

**Донбасская национальная академия строительства и архитектуры**

**Кафедра «Автомобильные дороги и аэродромы»**

**Лекция СМ-14**  
**Щебеночно-мастичные**  
**асфальтобетоны**

Лектор – доктор технических наук, профессор  
**Братчун Валерий Иванович**

# ПЛАН ЛЕКЦИИ

## Предисловие

- 1.Требование к компонентам ЩМА
- 2.Проектирование состава ЩМА
- 3.Технология производства ЩМА
- 4.Укладка и уплотнение ЩМА
- 5.Контроль приготовления ЩМА

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) был разработан в 1966 году в Германии и, начиная с 1970 года, стал широко применяться в дорожном строительстве, получив название «Splittmastixasphalt» (SMA) [1,2]. Этот вид асфальтобетона появился как результат борьбы дорожных служб Германии с интенсивным разрушением дорожного полотна и образованием в нем колеи из-за роста интенсивности движения большегрузных транспортных средств и применения шипованных шин.

За годы своего использования ЩМА продемонстрировал прекрасные эксплуатационные качества, и в 1984 году был введен первый национальный стандарт Германии на его спецификацию и применение.

Поверхность покрытий, получаемая при применении ЩМА, характеризуется комфортными и безопасными ездовыми качествами, а ее текстура отличается шероховатостью и способностью поглощать шум при движении транспортных средств.

Жесткая каркасная структура из щебня, формирующая остов асфальтобетона, обуславливает высокую сопротивляемость слоя пластическим сдвиговым деформациям, а наличие большого количества битумного вяжущего, которое заполняет пространство между зернами каменного материала, делает ЩМА достаточно деформативным и долговечным материалом, способным противостоять воздействию растягивающих напряжений.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон завоевал необычайно высокую популярность в Европе как износостойчивый материал дорожных покрытий на высоконагруженных трассах, в аэропортах и морских портах, а в последние 10 лет щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси стали также широко распространяться по всему миру.

# 1. ТРЕБОВАНИЯ К КОМПОНЕНТАМ

Специфика состава и структуры ЩМА предусматривает обязательное присутствие в качестве основных составляющих прочного щебня с улучшенной (кубовидной) формой зерен, «объемного» битума и небольшого количества стабилизирующей (обычно волокнистой) добавки для дисперсного армирования вяжущего. Под объемным битумом принято понимать ту часть вяжущего в асфальтобетонной смеси, которая не подвержена сильному структурирующему влиянию далекодействующих поверхностных сил на границе раздела фаз.

По толщине битумной прослойки, разделяющей минеральные зерна смеси, провести четкую границу между объемным и структурированным битумом практически невозможно. Однако различие между ними существует, так как основное назначение стабилизирующей добавки - удерживать более толстые пленки горячего битумного вяжущего на поверхности щебня и предотвращать его отслоение и вытекание из смеси при высоких технологических температурах на стадиях приготовления, транспортирования и укладки.

В отличие от асфальтобетонных смесей типа А по ГОСТ 9128-97, содержащих от 50 до 60 % щебня, в ЩМА его объем достигает 70-80 %.

По сравнению с многощебенистыми смесями открытого типа по ТУ 218 РСФСР 601-83 [3] ЩМА характеризуется повышенным содержанием битума (от 5,5 % до 7,5 % по массе). Чтобы удерживать его на поверхности щебня необходимо обязательное присутствие в смеси специальных стабилизирующих добавок типа волокон.

ЩМА представляет самостоятельную разновидность асфальтобетона, обеспечивающую в отличие от других типов смесей одновременно водонепроницаемость, сдвигоустойчивость и шероховатость верхнего слоя покрытия.

Остаточная пористость уплотненного слоя ЩМА может быть менее 1 %, но при этом показатели сдвигоустойчивости и шероховатости покрытия остаются на высоком уровне.

В России оптимальные составы горячих щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей впервые были регламентированы техническими условиями ТУ-5718.021.01393697-97 и ТУ-5718.030.01393697-99, разработанными в СоюздорНИИ. В зависимости от размеров применяемого щебня щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси и асфальтобетон были классифицированы на следующие виды:

При размере зерен до 10 мм - ЩМА-10

----- « ----- до 15 мм - ЩМА-15

----- « ----- до 20 мм - ЩМА-20.

Указанные смеси рекомендуется применять для устройства верхних слоев покрытий толщиной от 3 до 6 см на автомобильных дорогах любых технических категорий и городских улицах в I-V дорожно-климатических зонах. Требования к зерновым составам проектируемых смесей ЩМА-10, ЩМА-15 и ЩМА-20 по ТУ 5718.030.01393697-99 были гармонизированы с Европейскими нормами prEN 13108-6 для марок D8, D11 и D16.

В России оптимальные составы горячих щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей впервые были регламентированы техническими условиями ТУ-5718.021.01393697-97 и ТУ-5718.030.01393697-99, разработанными в СоюздорНИИ. В зависимости от размеров применяемого щебня щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси и асфальтобетон были классифицированы на следующие виды:

При размере зерен до 10 мм - ЩМА-10

----- « ----- до 15 мм - ЩМА-15

----- « ----- до 20 мм - ЩМА-20.

Указанные смеси рекомендуется применять для устройства верхних слоев покрытий толщиной от 3 до 6 см на автомобильных дорогах любых технических категорий и городских улицах в I-V дорожно-климатических зонах. Требования к зерновым составам проектируемых смесей ЩМА-10, ЩМА-15 и ЩМА-20 по ТУ 5718.030.01393697-99 были гармонизированы с Европейскими нормами prEN 13108-6 для марок D8, D11 и D16.

В структурном отношении ЩМА отличается от других видов асфальтобетона настолько сильно, что его принято относить к самостоятельной группе дорожно-строительных материалов.

Принципиальное различие обнаруживается уже на макроструктурном уровне при формировании минерального остова асфальтобетона. Если подбор зернового состава для большинства дорожных смесей обычно основан на получении наибольшей плотности уплотненного материала, то в ЩМА этот принцип не действует. Кривые зернового состава минеральной части ЩМА существенно отклоняются от кривых плотной смеси, что показано на графике (рис. 2).

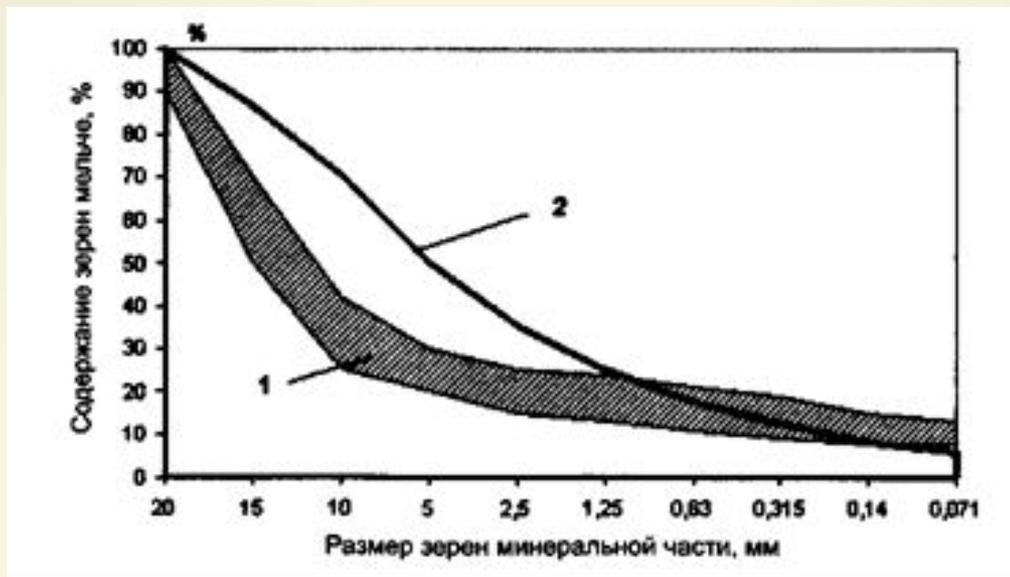


Рис. Зерновые составы смеси ЦМА-20 (1) в сравнении с плотной смесью по Фуллеру (2)

Зерновые составы ЦМА характеризуются высоким содержанием фракционированного щебня (порядка 70-80 % по массе), который должен обладать улучшенной формой зерен для создания максимально устойчивого каркаса в уплотненном слое покрытия.

Результаты проведенных исследований показали, что структура ЩМА предусматривает раздвижку минерального остова и присутствие в уплотненном материале слабоструктурированного и объемного битума. Более толстые пленки асфальтового вяжущего в щебеночно-мастичном асфальтобетоне приближают его к литому асфальтобетону [10], однако по степени структурирования битума минеральным порошком, содержанию щебня и по поровой структуре эти материалы не идентичны.

Присутствие объемного битума в ЩМА способствует увеличению его деформативности при растяжении, но в то же время приводит к резкому снижению когезионной прочности материала, особенно при положительных температурах.

В результате показатели прочности при сжатии у щебеночно-мастичного асфальтобетона оказываются более низкими. Прочность ЩМА также не подчиняется правилу створа.

Исходя из высоких требований к сдвигоустойчивости дорожных и аэродромных покрытий, низкий показатель когезионного сцепления щебеночно-мастичного асфальтобетона при сдвиге, очевидно, необходимо компенсировать высоким и стабильным внутренним трением минерального остова.

При правильно подобранном составе ЩМА имеет стабильно устойчивый минеральный остов, сформированный на основе одномерного кубовидного щебня. На рис. 8 представлены экспериментальные данные, характеризующие внутреннее трение асфальтобетона типа А и ЩМА.

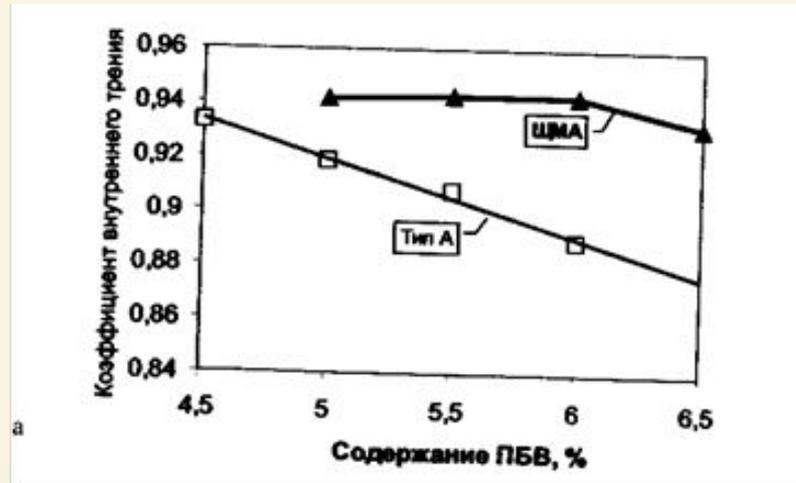


Рис. Зависимость внутреннего трения от содержания вяжущего для асфальтобетонов типов А и ЩМА

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 этого фактора и значительно выше по абсолютному значению. Поэтому относительно низкий показатель когезионного сцепления щебеночно-мастичного асфальтобетона, обусловленный более толстыми и менее структурированными пленками битума, компенсируется с точки зрения сдвигоустойчивости более высоким и стабильным внутренним трением минерального остова в уплотненном материале.

Это условие, необходимое для обеспечения сдвигоустойчивости асфальтобетонов, было принято за основу при обосновании требований к стандартным показателям физико-механических свойств, в том числе к пределу прочности при сжатии при температуре 50 °С.

Таким образом, структура ЩМА в зависимости от напряженно-деформированного состояния оптимально сочетает максимальную жесткость при трехосном сжатии и сдвиге и одновременно максимальную податливость и высокую деформативность при растяжении. Указанные реологические свойства асфальтобетона особенно важны для обеспечения сдвигоустойчивости и трещиностойкости дорожных покрытий в условиях фактического напряженно-деформированного состояния конструктивных слоев при эксплуатации.

Важнейшим элементом структуры асфальтобетона является щебень.

Для приготовления щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей принято использовать щебень соответствующих фракций (5-10, 10-15 и 15-20 мм) по ГОСТ 8267-93 из плотных трудно шлифуемых горных пород, обладающий хорошим сцеплением с битумным вяжущим.

Допускается использовать щебень из металлургических шлаков по ГОСТ 3344-83, соответствующий общим техническим требованиям. Он обеспечивает высокие фрикционные свойства поверхности устраиваемых покрытий, что важно для безопасности автомобильного движения.

Применяемый щебень по форме зерен должен относиться к 1-й или 2-й группе. Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы с соотношением геометрических размеров более чем 1:3 не должно превышать 15 %. Качественный щебень с улучшенной формой зерен, как правило, изготавливают по специальной технологии на соответствующем дробильно-сортировочном оборудовании.

Марка щебня по дробимости в цилиндре должна быть не ниже 1200 для изверженных и метаморфических горных пород и не ниже 1000 - для осадочных горных пород и гравия. Марка щебня по истираемости должна соответствовать И 1, марка по морозостойкости должна быть не ниже F 50.

Для приготовления смесей ЦМА необходимо использовать песок только из отсевов дробления горных пород с прочностью не ниже 1000, отвечающий требованиям ГОСТ 8736-93.

Зерновой состав песка должен обеспечивать требования к зерновому составу минеральной части щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси. Содержание глинистых частиц в песке, определяемое методом набухания по ГОСТ 8735-88\*, не должно превышать 0,5 %, при этом содержание зерен мельче 0,16 мм в песке из отсевов дробления не нормируется.

Каменная пыль, содержащаяся в песке из отсевов дробления, может быть использована в полном объеме при приготовлении щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей вместо части минерального порошка, тем более что относительное содержание ее в составе смеси, как правило, не превышает 30 % от требуемого количества частиц мельче 0,071 мм.

Минеральный порошок для приготовления ЦМА должен отвечать требованиям ГОСТ Р 52129-2003. Стандартный минеральный порошок для асфальтобетонных смесей марки МП-1 получают в результате помола карбонатных горных пород (известняка или доломита) в специальных мельницах. Он может быть как неактивированным, так и активированным, содержащим небольшое количество добавок поверхностно-активного вещества и гидрофобизатора, введенных в процессе помола минерального сырья.

При использовании в ЦМА активированного минерального порошка следует принимать во внимание, что если для активации применялись маловязкие продукты, то может наблюдаться пластифицирующее действие, проявляющееся в снижении показателей сцепления при сдвиге и прочности при сжатии. Некоторые активаторы негативно влияют на показатель стекания вяжущего, что вынуждает увеличивать содержание стабилизирующей добавки в смеси.

Чтобы удерживать горячий битум на поверхности зерен минерального материала во время промежуточного хранения и транспортирования щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей, в их состав вводят специальные структурирующие (стабилизирующие) добавки, позволяющие повысить толщину пленок вяжущего.

Вид и свойства этих добавок имеют большое значение для обеспечения требуемого содержания вяжущего и повышения качества смеси. Стабилизирующее действие проявляется в способности препятствовать сегрегации и отслоению (стеканию) битумного вяжущего при высоких технологических температурах.

Вначале в качестве стабилизирующих добавок использовали преимущественно волокна асбеста и резиновую крошку [1], что позволяло вводить в смесь ЩМА до 7 % битума. Затем по технико-экономическим, научно-исследовательским и экологическим соображениям круг стабилизирующих добавок был расширен. В ЩМА стали добавлять целлюлозные, полимерные и минеральные волокна, специальные термопластичные полимеры и производные кремниевой кислоты.

В настоящее время широко применяются стабилизирующие добавки на основе целлюлозных волокон благодаря своей технологичности и относительно низкой себестоимости. Как известно, целлюлоза является продуктом переработки растительного сырья и представляет собой цепочную структуру, состоящую из молекул  $\alpha$  или  $\beta$ -целлюлозы, не растворимую в воде. Истинная плотность чистой целлюлозы равна  $1,58 \text{ г/см}^3$ .

Специально выпускаемые для дорожного строительства добавки на основе целлюлозных волокон имеют следующие коммерческие названия: VIATOR, TOPCEL, TECHNOCEL 1004, ITERFIBRA, ANTROCEL, ГАСЦЕЛ и др.

Из акриловых волокон до недавнего времени присутствовали на рынке и предлагались для применения в качестве добавок в асфальтобетонные смеси DOLANIT, DCRET и FORTA.

Как стабилизирующую добавку в смесях ЩМА рекомендуется использовать однородное короткофибровое целлюлозное волокно, имеющее в составе не менее 50 % фибр длиной от 0,5 до 1,9 мм. Пригодность неапробированных волокон (акриловых, минеральных, стеклянных и пр.), как и других добавок (резинового порошка, полимеров и пр.), следует предварительно обосновывать лабораторными испытаниями.

Волокнистая добавка должна быть однородной, без примесей, устойчивой к нагреву до температуры 220 °С и иметь влажность не более 8 % по массе [14]. Она должна соответствовать требованиям соответствующей технической документации производителя, согласованной и утвержденной в установленном порядке. Технические характеристики некоторых стабилизирующих добавок, применяемых в ЩМА, приводятся ниже.

«Виатоп-66» (VIATOP 66) и «Виатоп-премиум» (VIATOP premium) представляют собой цилиндрические гранулы серого цвета без запаха. В соответствии с технической спецификацией VIATOP 66 - это гранулированная смесь, состоящая из целлюлозных волокон ARBOCEL ZZ 8-1 (66,6 %) и битума (33,4 %), а VIATOP premium - это гранулированная смесь, на 90 % состоящая из целлюлозных волокон ARBOCEL ZZ 8-1 и на 10 % из битума. Они нетоксичны, физиологически- и взрывобезопасны.

VIATOR 66 характеризуется следующими показателями свойств, приведенными в табл.

Таблица. Свойства гранулированной стабилизирующей добавки VIATOR 66

НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ	ЗНАЧЕНИЕ
Содержание ARBOCEL ZZ 8-1	65-70 %;
Средняя длина гранулы	4-10 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;
Пенетрация битума при 25 °С Температура размягчения битума по КиШ	35-50* 1/10 мм; 54-59 °С.

Показатели свойств VIATOP premium приведены в табл.

Таблица. Свойства гранулированной добавки VIATOP premium

НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ	ЗНАЧЕНИЕ
Содержание ARBOCEL ZZ 8-1	89-92 %;
Средняя длина гранулы	2-8 мм;
Средняя толщина гранулы	4±1 мм;
Объемная плотность	470-540 г/л;
Термическое разрушение	220 °С;
Температура возгорания	500 °С;
Растворимость в воде (при 20°С)	нерастворим;
Базовый исходный материал	техническая целлюлоза;
Содержание целлюлозы	80±5 %;
Водородный показатель pH	7,5±1;
Средняя длина волокон	1,1 мм;
Средняя толщина волокон	45 мкм;
Пенетрация битума при 25 °С Температура размягчения битума по КиШ	50-70* 1/10 мм; 48-54 °С.

Показатели свойств VIATOP premium приведены в табл. 2.

Таблица. Свойства гранулированной добавки VIATOP premium

НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ	ЗНАЧЕНИЕ
Содержание ARBOCEL ZZ 8-1	89-92 %;
Средняя длина гранулы	2-8 мм;
Средняя толщина гранулы	4±1 мм;
Объемная плотность	470-540 г/л;
Термическое разрушение	220 °С;
Температура возгорания	500 °С;
Растворимость в воде (при 20°С)	нерастворим;
Базовый исходный материал	техническая целлюлоза;
Содержание целлюлозы	80±5 %;
Водородный показатель pH	7,5±1;
Средняя длина волокон	1,1 мм;
Средняя толщина волокон	45 мкм;
Пенетрация битума при 25 °С Температура размягчения битума по КиШ	50-70* 1/10 мм; 48-54 °С.

TOPCEL представляет собой спрессованные гранулы из волокон целлюлозы, которые не содержат битум, но включают от 10 до 15 % парафинов и характеризуются следующими показателями:

Таблица. Свойства гранулированной стабилизирующей добавки TOPCEL

НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ	ЗНАЧЕНИЕ
Внешний вид	гранулы серого цвета;
Остаток при сжигании	15 %;
Влажность	6 %;
Водородный показатель рН	7±1;
Рекомендуемая дозировка	0,3-0,4 %.

TECHNOCEL 1004 - целлюлозные волокна серого цвета, не спрессованные, являются исходным продуктом для изготовления гранул TOPCEL.

Характеризуются следующими показателями:

Таблица. Свойства целлюлозных волокон TECHNOCEL 1004

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 %

Таблица. Влияние сравниваемых стабилизирующих добавок на физико-механические свойства ЩМА-15

Наименование показателей	Стабилизатор		Требования ГОСТ 31015-2002
	РТЭП	VIATOR-66	
Номер и состав смеси, в % массы:	№ 92	№ 72	
Содержание зерен мельче 15 мм	100	100	90-100
— « — мельче 10 мм	49,6	49,6	40-60
— « — мельче 5 мм	30	30	25-35
— « — мельче 0,63 мм	17,6	17,6	12-22
— « — мельче 0,071 мм	10,3	10,3	9-14
Содержание вяжущего, сверх 100 %	6,0	6,0	-
в том числе содержание добавки, %	0,45	0,45	-
Физико-механические свойства:			
Средняя плотность, г/куб. см	2,477	2,500	-
Пористость минерального остова, %	17,6	16,8	15-19

Продолжение таблицы

Наименование показателей	Стабилизатор		Требования ГОСТ 31015-2002
	РТЭП	VIATOR-66	
Остаточная пористость, %	3,1	2,2	1,5-4,5
Водонасыщение, % по объему	1,9	1,5	1,0-4,0
Предел прочности при сжатии, МПа			
при температуре: 20 °С	4Д	4,00	Не менее 2,2
при температуре: 50 °С	1,2	0,90	Не менее 0,65
Коэффициент внутреннего трения	0,964	0,957	Не менее 0,93
Сцепление при сдвиге, МПа	0,290	0,185	Не менее 0,18
Прочность на растяжение при расколе при 0 °С, МПа	5,7	5,5	2,5-6,0
Стекание вяжущего, %	1,60	0,08	Не более 0,2
Водостойкость	0,98	-	-
То же при длительном водонасыщении	0,77	0,85	Не менее 0,85

**Заключение:** В щебеночно-мастичной смеси ЩМА-15 заданного состава представленный образец гранулированного РТЭП (резиновый термоэластопласт) по сравнению с популярной целлюлозной добавкой VIATOR-66 не обеспечил требуемый показатель стекания битумного вяжущего по ГОСТ 31015-2002. РТЭП способствует повышению показателей прочности при сжатии и сцепления при сдвиге при 50 °С, однако не улучшает водостойкость асфальтобетона

## Битумные вяжущие

Для приготовления щебеночно-мастичных смесей применяют битумы нефтяные дорожные вязкие, отвечающие требованиям ГОСТ 22245-90, полимерно-битумные вяжущие (ПБВ) по ГОСТ Р 52056-2003, а также другие, выпускаемые по технической документации, согласованной и утвержденной в установленном порядке.

Независимо от условий применения необходимо ориентироваться на такие битумные вяжущие в ЦМА, которые имеют наиболее высокую адгезию с поверхностью применяемого щебня.

При плохом сцеплении вяжущего со щебнем рекомендуется использовать добавки активаторов или поверхностно-активные вещества, например, катионного типа в случае применения кислых каменных материалов.

В целях повышения устойчивости к воздействию тяжелых транспортных нагрузок и экстремальных температур рекомендуется применять ЦМА на основе полимерно-битумных вяжущих (ПБВ), особенно для устройства покрытий на мостах и городских улицах [17]. Наиболее широкое применение в дорожном строительстве получили ПБВ, содержащие добавки трехблочного сополимера типа «стирол-бутадиен-стирол» (SBS) в количестве до 6,5 % от массы битума.

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА ЩМА

Прежде чем проектировать состав щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси необходимо выбрать ее вид (по крупности применяемого щебня), исходя из проектной толщины устраиваемого слоя покрытия.

Смесь ЩМА-10 рекомендуется применять для устройства слоев покрытий толщиной 2-4 см, ЩМА-15 - при толщине слоя 3-5 см и ЩМА-20 - при толщине 4-6 см.

Для более тонких и более толстых слоев покрытий рекомендуется разрабатывать иные смеси. Например, при необходимости могут быть запроектированы по специальным техническим условиям песчаные (ЩМА-5) и крупнозернистые смеси (ЩМА-30, ЩМА-40) с максимальным размером зерен каменного материала 5 мм и до 40 мм соответственно.

Процесс подбора оптимального состава ЩМА можно условно разделить на три этапа:

- На первом этапе в результате лабораторных испытаний определяют качество исходных минеральных материалов и битумного вяжущего, чтобы установить соответствие показателей свойств действующим требованиям.
- На втором этапе определяют рациональное соотношение содержания щебня, песка из отсевов дробления, минерального порошка, битума и стабилизирующей добавки в смеси, чтобы обеспечить показатели свойств асфальтобетона, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 31015-2002.
- На заключительном этапе рекомендуется проводить технико-экономическое сравнение вариантов подобранных составов смесей, отработку технологии приготовления смеси на асфальтобетонном заводе и, при необходимости, корректирование состава с учетом результатов пробной укладки и испытаний проб смесей из пробных замесов в заводской смесительной установке.

Минеральную часть ЦМА подбирают на основании предварительно установленных зерновых составов фракционированного щебня, песка из отсева дробления и минерального порошка по предельным зерновым составам, приведенным в табл.

Таблица. Требования к зерновым составам ЦМА

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
ЦМА-10			100-90	40-30	29-19	26-16	22-13	20-11	17-10	15-10
ЦМА-15		100-90	60-40	35-25	28-18	25-15	22-12	20-10	16-9	14-9
ЦМА-20	100-90	70-50	42-25	30-20	25-15	24-13	21-11	19-9	15-8	13-8

Примечание. При приемосдаточных испытаниях допускается определять зерновые составы смесей по контрольным ситам в соответствии с данными, выделенными жирным шрифтом

Основную часть состава используемого щебня должна составлять крупная фракция.

Соотношению крупной и мелкой фракций в минеральной смеси также придается особое значение, так как от него будут зависеть технологические свойства горячей смеси, пористость минеральной части асфальтобетона, оптимальное количество битума и в конечном итоге - эксплуатационные свойства покрытия.

Например, относящиеся к ЩМА документы AASHTO требуют, чтобы величина межзерновых пустот в асфальтобетонном остове, составленном из крупных фракций щебня, была равна или меньше пустотности предварительно уплотненного в цилиндре сухого щебня. Это требование призвано гарантировать формирование скелета из крупных фракций щебня при уплотнении слоя ЩМА на дороге.

В процессе подбора состава определяют параметр СА - соотношение мелких и крупных зерен каменного материала в смеси. Рассчитывается он следующим образом.

Сначала выбирают размеры ячеек контрольных сит из стандартного набора, применяемого для отсева минеральных материалов.

Контрольное сито № 1 назначается по номинальному размеру квадратного отверстия, соответствующему крупности зерен  $D_{\text{НОМ}}$  в проектном составе ЩМА, например 19 мм.

Контрольное сито № 2 должно соответствовать половине номинального размера, т.е.  $19/2 = 9,5$  мм.

Контрольное сито № 3 выбирают как наиболее близкое к размеру, определяемому как  $0,22 D_{\text{НОМ}}$ , т.е. равным 4,75 мм.

При подборе состава минеральной части ЩМА параметр СА вычисляется в виде отношения содержания мелких зерен щебня к крупному щебню, в рассматриваемом случае это будет соотношение веса фракции 4,75-9,5 мм к полному остатку на сите 9,5 мм.

Этот показатель во многом определяет свойства асфальтобетонной смеси. Чем выше величина параметра СА, тем труднее будет уплотняться асфальтобетонная смесь соответствующего зернового состава минеральной части и тем больше будет пористость минерального остова асфальтобетона. При формовании образцов методом вращательного уплотнения (в гираторе) было установлено, что изменение параметра СА на 0,2 приводит к изменению пористости минеральной части ЩМА примерно на 1 %.

Зерновой состав песчаной части смеси мельче 4,75 мм также подвергается анализу.

Соответственно, четвертым контрольным размером отверстия сита будет  $4,75/2 = 2,36$  мм, а пятым контрольным ситом -  $0,22 * 4,75 = 1,18$  мм.

Чем выше частный остаток на сите 2,36 мм, т.е. чем крупнее песчаная составляющая минеральной части ЦМА, тем в большей степени она будет раздвигать каркас из щебня. Аналогичному анализу подвергается песчаная часть зернового состава смеси мельче 1,18 мм.

Изменение зернового состава песчаной составляющей позволяет дополнительно регулировать пористость минеральной части асфальтобетона, удобоуплотняемость и склонность к сегрегации асфальтобетонной смеси.

В связи с этим рекомендуется применять специальный тест AASHTO TP33 для оценки формы зерен песка по известной методике для минерального материала, прошедшего через сито 2,36 мм.

Изменяя зерновой состав смеси на контрольных ситах, можно добиться желаемых свойств ЦМА.



Рис. График минимального содержания битума в ЩМА

Весьма эффективным оказался расчет проектного содержания битума в ЩМА, исходя из требуемого объемного содержания асфальтового вяжущего вещества, которое было установлено по способности «самозалечивания» дефектов и пор в дорожном покрытии. При заданном количестве минерального порошка в ЩМА расчетное содержание битума коррелирует с величинами, принятыми по графику на рис.

По подобранному рецепту в лаборатории готовят пробный замес асфальтобетонной смеси массой около 3 кг. При этом необходимо особенно тщательно распределять навеску стабилизирующей добавки по объему смеси. Пробу приготовленной горячей смеси испытывают на стекание вяжущего. Схема испытания приведена на рис.

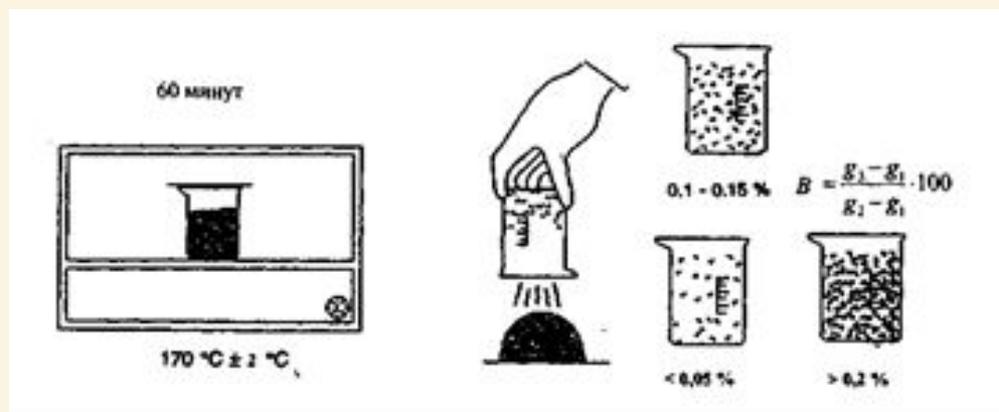


Рис. Схема испытания смеси на стекание вяжущего

При показателе стекания больше 0,3 % увеличивают содержание стабилизирующей добавки на 0,05-0,1 % или снижают содержание битума в смеси. При показателе стекания меньше 0,2 % (рекомендуется от 0,15 до 0,2 %) из приготовленной смеси формируют два-три образца по ГОСТ 12801-98.

Сформованные образцы взвешивают на воздухе и в воде, после чего испытывают на водонасыщение. Определив среднюю и истинную плотность асфальтобетона и минеральной части, рассчитывают остаточную пористость в образцах и пористость минерального остова.

Если остаточная пористость не соответствует норме, то по полученным характеристикам вычисляют требуемое содержание битума Б (% по массе):

$$A' = \frac{(V_{ii\partial}^i - V_{ii\partial}^i) \rho^a}{\rho_m^i},$$

где  $V_{ii\partial}^i$  - пористость минеральной части, %;

$V_{ii\partial}^i$  - требуемая остаточная пористость асфальтобетона, %;

$\rho^a$  - истинная плотность битума, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_m^i$  - средняя плотность минеральной части, г/см<sup>3</sup>.

С рассчитанным количеством битума вновь готовят смесь, определяют показатель стекания вяжущего, формуют два или три образца и снова определяют остаточную пористость и водонасыщение асфальтобетона. Если они будут находиться в заданных пределах, то рассчитанное количество битума принимается за основу. В противном случае процедуру подбора содержания вяжущего, основанную на приближении к нормируемому объему пор стандартно уплотненного асфальтобетона, повторяют.

По последнему рецепту готовят большой замес смеси, достаточный для изготовления необходимого количества образцов, чтобы определить полный комплекс физико-механических свойств по ГОСТ 31015-2002. Если асфальтобетон из смеси подобранного состава не будет соответствовать требованиям проекта по каким-либо показателям свойств, то состав следует изменить.

Например, при неудовлетворительной прочности при 50 °С рекомендуется увеличить (в допустимых пределах) содержание минерального порошка или применить более вязкий битум; а при больших значениях предела прочности при 0 °С - наоборот, снизить содержание минерального порошка, уменьшить вязкость битума или применить полимерно-битумное вяжущее вместо битума.

В случае недостаточной величины коэффициента внутреннего трения следует увеличивать содержание крупных фракций щебня или содержание крупных дробленых зерен в песчаной части смеси.

Форма зерен применяемого щебня также оказывает существенное влияние на показатель внутреннего трения, который является основной характеристикой сдвигоустойчивости асфальтобетона в покрытии.

Нормируемые величины показателей физико-механических свойств ЩМА приведены в табл.

Таблица. Физико-механические свойства ЩМА

Наименование показателя	Нормы 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
Коэффициент внутреннего трения $\text{tg } \varphi$ , не менее	0,92	0,93	0,94
Сцепление при сдвиге, МПа (50 °С, 50 мм/мин), не менее	0,16	0,18	0,20
Предел прочности на растяжение при расколе, МПа (0 °С, 50 мм/мин.)	2,0-5,5	2,5-6,0	3,0-6,5
Водостойкость при длительном водонасыщении, не менее	0,90	0,85	0,75

Примечание: При использовании полимерно-битумных вяжущих допускается снижение нормы сцепления при сдвиге и предела прочности на растяжение при расколе на 20 %.

### 3. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЩМА

Горячие щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси (ЩМАС) изготавливаются на обычных асфальтобетонных заводах, оборудованных смесителями принудительного перемешивания, путем смешения в нагретом состоянии щебня, песка из отсевов дробления, минерального порошка, битума или полимерно-битумного вяжущего с добавлением стабилизирующих добавок.

Погрешность дозирования компонентов не должна превышать: для щебня  $\pm 2\%$ , для минерального порошка и битума  $\pm 1,5\%$ , для добавки волокон  $\pm 2,5\%$  от массы соответствующего компонента. Стабилизирующую добавку вводят, как правило, в минеральную часть смеси перед объединением ее с битумом. Добавка помогает исключить отслоение и стекание вяжущего при хранении и транспортировании горячей смеси, а также улучшает однородность и физико-механические свойства ЩМА. Добавление стабилизатора в смесь может производиться даже вручную, однако желательно это делать с помощью специальных систем дозирования.

В дальнейшем с целью уменьшения вероятности ошибки и снижения трудоемкости работ требуемое количество стабилизирующей добавки (3,0-5,0 кг на 1 тонну смеси) стали дозировать с допускаемой погрешностью, используя специальные дозирующие системы объемного или весового типа (рис.)

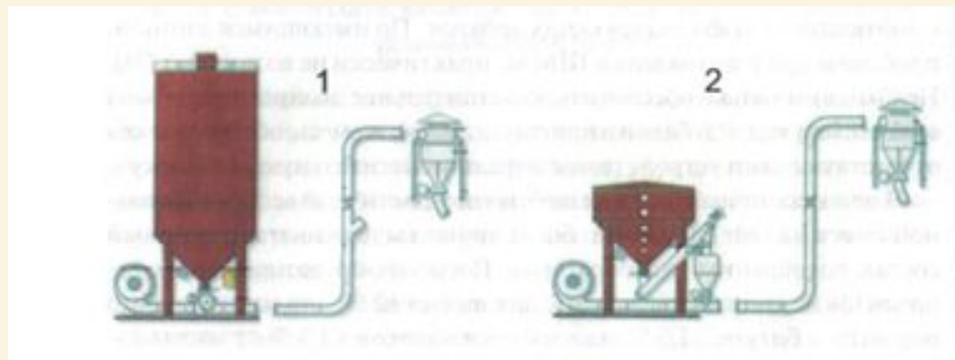


Рис. Дозирующие устройства объемного (1) и весового (2) типов

При использовании системы объемного дозирования стабилизирующая добавка из контейнера или силосной башни вместимостью 3-4 м<sup>3</sup> через роторное дозирующее устройство поступает в пневматический конвейер и по трубопроводу диаметром 150 мм подается в циклон с встроенной загрузочной воронкой и датчиком наличия материала. Далее добавка через автоматический клапан выпускного отверстия попадает в трубопровод подачи материала в смеситель.

Система весового дозирования отличается от объемного дозатора только тем, что добавка из контейнера или силосной башни с помощью шнекового конвейера вначале подается в весовой бункер, где дозируется, а уже затем поступает в трубопровод пневматического конвейера. Дальнейшая схема прохождения материала такая же, как и в системе объемного дозирования.

Гранулированную добавку стабилизатора можно подавать в асфальтовый смеситель по линии возврата сухой пыли улавливания. Подобная схема дозирования гранулированной добавки VIATOR-66, представленная на рисунке была реализована на асфальтосмесительной установке TELTOMAT-100 в ГП «Ногинский Автодор».

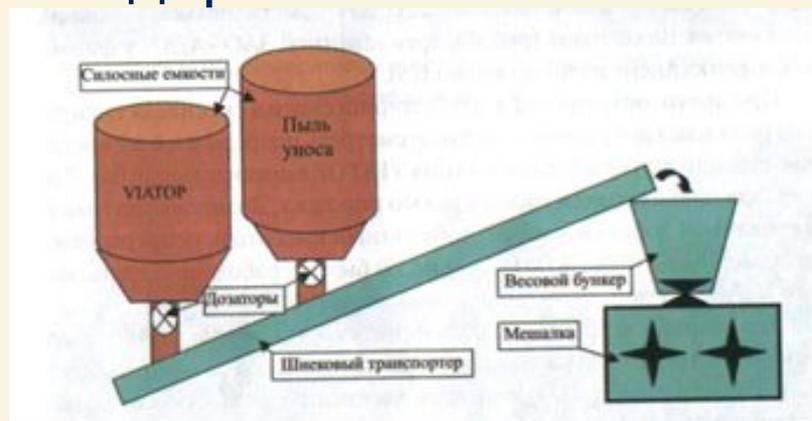


Рис. Схема дозирования гранулированной добавки совместно с пылью уноса

Еще одним вариантом дозирования стабилизатора является использование линии подачи в смеситель крошки старого асфальтобетона, являющейся штатным оборудованием на современных смесительных установках.

Этот вариант был принят за основу на смесительной установке TELTOMAT производительностью 240 т/час на АБЗ «Бетас» и на смесительной установке BENNINGHOVEN на АБЗ «Трансстромсервис» (г. Москва).

Если для приготовления смеси предусматривается использование волокон целлюлозы, не спрессованных в гранулы, то система подачи и дозирования этой добавки в асфальтобетонный смеситель должна быть иной. В этом случае свободные волокна целлюлозы после соответствующей механической распушки в приемном бункере обычно вдувают с помощью компрессора непосредственно в смесительную камеру, при этом дозирование их в смеситель циклического действия осуществляется в установленное время вслед за подачей минерального порошка.

Компьютерная программа управления процессом приготовления смеси должна обеспечивать требуемую точность дозирования волокон в смеситель перед подачей битума или вместе с ним. Такая технология была задействована на асфальтосмесительной установке «Амоматик Вихясиата» (рис.), арендованной ЗАО «АДС» у фирмы «Лемминкяйнен» из Финляндии.

При приготовлении асфальтобетонной смеси в смесителях непрерывного действия необходимо предусмотреть непрерывное дозирование стабилизирующей добавки типа VIATOR в смесительный барабан параллельно с подачей минерального порошка.



Рис. Асфальтосмесительная установка с дозатором свободных целлюлозных волокон

Дозирование гранулированной добавки в асфальтобетонный смеситель непрерывного действия Roadbuilder ADM-160 (рис.) было отработано специалистами ЗАО «Труд».

Для этого было установлено дополнительное оборудование и изменена технология запуска завода и подачи составляющих компонентов.

Как отмечено в работе, при использовании асфальтосмесительной установки АДМ-160 общее время прохождения материалов через сушильно-смесительный агрегат составляет порядка 8-9 мин., причем подача битума производится во второй половине барабана, поэтому время его объединения с минеральной частью составляет около трех мин.

Минеральный порошок подается в смесь двумя частями. Основная часть после предварительного объединения в смесительном конусе с битумом подается в составе асфальтового вяжущего (битум + порошок) на просушенные и нагретые минеральные материалы в нижней части смесительного агрегата.



Рис. Асфальтосмеситель непрерывного действия ADM-160

Вторая часть порошка из специально построенного силосного бункера подается по отдельному ленточному транспортеру в приемный лоток, предусмотренный для введения в смесь старого асфальтобетона.

Гранулированная структурирующая добавка целлюлозы равномерно подается на этот же ленточный транспортер после дозирования шнеком с регулируемой скоростью вращения, который был установлен в нижней части расходного бункера.

Запуск асфальтосмесительной установки и выход на рабочий режим смешения производится поэтапно.

Только по истечении 5 мин. с момента штатного включения в работу всех узлов и агрегатов установки последовательно включается дополнительная подача второй части минерального порошка по закрытому ленточному транспортеру и дозирующее устройство гранулированной добавки целлюлозы.

Равномерная скорость вращения сушильно-смесительного барабана при приготовлении смеси является одним из критериев выбора оптимальной производительности асфальтосмесительной установки непрерывного действия.

Особенностью щебеночно-мастичной смеси является, в частности, более высокая по сравнению с обычными горячими асфальтобетонными смесями температура применения, что отражено в ГОСТ 31015-2002. Это связано, с одной стороны, с изменением реологических свойств по температурной чувствительности, а с другой - с тем, что смесь укладывается, как правило, более тонкими слоями, поэтому склонна к быстрому охлаждению.

Температура смесей ЦМА при выпуске из смесителя и отгрузке потребителю должна соответствовать требованиям, указанным в табл. При низких температурах окружающей среды и основания, на которое производится укладка ЦМА, бывает целесообразно температуру смеси на выходе из смесителя держать близкой к 180 °С, однако при этом следует убедиться, что битумное вяжущее не будет чрезмерно стареть.

Таблица. Требования к температуре ЦМАС в зависимости от марки битума

Марка вяжущего по глубине проникания иглы	Температура смеси при выпуске из смесителя, °С
40-60	160-175 (180)
60-90	155-170 (175)
90-130	150-165 (170)
130-200	140-160 (165)

Примечание. Приведенная в скобках температура смеси может быть назначена в случае технико-экономического обоснования с учетом показателей старения и результатов научно-технического сопровождения строительства дорожных покрытий.

- Технологический процесс приготовления смеси в смесителях периодического действия включает следующие основные операции:
- подготовку минеральных материалов (подача и предварительное дозирование, высушивание и нагрев до требуемой температуры) и пофракционное дозирование их в смеситель;
  - подачу холодных минерального порошка и стабилизирующей добавки через дозатор в смеситель;
  - подготовку битума (разогрев и подача при необходимости из битумохранилища в битумоплавильню, выпаривание содержащейся в нем влаги и нагрев до рабочей температуры, 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 автомобили-самосвалы.

Технологический процесс приготовления смеси в смесителях непрерывного действия предусматривает дозирование холодных минеральных материалов, а их нагрев и перемешивание с битумом и стабилизирующей добавкой происходят в одном сушильно-смесительном барабане.

Щебень и песок необходимо складировать отдельно на площадке с укрепленным основанием, имеющим хороший водоотвод.

На площадке складирования материалов должны быть разделительные стены высотой не менее 3 м для исключения перемешивания щебня различных фракций и песка между собой. Фракционированный щебень и песок из отсева дробления подают от места складирования к агрегату питания фронтальными погрузчиками или ленточными транспортерами.

Агрегаты питания оборудуют весовыми или объемными дозаторами для предварительного дозирования холодных и влажных минеральных материалов. Из агрегатов питания они поступают в барабан сушильного агрегата, где просушиваются и нагреваются до соответствующей температуры.

Температура нагрева смеси песка и щебня должна быть примерно на 25-30 °С выше требуемой температуры готовой асфальтобетонной смеси, приведенной в табл.

По сравнению с приготовлением традиционных асфальтобетонных смесей для плотного асфальтобетона нагрев минеральных материалов в сушильном барабане рекомендуется повышать примерно на 10-20 °С.

Если минеральные материалы перед поступлением в сушильный барабан имеют высокую влажность, то их высушивание и нагрев следует осуществлять не за счет увеличения подачи топлива в форсунку, а за счет уменьшения количества влажных материалов в сушильном агрегате. При применении поверхностно-активных веществ или активированных минеральных порошков температура нагрева минеральных материалов может быть снижена на 10-20 °С.

Нагретые щебень и песок подаются из сушильного барабана в сортировочно-дозирующее устройство, где горячий минеральный материал с помощью системы виброгрохотов разделяется по фракциям, которые затем размещаются в отдельных отсеках.

Из бункеров, в которых накапливаются горячие материалы, они поступают в весовой бункер-дозатор. Дозирование фракционированных горячих материалов осуществляется по весу.

Минеральный порошок дозируется в холодном состоянии с помощью общего весового дозатора или отдельных весов с более высокой точностью взвешивания.

Содержание фракционированных горячих материалов в смеси назначают, исходя из проектного зернового состава, подобранного в лаборатории. Для перевода проектного зернового состава минеральной части к квадратной форме отверстий сит виброгрохота можно использовать следующую таблицу.

Таблица. Соответствие применяемых отверстий решеток грохотов

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

При математических расчетах рецепта смеси на замес конкретной асфальтосмесительной установки для соотношения размеров квадратных и круглых сит можно применять следующую корреляционную зависимость:

$$D_k = 0,7917D_r + 0,125$$

Полные проходы зерен минерального материала через сита с квадратными ячейками заданного размера можно установить графически и методом интерполяции с помощью следующей зависимости:

$$M_i = M_{i-1} + (M_{i+1} - M_{i-1}) \cdot \frac{(A_i - A_{i-1})}{(A_{i+1} - A_{i-1})},$$

где  $A = (D_k)^{2/3}$ .

Окончательное содержание дозируемых фракций минерального материала следует уточнять по результатам рассева пробного сухого замеса смеси, полученного в смесительной установке. Циклонную пыль из системы пылеулавливания допускается подавать в смесительную камеру в соответствующем объеме вместо части минерального порошка.

Стабилизирующую гранулированную добавку рекомендуется вводить в мешалку современной асфальтосмесительной установки на разогретый каменный материал перед подачей или вместе с минеральным порошком, предусматривая «сухое» перемешивание в смесителях циклического действия в течение 15-20 сек.

Для гранулированных стабилизаторов семейства VIATOR дополнительного времени «сухого» смешивания не требуется. При последующем «мокром» перемешивании смеси с битумом в течение 10-20 сек. стабилизирующая добавка должна равномерно распределиться в объеме асфальтового вяжущего вещества.

Продолжительность перемешивания смеси определяется техническими параметрами смесительной установки, степенью изношенности лопастей мешалки и, в конечном итоге, должна обеспечить равномерное распределение всех компонентов, включая волокна и полное обволакивание дискретных зерен минерального материала стабилизированным битумным вяжущим.

Приготовленную асфальтобетонную смесь из смесителя выгружают в скиповый подъемник с последующим перемещением в накопительный бункер или непосредственно в кузов автомобиля-самосвала для дальнейшей транспортировки к месту укладки.

Использование накопительного бункера в качестве временного склада хранения горячих асфальтобетонных смесей позволяет обеспечивать ритмичность выпуска смеси независимо от наличия транспортных средств, изменения режимов укладки и погодных условий, а также сократить время загрузки автомобилей и повысить производительность АБЗ.

Время хранения щебеночно-мастичной смеси в обычном накопительном бункере рекомендуется ограничивать условиями ее охлаждения, но не более 2 часов.

По внешнему виду ЩМАС не проявляют признаков сегрегации. Тем не менее, рекомендуется загружать их порционно по длине кузова автомобиля, как это принято при загрузке обычных асфальтобетонных смесей. В зависимости от его грузоподъемности и длины кузова может быть от 2 до 4 порций загрузки.

Кузова автомобилей должны быть чистыми. Перед погрузкой их нужно обрабатывать специальными составами, предотвращающими прилипание смеси к днищу, например, мыльным раствором, масляной или керосиновой эмульсией, кремнийорганической жидкостью и т.п.

Асфальтобетонная смесь, загруженная в автомобили-самосвалы, должна закрываться на период транспортирования защитными тентами. Дальность транспортирования смеси зависит от ее термоизоляции и условий охлаждения. В момент выгрузки в бункер асфальтоукладчика температура смеси должна быть не ниже температуры, указанной в табл.

Количество автомобилей должно быть достаточным для обеспечения непрерывной укладки смеси заданным темпом, согласованным с производительностью асфальтобетонного завода.

Таблица. Температура ЩМАС при укладке

Марка вяжущего	Температура, °С, не менее
40/60	150
60/90	145
90/130	140
130/200	135

## 4. УКЛАДКА И УПЛОТНЕНИЕ ЦМА

Качество асфальтобетонных покрытий во многом будет зависеть от технологии укладки и уплотнения смеси.

Укладку горячей щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси производят, как правило, при температуре окружающего воздуха выше 5 °С на заранее подготовленную поверхность основания. Конструктивный слой дорожной одежды, на который предстоит укладывать асфальтобетонную смесь, должен быть построен в соответствии с действующими нормами.

При необходимости проводят ямочный ремонт, разделку и гидроизоляцию трещин старого асфальтобетонного покрытия, фрезерование поверхности под проектную отметку или устраивают выравнивающий слой из асфальтобетонной смеси.

Чтобы обеспечить хорошее сцепление укладываемого слоя с основанием, поверхность последнего очищают от пыли и грязи механическими щетками, сжатым воздухом от передвижного компрессора или другими средствами, после чего обрабатывают органическим вяжущим: битумной эмульсией или битумом. Битумное вяжущее перед нанесением на поверхность должно быть нагрето до рабочей температуры и как можно менее вязким.

Подгрунтовку наносят на обрабатываемую поверхность автогудронатором с расходом битума в пределах 0,2-0,3 л/м<sup>2</sup>.

Если старое асфальтобетонное покрытие было подвергнуто фрезерованию, то на поверхность требуется нанести примерно в 1,5 раза большее количество битумной эмульсии. Однако нельзя допускать перерасхода битума в связующем слое подгрунтовки и неравномерности его нанесения по площади основания.

Пролитый и «лишний» битум необходимо удалить с обрабатываемой поверхности или равномерно распределить на большую площадь с помощью щеток.

Горячая щебеночно-мастичная смесь укладывается и уплотняется как стандартная смесь с помощью асфальтоукладчиков и гладковальцовых катков.

Для повышения качества покрытия рекомендуется производить укладку, по возможности, на полную ширину проезжей части с помощью асфальтоукладчиков на гусеничном ходу, оснащенных автоматическими системами обеспечения ровности и поперечного уклона.

Число одновременно работающих укладчиков назначается в зависимости от общей ширины покрытия и ширины уплотняющих рабочих органов. Например, укладку верхнего слоя покрытия из ЩМА на автодороге МКАД-Кашира осуществляли сразу на всю ширину проезжей части 13,6 м тремя гусеничными асфальтоукладчиками моделей «Супер-1800» и «Супер-2500» фирмы Vogele (Германия).

Асфальтоукладчики во время работы располагаются уступом (рис.). Расстояние между ними назначается в пределах 10-30 метров в зависимости от погодных условий и соблюдения мер безопасности.



Рис. Укладка смеси на полную ширину проезжей части

Укладка ЩМАС одним широкозахватным асфальтоукладчиком производилась на автомобильных дорогах «Москва - Санкт-Петербург» и «Киев - Чоп». На рис. показана укладка смеси одним гусеничным асфальтоукладчиком модели «Супер-2500» фирмы Voegele на ширину 11 м на дороге «Киев - Чоп», 32-35 км.



Рис. Укладка смеси широкозахватным асфальтоукладчиком

Автоматическая система выдерживания ровности асфальтоукладчика должна работать от копирной струны, датчика поперечного уклона, опорного башмака или от длинной копирной лыжи в зависимости от утвержденного технологического регламента укладки ЩМА.

Перед началом укладки асфальтоукладчики должны быть установлены в исходное положение и подготовлены к работе в соответствии с инструкцией их эксплуатации:

- выглаживающая плита укладчика устанавливается на деревянные бруски (стартовые колодки) параллельно основанию на высоту проектной толщины слоя и дополнительного зазора на уплотнение, который составляет примерно 10-15 % от проектной толщины слоя, после чего прогревается до температуры 150 °С в течение 10-20 мин. в зависимости от погодных условий;
- задается угол атаки выглаживающей плите 2-3 градуса;
- настраивается автоматическая система обеспечения ровности и поперечного уклона;

- проверяется соответствие длины и высотного положения распределительного шнека укладчика геометрическим размерам укладываемого слоя ЩМА (расстояние от нижнего уровня лопастей шнека до поверхности основания должно составлять примерно полторы толщины слоя);
- настраиваются датчики подачи смеси, поддерживающие определенный объем материала на концах шнекового распределителя;
- устанавливаются режимы работы трамбующего бруса и виброплиты: ход трамбующего бруса должен быть в пределах 5-6 мм, частота ударов около  $1000 \text{ мин}^{-1}$ ), частота вибрации виброплиты в случае необходимости - около 40 Гц. Вибрацию следует включать только в крайних случаях и при толщине устраиваемого слоя не меньше, чем трехкратный размер зерен щебня в смеси.

После прохода исправного асфальтоукладчика на поверхности уложенного слоя ЩМА, как правило, не образуются трещины, раковины, разрывы сплошности и другие дефекты. Тем не менее, возможные дефекты можно исправить вручную до начала или в процессе уплотнения слоя катками путем добавления и разравнивания горячей смеси. При этом следует иметь в виду, что смесь ЩМА гораздо более липкая, чем традиционные смеси для плотного асфальтобетона, поэтому для ручных работ она слишком «тяжелая».

Для получения ровной поверхности слоя важно обеспечивать непрерывность укладки щебеночно-мастичной смеси. Скорость укладки рекомендуется не менее чем 2,0-3,0 м/мин., что обеспечивается производительностью АБЗ и ритмичностью поставок смеси к асфальтоукладчику.

Автомобили-самосвалы с горячей смесью должны ожидать асфальтоукладчик достаточно далеко впереди, чтобы не мешать работе, но и достаточно близко, чтобы успеть подъехать задним ходом к непрерывно двигающемуся асфальтоукладчику и остановиться за 30-60 см до упорных роликов.

Смесь постепенно загружают в бункер движущегося асфальтоукладчика, который толкает упорами снятый с тормозов автомобиль-самосвал с поднятым кузовом (рис.).



Рис. Загрузка ЩМАС в бункера асфальтоукладчиков

При непродолжительных перерывах в доставке смеси ее не следует полностью вырабатывать из бункера асфальтоукладчика. Бункер всегда должен быть заполнен не менее чем на 25 %.

В случае вынужденной остановки асфальтоукладчика на 15-20 мин. оставшуюся смесь из бункера необходимо переместить в шнековую камеру, учитывая, что смеси ЦМА при охлаждении затвердевают заметно быстрее, чем обычные. При продолжительных перерывах следует израсходовать всю смесь, находящуюся в бункере, в шнековой камере и под плитой асфальтоукладчика. В этом случае при возобновлении работ необходимо устраивать рабочий шов.

Устройству «холодных» продольных и поперечных стыков при сопряжении укладываемых полос необходимо уделять повышенное внимание.

Поперечные сопряжения должны быть перпендикулярны оси дороги. Края ранее уложенной полосы обрубают вертикально и смазывают битумом или битумной эмульсией.

Холодный поперечный стык необходимо прогреть, установить укладчик таким образом, чтобы прогретая выглаживающая плита находилась над краем ранее уложенного слоя покрытия, затем наполнить шнековую камеру горячей смесью.

При работе одного укладчика длина полосы укладки, позволяющая легко обеспечивать хорошее сопряжение смежных полос, назначается в зависимости от скорости охлаждения слоя, обычно в пределах от 50 до 200 м.

При укладке горячей смеси сопряженными полосами работу организуют так, чтобы в конце смены был уложен слой на всю ширину покрытия.

При сопряжении горячего слоя с краем остывшего покрытия целесообразно применять линейные инфракрасные разогреватели.

Внутренний край бокового щита шнековой камеры необходимо выставить таким образом, чтобы по вертикали он являлся как бы продолжением края остывшего покрытия.

В случае невозможности соблюдения данного условия необходимо укладку горячего слоя производить с небольшим (3-5 см) напуском на край остывшего покрытия с последующим сдвиганием деревянными скребками «лишней» смеси с холодного слоя на уплотняемый свежеложенный слой по всей границе сопряжения.

Уложенный слой следует начинать уплотнять сразу же за асфальтоукладчиком, пока смесь достаточно горячая и подвижная. Для уплотнения ЩМА наиболее пригодны гладковальцовые катки весом 8-10 т, которые двигаются короткими захватками со скоростью 5-6 км/час, приближаясь как можно ближе к асфальтоукладчику (рис.).

Стальные вальцы катков смачиваются в процессе укатки мыльным раствором, водно-керосиновой эмульсией или обычной водой.

Обильное орошение вальцов катка недопустимо, так как приводит к ускоренному охлаждению уплотняемого слоя.

В связи с тем, что рассматриваемые смеси намного более липкие, чем обычные смеси для плотного асфальтобетона, необходимо обеспечивать равномерное орошение вальцов катков жидкостью. Когда поверхность вальца смачивается не полностью, возможно налипание на нее смеси. При этом на поверхности укатываемого покрытия появляются дефекты в виде лунок в результате отрыва щебня. Эти дефекты нужно ликвидировать путем добавления и разравнивания горячей смеси перед проходом катка.



Рис. Устройство покрытия из ЩМА

Катки на пневматических шинах применять не рекомендуется, так как при высоких температурах возможно налипание объемного битума к резиновым шинам. Их использование целесообразно только при условии применения дополнительной технологической операции россыпи каменной мелочи по горячему слою ЩМА.

При укладке слоя не на всю ширину покрытия технологические захваты должны соответствовать применяемой технике и обеспечивать минимальную протяженность «холодных» продольных и поперечных стыков полос укладки.

Качеству устройства стыков необходимо уделять особое внимание, т.к. в процессе эксплуатации асфальтобетонных покрытий наиболее часто разрушаются места сопряжения горячего слоя с холодной полосой укладки. При устройстве поперечных сопряжений и продольных «холодных» стыков, уплотнение следует начинать с них.

Существует несколько способов уплотнения продольного «холодного» стыка. По сложившимся представлениям наилучшие показатели достигаются тогда, когда каток осуществляет первый проход по горячему слою на расстоянии 15 см до края ранее уложенной холодной полосы. При следующем проходе валец катка располагается точно по месту «холодного» стыка.

Также распространена такая схема уплотнения, при которой каток осуществляет первый проход по стыку, перекрывая холодную полосу на ширину 20-30 см.

В процессе уплотнения катки должны двигаться по укатываемой полосе челночно от ее краев к оси дороги, а затем от оси к краям, перекрывая каждый след на 20-30 см.

Первый проход катка лучше начинать, отступив от края покрытия на 10 см. Края уплотняются после первого прохода катка. Схема укатки должна обеспечивать равномерное уплотнение по всей ширине укатываемого полотна, что достигается одинаковым числом проходов катков по одному следу.

В случае устройства покрытия сопряженными полосами при уплотнении первой полосы рекомендуется следить за тем, чтобы вальцы катка находились на расстоянии не менее 10 см от кромки сопряжения. При уплотнении второй полосы первые проходы катка должны выполняться по продольному сопряжению с ранее уложенной полосой.

При температуре щебеночно-мастичной смеси ниже 100 °С, при укладке смеси на жесткое основание, а также при устройстве тонких слоев уплотнять их катками с вибрацией запрещается.

Допускается уплотнять ЩМА с вибрацией при низких температурах воздуха и желательно после первого прохода гладковальцового катка в статическом режиме.

Для эффективного уплотнения достаточно 1-2 проходов вибрационного катка по одному следу.



Рис. Укладка ЩМА одним асфальтоукладчиком

Очень важно осуществлять быстрое уплотнение ЩМА при температурах выше 100-120 °С, особенно при устройстве тонких слоев покрытий из-за их ускоренного охлаждения. Поэтому количество уплотняющей техники должно быть достаточным и назначается в зависимости от условий укладки.

За одним асфальтоукладчиком, как правило, должны следовать два гладковальцовых катка статического действия. Требуемая степень уплотнения слоя ЩМА обычно достигается при среднем количестве проходов катков по одному следу от 4 до 6.

Оптимальное количество проходов катков рекомендуется уточнить при пробной укатке смеси на опытном участке. Лишние проходы катков также нежелательны, так как могут привести к дроблению щебня и появлению локальных битумных пятен на поверхности покрытия.

## 5. КОНТРОЛЬ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЩМА

При приготовлении щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси контролируют: качество всех компонентов, температурный режим подготовки битума, температуру нагрева минеральных материалов, температуру, качество и однородность смеси.

Работу дозаторов минеральных материалов, битума и стабилизирующей добавки контролируют в установленном порядке, руководствуясь инструкциями по эксплуатации соответствующего оборудования.

При входном контроле определяют качество поступающих на АБЗ материалов в каждой партии по соответствующим паспортам, техническим свидетельствам и стандартам.

Операционный контроль при выпуске ЩМАС включает контроль параметров технологического процесса (температуры, времени операций, состояния контрольно-измерительных приборов и т.д.) и лабораторный контроль физико-механических показателей качества материалов. Операционный контроль осуществляют не реже 1 раза в 10 смен, определяя следующие показатели:

- зерновой состав щебня, песка из отсева дробления и минерального порошка;
- содержание пылевидных и глинистых частиц для щебня и песка;
- влажность неактивированного минерального порошка;
- гидрофобность активированного минерального порошка;

Пробы материалов для проведения испытаний отбирают со склада.

В процессе приготовления асфальтобетонных смесей постоянно контролируют температуру нагрева исходных материалов и готовой смеси.

Показатели снимают с приборов, фиксирующих указанные параметры, а при их отсутствии производят измерения с помощью термометров.

Кроме того, следует контролировать установленное в технологическом регламенте время перемешивания ЦМАС в соответствии с циклограммой.

При приемочном контроле качества готовой щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси контролируют температуру смеси непосредственно после выпуска ее из смесителя.

В том случае, когда асфальтосмесительная установка оборудована бункером-накопителем, температуру смеси измеряют после ее выгрузки из бункера в кузов автомобиля.

При приемочном и периодическом контроле качества должны определяться показатели физико-механических свойств ЩМА, регламентируемые ГОСТ 31015-2002.

Один раз в смену контролируют устойчивость смеси к расслаиванию по показателю стекания вяжущего, состав смеси, водонасыщение и предел прочности при сжатии при температуре 50 °С.

Не реже одного раза в месяц и при каждом изменении материалов, используемых для приготовления смеси, определяют пористость минеральной части и остаточную пористость асфальтобетона, предел прочности при сжатии при температуре 20 °С, водостойкость при длительном водонасыщении, коэффициент внутреннего трения и сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, сцепление битума с минеральной частью смеси.

На рис. изображен эпизод лабораторного испытания асфальтобетона на сдвигоустойчивость по ГОСТ 12801-98.

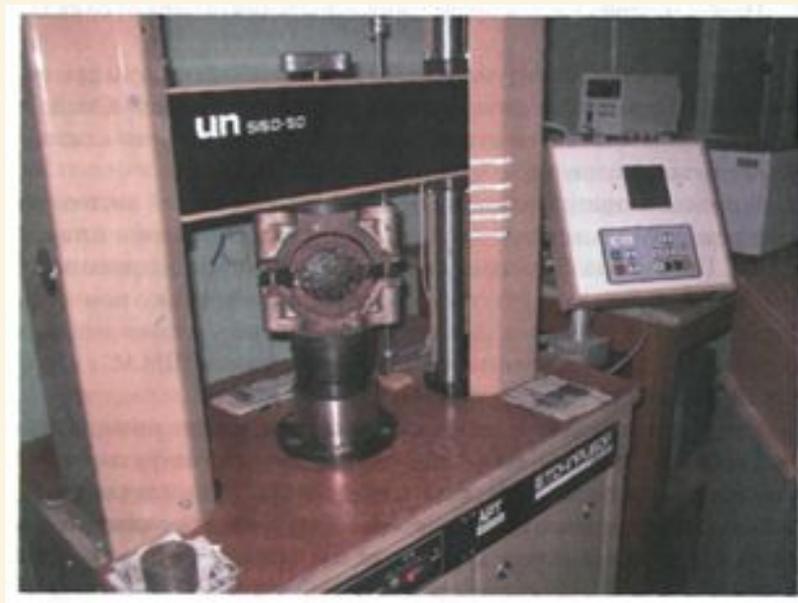


Рис. Испытание ЩМА на сдвигоустойчивость

При отработке состава смеси и технологии ее приготовления на первом этапе следует отбирать по одной объединенной пробе от каждых 300 тонн и определять все показатели свойств, указанные для приемочного контроля. Объединенная проба составляется не менее чем из шести точечных проб и усредняется методом квартования.

После окончательной отработки состава и технологии приготовления смеси партией можно считать количество смеси одного состава, выпускаемой на одной асфальтосмесительной установке в течение смены, но не более 1200 тонн. При изменении состава смеси для испытаний необходимо отбирать дополнительные пробы.

Если в результате приемочного контроля выявлено несоответствие показателей свойств ЩМА требованиям стандарта или значительное расхождение их с проектными показателями, то необходимо проверить свойства всех исходных материалов, состав смеси, технологический процесс приготовления, после чего произвести корректировку состава или ввести изменения в технологический режим приготовления смеси.

Однородность щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси оценивается коэффициентом вариации предела прочности при сжатии при температуре 50° С.

Коэффициент вариации рассчитывается по данным лабораторного журнала на основе показателей прочности не менее чем 20-ти испытанных проб и характеризует однородность выпускаемой смеси на конкретной смесительной установке за рассматриваемый период времени.

При коэффициенте вариации более 0,18 необходимо установить причину разброса результатов испытаний и произвести корректирующие действия по повышению однородности смеси.

Все изменения должны быть зафиксированы в лабораторном журнале для последующего определения потенциально «опасных точек» на АБЗ и разработки плана мероприятий по повышению качества выпускаемой ЩМАС.

Перед устройством покрытия из ЩМА должны быть приняты и оформлены актами освидетельствования все подготовительные работы на нижележащем слое (фрезерование, устройство выравнивающего слоя, очистка, подгрунтовка).

В процессе устройства покрытия должны контролироваться:

- температура смеси в кузове каждого автомобиля-самосвала;
- толщина слоя примерно через 100 м (на мостах, путепроводах и развязках через 50 м);
- ровность и поперечные уклоны примерно через 100 м;
- ширина слоя через 100 м (на мостах, путепроводах и развязках через 50 м);
- качество устройства продольных и поперечных сопряжений уложенных полос;
- соблюдение требуемых режимов работы асфальтоукладчиков и катков;
- качество ЩМА в покрытии и сцепление его с нижележащим слоем.

Температура смеси в кузове самосвала измеряется термометром и должна быть в пределах 150-170 °С. Температура смеси за выглаживающей плитой асфальтоукладчика должна быть не ниже 140 °С. Толщина уложенного слоя за асфальтоукладчиком контролируется с помощью металлического щупа. Толщина уплотненного слоя измеряется по отобранным из покрытия кернам с помощью штангенциркуля или линейки (рис.).



Рис. Определение толщины слоя ЦМА в керне

По опыту строительства покрытий из ЩМА допускается не более 10 % результатов замеров с отклонениями от проектной толщины слоя в пределах  $\pm 30$  %, остальные - до  $\pm 20$  %. Эти допуски являются более жесткими по сравнению с требованиями СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги», если учесть, что покрытия из ЩМА устраиваются в основном толщиной 3-5 см.

Ровность и поперечные уклоны контролируют с помощью трехметровой рейки (рис.). При этом не более 5 % результатов замеров ровности (просветов под рейкой) могут иметь значения в пределах до 6 мм, остальные - до 3 мм; не более 10 % замеров поперечных уклонов могут иметь отклонения от проектных в пределах от минус 0,010 до плюс 0,015, остальные - до  $\pm 0,005$ .

Ширина слоя покрытия контролируется с помощью мерной ленты. Отклонение от проектной ширины покрытия не должно превышать  $\pm 10$  см.

Степень уплотнения уложенного слоя характеризуют показателями плотности и водонасыщения кернов, взятых не менее чем из трех мест на каждые 7000 м<sup>2</sup> покрытия и испытанных по ГОСТ 12801-98. При этом, исходя из производственного опыта обеспечения качества дорожных покрытий из ЦМА, показатель водонасыщения не должен превышать нормативное значение ГОСТ 31015-2002 как минимум в 90 % образцов, отобранных при сдаче-приемке участка в эксплуатацию. В случае оценки расчетной величины остаточной пористости она должна находиться в пределах требований стандарта.

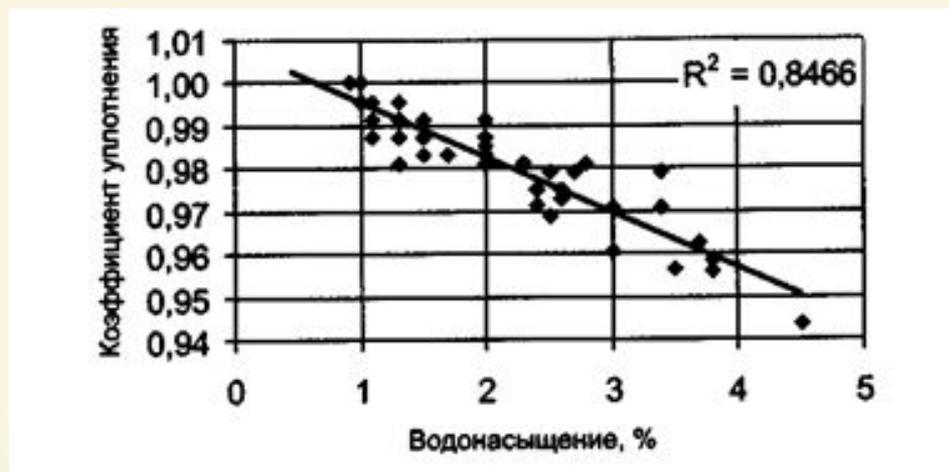


Рис. Корреляция показателей коэффицента уплотнения и водонасыщения ЦМА в покрытии.

Качество сцепления слоя ЩМА с нижележащим слоем оценивается при отборе кернов из покрытия.

При хорошем сцеплении между слоями требуется значительное усилие для их разделения в лабораторных условиях.

Шероховатость защитного слоя из ЩМА измеряется методом «песчаное пятно» (рис.) в соответствии со СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги».

Требования к средней глубине впадин шероховатости указаны в табл.

Таблица. Рекомендуемая шероховатость покрытий из ЩМА

Наименование показателя	Величины показателя для:		
	ЩМА-10	ЩМА-15	ЩМА-20
Средняя глубина впадин шероховатости, мм, не менее	0,8	1,1	1,5

Количество измерений в выборке должно быть не менее 30, а места измерений следует назначать равномерно по всей площади контролируемого участка покрытия, предъявляемого к сдаче в эксплуатацию.



Рис. Измерение шероховатости ЦМА методом «песчаное пятно»

Однородность текстуры поверхности рекомендуется оценивать в баллах в зависимости от коэффициента вариации значений шероховатости на вновь построенном участке покрытия по табл.

Таблица. Характеристика однородности текстуры поверхности ЦМА

Коэффициент вариации глубины впадин шероховатости, %	Качество текстуры поверхности
до 15	Отличное (5 баллов)
от 15 до 20	Хорошее (4 балла)
от 20 до 30	Удовлетворительное (3 балла)
более 30	Плохое (2 балла)

СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ