси пыль необходимо восполнить за счет минерального порошка.

Содержание битума и стабилизирующей добавки предварительно назначают на основании рекомендаций Приложения Б ГОСТ 31015-2002. Далее готовят пробный замес массой 3 кг и испытывают пробу на стекание вяжущего по методике, изложенной в приложении В ГОСТ 31015-2002. В случае несоответствия требованиям стандарта изменяют содержание добавки (вяжущего) и вновь пробу подвергают испытанию. При показателе стекания от 0,1 до 0,15 % из смеси формируют два-три образца по ГОСТ 12801-98 с определением водонасыщения, средней (истинной) плотности асфальтобетона и минеральной части с последующим расчетом остаточной пористости и пористости минерального остатка. Если остаточная пористость и показатель водонасыщения находятся в заданных пределах, то данное количество битума принимают за основу.

В противном случае требуемое содержание битума B при имеющихся показателях смеси вычисляют по формуле (3) и повторяют указанную выше процедуру подбора количества вяжущего до полного соответствия качества смеси требованиям ГОСТ 31015-2002.

$$B = \frac{(V_{пор}^m - V_{пор}^o) \rho^{\delta}}{\rho_m^m} \quad \% \text{ по массе,} \quad (3)$$

где $V_{пор}^m$ - пористость минеральной части, %;

$V_{пор}^o$ - требуемая остаточная пористость асфальтобетона, %;

ρ^{δ} - истинная плотность битума, г/см³;

ρ_m^m - средняя плотность минеральной части, г/см³.

Согласно последнему рецепту готовят большой замес ЩМАС, формируют и испытывают образцы по полному комплексу физико-механических свойств в соответствии с ГОСТ 31015-2002, включая показатели сдвигоустойчивости и трещиностойкости. При несоответствии подобранного ЩМА требованиям стандарта состав смеси следует изменить или откорректировать.

Например, при неудовлетворительной прочности при 50 °С рекомендуется увеличить содержание минерального порошка или заменить битум на более вязкий. При несоответствии значений предела прочности при 0 °С – наоборот, снизить содержание минерального порошка, уменьшить вязкость битума или применить полимерно-битумное вяжущее. В случае недостаточной водостойкости асфальтобетона рекомендуется увеличение количества известнякового минерального порошка либо битума, но в пределах, обеспечивающих требуемые значения остаточной пористости и пористости минерального остова. Для повышения водостойкости эффективно применять добавки извести, поверхностно-активные вещества (ПАВ) катионного типа и активированные минеральные порошки.

Подбор состава смеси считается завершенным, если все показатели свойств образцов ЩМА будут отвечать предъявляемым требованиям.

4.2. Приготовление смесей

Горячие щебеночно-мастичные смеси приготавливают на обычных асфальтобетонных заводах со смесителями принудительного перемешивания. По имеющимся данным, проблем, связанных с приготовлением ЩМАС, как правило, не возникает.

Так, в литературе не оговаривается наличие каких-либо специальных изменений температурного режима приготовления смесей. Тем не менее, общепринятая температура нагрева компонентов ЩМА примерно на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше регламентируемой в Российской Федерации для плотных смесей на основе окисленных битумов. Погрешность дозирования исходных материалов при приготовлении смеси не должна превышать для щебня $\pm 2\%$, для минерального порошка и битума $\pm 1,5\%$, для добавки волокон $\pm 5\%$ от массы соответствующего компонента. Рекомендуемый температурный режим приготовления ЩМАС приведен в табл. 8.

Стабилизирующую добавку чаще всего вводят в минеральную смесь перед объединением ее с битумом. При этом подача стабилизатора может производиться как вручную, так и с помощью специальных систем дозирования.

Первоначально на заводах периодического действия гранулированные добавки дозировали непосредственно в смеситель вручную после расфасовки в мешки или ведра в соответствии с рецептом на один замес. В последующем дозирование добавок стали осуществлять автоматически посредством дозаторов объемного или весового типа. При использовании системы объемного дозирования стабилизирующая добавка из контейнера или силосной башни объемом $3\text{--}4\text{ м}^3$ через роторное дозирующее устройство поступает в пневматический конвейер и по трубопроводу подается в циклон с встроенной загрузочной воронкой и датчиком наличия материала. Далее добавка через автоматический клапан и трубопровод подачи материалов направляется непосредственно в смеситель.

Система весового дозирования отличается от объемного дозатора тем, что добавка из контейнера или силосной башни с помощью шнекового конвейера

вначале подается в весовой бункер для дозировки, а затем поступает в трубопровод пневматического конвейера. В дальнейшем схема прохождения материала аналогична системе объемного дозирования.

Второй способ подачи гранулированных добавок в асфальтовый смеситель - по линии возврата пыли сухого отбора (улавливания). Третьим вариантом дозирования стабилизатора является использование линии подачи в смеситель крошки старого асфальтобетона, представляющей собой штатное оборудование современного асфальтобетонного завода.

Дозирование и подача добавки целлюлозного волокна, не спрессованного в гранулы, осуществляется по другой схеме. Свободные волокна целлюлозы после соответствующей механической распушки в специальном бункере вдуваются с помощью компрессора непосредственно в смесительную камеру, а дозирование их в смеситель циклического действия осуществляется по заданному временному графику вслед за подачей минерального порошка. Компьютерная программа управления процессом обеспечивает требуемую точность дозирования волокон в смеситель на горячие минеральные материалы до или вместе с подачей битума.

В смесителях непрерывного действия предусматривается постоянное дозирование гранулированной добавки в смесительный барабан параллельно подаче минерального порошка.

Технологический процесс приготовления смеси в смесителях периодического действия включает следующие основные операции:

- подготовку минеральных материалов (подача и предварительное дозирование, сушка и нагрев до требуемой температуры, пофракционное дозирование);

- подачу холодных минерального порошка и стабилизирующей добавки, дозирование их перед подачей в смеситель;

- подготовку битума (разогрев и подача из битумохранилища в битумоплавильню, выпаривание содержащейся в нем влаги и нагрев до рабочей темпера-

туры, в необходимых случаях введение поверхностно-активных веществ и других улучшающих добавок, дозирование перед подачей в смеситель);

- «сухое» перемешивание горячих минеральных материалов с холодным минеральным порошком и стабилизирующей добавкой;

- перемешивание минеральных материалов с битумом и выгрузку готовой асфальтобетонной смеси в накопительный бункер или автомобилю-самосвалы.

Технологический процесс приготовления смеси в смесителях непрерывного действия отличается отсутствием отдельного дозирования горячих минеральных материалов и объединением процесса нагрева с перемешиванием исходных компонентов в одном сушильно-смесительном барабане.

Щебень и песок должны храниться отдельно на площадках с укрепленным основанием и обеспеченным поверхностным стоком. Складирование инертных заполнителей предпочтительно в многосекционных хранилищах эстакадного типа, разделенных перегородками высотой не менее 3 м для исключения взаимоперемешивания различных по крупности фракций щебня и песка.

От места складирования к агрегату питания материалы подают либо ленточными транспортерами, либо фронтальным погрузчиком.

Агрегаты питания оборудуют весовыми или объемными дозаторами для предварительного дозирования холодных и влажных минеральных материалов, откуда они поступают в сушильный барабан для просушивания и нагрева до рабочей температуры. Температура нагрева смеси песка и щебня должна быть на 25-30 °С выше температуры готовой асфальтобетонной смеси на выходе из смесителя. По сравнению с традиционными асфальтобетонными смесями нагрев минеральных материалов в сушильном барабане рекомендуется повышать примерно на 10-20 °С. При высокой исходной влажности минеральных материалов интенсифицировать процесс сушки следует не посредством увеличения расхода топлива в форсунке, а за счет снижения скорости подачи влажных материалов в сушильный агрегат. В случае применения поверхностно-активных веществ или активированных минеральных порошков температуру нагрева каменных материалов рекомендуется снижать на 10-20 °С.

Далее нагретые инертные заполнители подаются в сортировочно-дозировочное устройство, где с помощью системы виброгрохотов разделяются по фракциям и хранятся в отдельных отсеках бункера горячих материалов. Оттуда они поступают на весовой бункер-дозатор. Минеральный порошок дозируется в холодном состоянии с помощью общего весового дозатора или с помощью отдельных весов повышенной точности. Циклонную пыль из системы пылеочистки подают в смесительную камеру взамен части минерального порошка. Окончательное содержание дозируемых фракций рекомендуется уточнять по результатам испытаний пробного замеса смеси, полученного на конкретной смесительной установке при заданной ее производительности.

Стабилизирующую гранулированную добавку вводят в мешалку на разогретый каменный материал перед или вместе с минеральным порошком, предусматривая «сухое» перемешивание в смесителях циклического действия в течение 15–20 секунд. При последующем «мокром» перемешивании смеси с битумом в течение 10–20 секунд стабилизирующая добавка должна равномерно распределиться в объеме асфальтового вяжущего вещества.

Продолжительность перемешивания смеси определяется техническими параметрами смесительной установки, степенью износа лопастей мешалки и должна обеспечивать равномерное распределение и полное обволакивание дискретных зерен минерального материала битумом, включая волокна.

Приготовленную асфальтобетонную смесь из смесителя выгружают в скиповый подъемник с последующим перемещением в накопительный бункер или непосредственно в кузов автомобиля-самосвала. Использование накопительного бункера в качестве временного склада для хранения горячих смесей позволяет обеспечивать ритмичность выпуска продукции независимо от наличия транспорта, режимов укладки и погодных условий, а также сократить время загрузки автомобилей и повысить производительность АБЗ. Время хранения щебеночно-мастичной смеси в накопительном бункере - не более 0,5 часа.

Несмотря на то, что ШМАС не склонны к сегрегации, их рекомендуется загружать в кузова автомобилей, как и обычные смеси, за несколько приемов по

длине кузова. Кузова автомобилей должны быть чистыми. Перед погрузкой их нужно обрабатывать специальными составами, предотвращающими налипание битума, например, мыльным раствором, масляной или керосиновой эмульсией, кремнийорганической жидкостью и т.п. Асфальтобетонную смесь при транспортировке закрывают защитными тентами. Дальность транспортирования смеси зависит от ее термоизоляции и условий охлаждения. Количество автомобилей должно быть достаточным для обеспечения непрерывной укладки смеси заданным темпом, увязанным с производительностью завода.

4.3. Укладка и уплотнение смесей

Укладку горячих щебеночно-мастичных смесей следует осуществлять при температуре окружающего воздуха не ниже 5 °С. В соответствии со СНиП 3.06.03-85 нижележащее основание должно быть сухим, чистым, ровным и обеспечивать хорошее сцепление с укладываемым слоем. До начала основных работ на поврежденных участках предусматривается устранение дефектов путем заделки выбоин, санации трещин, фрезерования поверхности под проектную отметку, устройства выравнивающего слоя и т.п. по всем правилам ремонта. Очистку поверхности основания от пыли и грязи выполняют механическими щетками, сжатым воздухом от передвижного компрессора или другими средствами вплоть до промывки водой.

Подготовленное основание из черных материалов обрабатывают слоем битумной эмульсии ЭБА-1, ЭБК-1 или жидкого битума класса СГ 70/130 с расходом 0,2-0,3 л/м², нагретых до рабочей температуры. Подгрунтовку наносят через распределительную систему автогудронатора под давлением, обеспечивающим равномерность обработки поверхности. Если старое асфальтобетонное покрытие подвергалось фрезерованию, то норму розлива вяжущего следует увеличить примерно в 1,5 раза. Перерасход битума, как и пропуски в слое подгрунтовки недопустимы. Излишки битума необходимо либо удалить, либо распределить на большую площадь с помощью щеток. Применение технологии устройства защитного слоя покрытия с повышенным расходом вяжущего при

подгрунтовке требует изначальной корректировки состава щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси в процессе его подбора.

Горячие щебеночно-мастичные смеси устраивают с применением обычных асфальтоукладочных и уплотняющих средств. Тем не менее, эти рабочие операции также имеют свои особенности.

1. Укладку ЦМАС рекомендуется производить сразу на всю ширину проезжей части с помощью современных асфальтоукладчиков на гусеничном ходу, оснащенных автоматикой нивелирования. Число одновременно работающих машин назначают в зависимости от ширины покрытия и поперечных габаритов уплотняющих органов укладчиков. С учетом погодных условий и мер безопасности при эшелонной укладке смесей асфальтоукладчики располагаются уступом на расстоянии 10-30 м друг от друга. При этом в соответствии с технологическим регламентом автоматическая система контроля ровности укладчиков работает от копирной струны, датчика поперечного уклона, опорного башмака или длиннобазовой лыжи.

2. До начала укладки асфальтоукладчики должны быть подготовлены к работе согласно инструкции по их эксплуатации.

Выглаживающая плита устанавливается параллельно основанию на деревянные бруски (стартовые колодки) высотой, равной проектной толщине слоя с учетом 10-15% припуска на уплотнение. В течение 10-20 минут плита прогревается до температуры 150 °С и ей задается угол атаки величиной 2-3 градуса.

Далее настраивается автоматическая система обеспечения ровности и поперечного уклона. Проводится проверка положения распределительного шнека относительно геометрии укладываемого слоя, а также настройка датчиков подачи смеси к концам распределителя. При этом расстояние от нижней кромки лопасти шнека до поверхности основания должно быть равно примерно половине толщины слоя. Шибберные заслонки пластинчатых питателей регулируются для равномерной подачи смеси в шнековую камеру.

Устанавливаются режимы работы трамбуемого бруса и виброплиты. В частности, амплитудный ход трамбуемого бруса должен находиться в пределах

5-6 мм, а частота его ударов - около 1000 мин^{-1} . Частота вибрации виброплиты в случае необходимости настраивается на 40 Гц. Причем, вибрационный режим плиты рекомендуется использовать только в крайних случаях, при толщинах устраиваемого слоя не менее трехкратного размера самой крупной фракции щебня в смеси. Совершается пробный проход асфальтоукладчика.

После правильной настройки рабочих органов асфальтоукладчика, как правило, на поверхности уложенного слоя из ЩМАС видимых дефектов не возникает. В исключительных случаях их исправляют вручную по известной технологии до начала уплотнения. Однако не следует забывать о том, что из-за повышенной липкости вяжущего щебеночно-мастичная смесь крайне тяжела для ручных работ.

3. Для получения ровной поверхности слоя необходимо обеспечивать непрерывность завоза, разгрузки и укладки щебеночно-мастичной смеси. Асфальтобетонная смесь должна доставляться одновременно ко всем работающим укладчикам «с колес» по специальному графику либо с возможностью ожидания самосвалов в очереди впереди по ходу движения потока. Заполнение бункера укладчика при разгрузке ведут постепенно, по мере ее расхода. При этом укладчик постоянно толкает упорами снятый с тормозов автомобиль-самосвал с поднятым кузовом, двигаясь со скоростью не менее $2,0-3,0 \text{ м/мин}$.

Непрерывная работа органов подачи материала обеспечивает постоянное давление смеси на свободноплавающую выглаживающую плиту, что является основным условием получения ровной поверхности покрытия. Рекомендуется поддерживать заполнение шнековой камеры на уровне, либо чуть выше оси вала шнека.

Приемный бункер асфальтоукладчика всегда должен быть заполнен не менее, чем на 25 %. При непродолжительных перерывах в доставке смесь не следует полностью вырабатывать из бункера. В случае вынужденной остановки укладчика на 15–20 минут оставшийся материал перемещают в обогреваемую шнековую камеру, так как ЩМАС при охлаждении твердеет намного быстрее, чем обычные асфальтобетонные смеси. При длительных простоях всю смесь,

находящуюся в бункере, шнековой камере и под плитой асфальтоукладчика следует полностью израсходовать (уложить в слой), и отогнать укладчик вперед.

Особое внимание необходимо уделять устройству сопряжений смежных полос, укладываемых по технологии «горячее по холодному». Поперечные стыки должны быть строго перпендикулярны оси дороги, иметь вертикальные края, смазанные битумом или битумной эмульсией. Холодный поперечный стык необходимо предварительно прогреть, установив укладчик таким образом, чтобы виброплита находилась над краем ранее уложенного покрытия, затем наполнить шнековую камеру горячей смесью и начать движение.

Для сопряжения смежных полос при работе одним укладчиком длина полосы укладки (длина гона) назначается в пределах от 50 до 200 м в зависимости от погодных условий, т.е. скорости охлаждения смеси. Укладка слоя ведется по челночной схеме со сменой полос с таким расчетом, чтобы в конце захватки смесь была уложена на всю ширину покрытия. При этом остывший край ранее уложенной полосы следует прогреть с помощью линейных инфракрасных разогревателей, навешиваемых на асфальтоукладчик.

4. Эффективное уплотнение ЩМАС должно быть закончено при температурах смеси не ниже 80°C , особенно при устройстве тонких слоев покрытий. Из практического опыта установлено, что для обеспечения производительной работы в паре с одним асфальтоукладчиком достаточно двух гладковальцовых катков статического действия массой 8-10 тонн. Требуемая степень уплотнения слоя ЩМА достигается в среднем при 4-6 проходах катка по одному следу. Фактически необходимое число проходов катка рекомендуется уточнять пробной укаткой.

Учитывая специфическую структуру ЩМА особенно тщательно необходимо подходить к финишному уплотнению слоев с соблюдением следующих правил.

Использование катков большей массы или виброуплотнение может привести к разрушению отдельных зерен каменного материала и всей скелетной

структуры в целом. Катки должны двигаться короткими захватками со скоростью 5-6 км/час с максимально возможным приближением к асфальтоукладчику. В процессе укатки стальные вальцы постоянно смачивают мыльным раствором, водно-керосиновой эмульсией или просто водой. Обильное орошение вальцов недопустимо, поскольку ведет к ускоренному охлаждению уплотняемого слоя. Неравномерное орошение водой чревато налипанием смеси на вальцы. При этом на поверхности укатываемого покрытия появляются дефекты в виде каверн от оторвавшегося щебня. Подобные дефекты ликвидируют вручную путем добавления и разравнивания горячей смеси перед проходом катка.

Применение пневмоколесных катков при уплотнении ЩМАС не рекомендуется, т.к. при высоких температурах на резиновые шины налипает объемный битум, а на заключительной стадии гладкий валец намного эффективней закрывает поры с обеспечением надлежащей ровности поверхности слоя при меньшем числе проходов.

При наличии «холодных» стыков первый проход катка осуществляется по ранее уложенной полосе, перекрывая свежий слой на ширину 20-30 см. При этом рядом с катком в непосредственной близости от асфальтоукладчика должен постоянно находиться рабочий, который сдвигает лишнюю смесь с холодной полосы на уплотняемый свежеложенный слой горячей смеси.

Катки совершают челночное движение по укатываемой полосе от краев к оси дороги, а затем в обратном направлении, с перекрытием следа на 20-30 см. Первый проход катка лучше начинать, отступив от края покрытия или внутренней кромки бортового камня на 10 см. Края уплотняются после первого прохода катка по всей длине полосы. Схема укатки должна обеспечивать равномерное уплотнение смеси на всей ширине укладываемого слоя, что достигается одинаковым числом проходов катков по одному следу.

4.4. Основы контроля качества продукции

Управление качеством строительной продукции из ЩМАС осуществляется в соответствии с действующими правилами устройства слоев с применением

традиционных горячих асфальтобетонных смесей и утвержденным технологическим регламентом на предприятии. В процессе приготовления ЩМАС производственный контроль организуют в три стадии.

Цель *входного* контроля – предотвратить выпуск недоброкачественных асфальтобетонных смесей вследствие использования исходных материалов, не отвечающих требованиям действующих стандартов. На практике входной контроль ведется по схемам, разрабатываемым заводом-изготовителем в соответствии с типовым стандартом СТП «Организация и порядок проведения входного контроля качества проектно–сметной документации, материалов, изделий и конструкций».

При входном контроле все поступающие на производственную базу исходные материалы изначально проверяются на наличие необходимых сопроводительных документов - сертификата соответствия с протоколом и результатами сертификационных испытаний, санитарно-эпидемиологического заключения, паспорта на материал предприятия-изготовителя. Паспорт должен содержать: наименование поставщика, наименование продукта, дату изготовления, срок действия, номер и дату выдачи, наименование потребителя и дату отгрузки, номер партии и количество, технические показатели поставляемого продукта. Сопроводительные документы хранятся у инженера по качеству, который вместе с их проверкой производит контроль соответствия паспортных данных результатам лабораторных испытаний.

Транспорт, осуществляющий завоз строительных материалов (полуфабрикатов), должен сопровождаться накладной с указанием даты, вида материала, веса или объема, предприятия-изготовителя, предприятия, осуществившего отгрузку продукции. Сбор и регистрацию поступивших материалов осуществляет лицо, ответственное за приемку и размещение их на заводе. При несоответствии сопроводительных документов вышеуказанным требованиям, строительные материалы не принимаются.

По прибытии автотранспорта на предприятие производится весовой и визуальный контроль каждого автомобиля ответственным по приемке и отпуску

готовой продукции. После этого происходит проверка и изъятие сопроводительной документации на груз, а автосамосвалы направляются на открытый склад инертных материалов с последующей их выгрузкой и штабелированием.

Лабораторный контроль проводится работниками заводской лаборатории путем отбора и испытания проб минеральных материалов. Для этого из каждой партии отбираются по:

10 точечных проб, если партия не более 350 м³;

15 точечных проб, если партия 350 – 700 м³;

20 точечных проб, если партия более 700 м³.

Партией считается количество материала, завезенного в течение 1 суток.

Из точечных проб образуют 1 объединенную пробу. Усреднение, сокращение и подготовку пробы к испытанию проводят согласно ГОСТ.

Доставку минерального порошка осуществляют цементовозами грузоподъемностью 25 тонн. Выгрузка из бункера цементовоза ведется пневмотранспортом в герметичные силосные емкости. Лабораторный контроль проводится работниками лаборатории, путем отбора 1 пробы с каждого цементовоза.

Стабилизирующие добавки завозятся в расфасованном виде, должны отвечать предъявляемым требованиям и соответствовать техническим спецификациям или свидетельствам поставщиков. Косвенной характеристикой качества применяемой добавки является стабильность показателя стекания вяжущего в выпускаемой смеси.

Вяжущие материалы доставляют автобитумовозами грузоподъемностью 21,6 или 9,1 тонн. Лабораторный контроль ведут путем отбора проб из каждого битумовоза с определением глубины проникания иглы при + 25 °С и установлением марки вяжущего материала. Далее вяжущее выгружается в соответствующие битумные цистерны с помощью битумных насосов. Смешивание вяжущего разных марок и от разных поставщиков не допускается.

Операционный контроль проводится с целью предупреждения и своевременного устранения брака, связанного с нарушением технологического процес-

са приготовления асфальтобетонных смесей. Его осуществляют в соответствии со схемами СТП «Организация и порядок проведения операционного контроля качества продукции». При этом контролю подлежат: качество всех компонентов, температурный режим подготовки битума и инертных заполнителей, режим смешения компонентов, температура и качество готовой асфальтобетонной смеси. Работу дозаторов минеральных материалов, битума и стабилизирующей добавки контролируют в установленном порядке, руководствуясь инструкциями по эксплуатации соответствующего оборудования. Операционный контроль составляющих смесь материалов ведется не реже 1 раза в 10 смен, а рабочих операций - с периодичностью 2-3 раза в смену. Отбор проб при приготовлении горячих смесей начинают не ранее, чем через 30 мин после начала выпуска. Для испытаний необходимо отобрать объединенную пробу, составленную из трех-четырех, тщательно перемешанных между собой, точечных проб. Отбор точечных проб асфальтобетонных смесей производят с интервалом от 15 до 30 мин. Точечные пробы отбирают непосредственно после выгрузки из смесителя в кузовах автомобилей-самосвалов.

Смесь при выходе из смесителя должна быть однородной, не должна содержать непокрытых битумом зерен и сгустков битума. По внешнему виду она должна представлять собой черную блестящую массу и не изменять внешний вид в течение смены.

Приемочный контроль – это контроль качества готовой горячей асфальтобетонной смеси при отгрузке потребителю. При приемосдаточных испытаниях отбирают пробы в соответствии с ГОСТ 12801-98, на которых определяют температуру отгружаемой смеси при выпуске из смесителя (накопительного бункера), состав смеси, водонасыщение, предел прочности при сжатии при температуре 50 °С и показатель стекания вяжущего. Температуру готовой смеси контролируют в кузове каждого автомобиля непосредственно перед отгрузкой.

Для приемочного контроля качества готовой смеси отбирают 2 пробы из каждой партии. Партией считают количество смеси одного состава, выпускаемое на одной смесительной установке в течение смены, но не более 600 т. При

изменении состава асфальтобетонной смеси, а также во всех сомнительных и спорных случаях для испытаний отбирают дополнительные пробы.

При периодическом контроле дополнительно определяют пористость минеральной части, остаточную пористость, водостойкость при длительном водонасыщении, коэффициент внутреннего трения, предел прочности на сжатие при температуре 0 и 20 °С и сцепление битума с минеральной частью смеси. Периодический контроль осуществляют не реже 1 раза в месяц, а также при каждом изменении свойств материалов, применяемых для приготовления смеси.

Испытания щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей проводят в соответствии с ГОСТ 12801-98 и ГОСТ 31015-2002. Образцы асфальтобетона формируют в цилиндрических формах диаметром 71,4 мм, применяя комбинированный метод уплотнения. В форму между двумя вкладышами и уплотняемой смесью помещают бумажные прокладки. Температура смеси при приготовлении образцов должна соответствовать ГОСТ 31015-2002.

Важная роль в обеспечении стабильного качества выпускаемых асфальтобетонных смесей отводится процедуре управления на предприятии несоответствующей продукцией. При этом для снижения количества производственного брака, а значит увеличения однородности показателей свойств укладываемых в покрытие ЩМАС, рекомендуется следующий порядок работы персонала.

На первом этапе управления весьма важным является своевременное *обнаружение* факта несоответствия с его регистрацией, последующей идентификацией и выработкой правильного решения о дальнейшем использовании недоброкачественной продукции. Например, если в результате визуального осмотра выявлен какой-то дефект (непромес, недостаток или избыток битума) или инструментально доказано несоответствие температуры асфальтобетонных смесей требованиям ГОСТ, то в таких случаях смесь бракуют, регистрируя наличие данного факта. Впоследствии, в зависимости от степени несоответствия, смесь либо вывозят на свалку, либо считают возможным использовать на менее ответственных работах (при благоустройстве собственной территории).

В дальнейшем приступают к более детальному *обследованию* несоответствия с анализом характера и причин возникновения брака, а также принятием действий по количественному и качественному подтверждению несоответствия продукции. Так, к примеру, если в результате приемочного контроля выявлено несоответствие показателей (хотя бы одного показателя) свойств асфальтобетонной смеси требованиям стандарта или значительное расхождение с показателями, полученными при подборе состава, то в таких случаях следует проверить качество исходных материалов, фактический состав смеси или технологический процесс ее приготовления.

После этого осуществляют действия с целью *предупреждения повторного несоответствия* путем корректировки состава смеси, внесения изменений в технологический режим приготовления смесей (температурный режим, дозирование компонентов) и т.п., осуществляя постоянный контроль и оценку эффективности корректирующих мер. Забракованная продукция и составляющие ее материалы подлежат списанию, а к работникам, по чьей вине произведен брак, могут быть применены соответствующие штрафные санкции.

Регистрация продукции, несоответствующей требованиям стандарта, как и результаты контроля качества, ведутся в специальных журналах, входящих в состав исполнительной документации, определенной «Положением о службе лабораторного контроля РОСАВТОДОРА».

Контроль качества щебеночно-мастичного асфальтобетона *в покрытии* производят по показателю водонасыщения или остаточной пористости образцов-керна, которые отбирают не раньше, чем через сутки после укладки и уплотнения слоя. Определять коэффициент уплотнения покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона не рекомендуется. Этот показатель является менее надежным, т.к. характеризуется низкой повторяемостью и воспроизводимостью по ИСО 5725-2-94, вследствие малой толщины контролируемого слоя и высокого содержания щебня в смеси. При переформовке ЩМА наблюдается не только высокий разброс значений плотности в параллельных образцах, но и заметно увеличивается дробимость в них щебня.

В процессе укладки смеси должны контролироваться:

- температура смеси в кузове каждого самосвала;
- толщина устраиваемого слоя покрытия;
- ровность и поперечные уклоны;
- ширина покрытия;
- качество устройства продольных и поперечных сопряжений полос;
- соблюдение заданных режимов работы асфальтоукладчиков и катков;
- качество ЩМА в покрытии.

Толщина слоя измеряется по отобранным из покрытия образцам-кернам.

Результаты замеров не должны отклоняться от проектных значений более чем на 20 %.

Ровность и поперечный уклон контролируются с помощью 3 метровой рейки. Шероховатость слоя износа из ЩМА следует измерять методом «песчаного пятна» в соответствии со СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги». Коэффициент сцепления колеса автомобиля с увлажненной поверхностью покрытия оценивается по ГОСТ 30413-96. Все результаты замеров заносятся в специальные карты контроля, которые входят в перечень приемно-сдаточной документации.

Литература

1. Методические рекомендации по устройству верхних слоев дорожных покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона. Союздорнии. – М.: 2002. – 29 с.
2. Щебеночно-мастичный асфальтобетон. Что это такое? Практический бюллетень. – М.: 1999. – 12 с.
3. VIATOR. Первокласное волокно для первокласных дорог. Рекламный проспект J. Rottenmaier & Sohne GMBH + CO. – 15 с.
4. Technocel[®] 1004 и Topsel[®]. Рекламный проспект CFF Cellulose-Fullstoff-Fabrik. 1997.
5. ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия./Госстрой России. – М.: 1997.
6. ГОСТ 31015-2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия./Госстрой России. – М.: 2002.
7. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия./Госстрой России. – М.: 1993.
8. ГОСТ Р 52129-2003. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия./Госстрой России. – М.: 2003.
9. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия./Госстрой России. – М.: 1993.
10. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия./Госстрой России. – М.: 1990.
11. ГОСТ Р 52056-2003 Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блок-сополимеров типа СБС. Технические условия./Госстрой России. – М.: 2003.
12. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний./Госстрой России. – М.: 1998.

КОСТИН Валерий Иванович

**Щебеночно-мастичный асфальтобетон
для дорожных покрытий**

Учебное пособие

Редактор Фетюкова Д.М.

Подписано в печать . Формат 60x90 1/16. Бумага газетная. Печать трафаретная. Уч. изд. л. . Усл. Печ. Л. . Тираж 200 экз. Заказ № .

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

603950, Н. Новгород, Ильинская, 65