

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ SUPERPAVE НА ДОРОГАХ РОССИИ

В 2014 году компания «ВАД» построила первый в России опытный участок, протяженностью 1 км, с покрытием из асфальтобетонной смеси, запроектированной по принципам американской системы Superpave. В дальнейшем, в 2015-2016 годах, было построено еще несколько опытных участков из различных типов смесей Superpave на дорогах с различной интенсивностью движения в Ленинградской и Вологодской областях. Таким образом, нашей компанией был накоплен солидный практический опыт по лабораторному проектированию, производству и укладке подобных асфальтобетонных смесей.

В сентябре 2016 года был введен в действие комплект предварительных национальных стандартов (ПНСТ) на метод объемного проектирования асфальтобетонных смесей Superpave. Эти документы являются адаптированным техническим переводом американских стандартов AASHTO.

С 2017 года на федеральных дорогах началось активное внедрение инновационной системы проектирования асфальтобетонных смесей. Но внести в проект новые типы асфальтобетонных смесей оказалось совсем не простой задачей.

Новая автомобильная дорога «Таврида», строящаяся в республике Крым, была запроектирована с применением асфальтобетонов Superpave. Инженерный проект, содержащий конструкцию дорожной одежды с типами асфальтобетона Superpave по ПНСТ 127-2016 и ПНСТ 114-2016, обоснованно получил замечания Главгосэкспертизы. Во-первых, ПНСТ имеют ограниченный срок действия – три года, и не факт, что по истечении этого срока ПНСТ будут переведены в статус ГОСТ без значительных

изменений. Во-вторых, проектирование конструкции дорожной одежды с типами асфальтобетонов Superpave невозможно, так как для этих типов на тот момент не были определены и документально не закреплены расчетные характеристики.

В результате для получения положительного заключения экспертизы пришлось дополнительно обосновывать применимость данных типов асфальтобетонов и их расчетные характеристики на основании различных писем, примеров и практического опыта. Кроме того, были разработаны и согласованы с Министерством строительства РФ спецтехусловия (СТУ).

Таким образом, получалось, что технические требования на асфальтобетон есть, а применить в проекте этот асфальтобетон мы не имели права, так как в нормативном документе на проектирование такого асфальтобетона не было.

Следует отметить, что в настоящее время уже разработан и введен в действие с 15.05.2018 ПНСТ 265-2018 на проектирование нежест-

ких дорожных одежд, который заменит ОДН 218.046-01 и заполнит пробелы с расчетными характеристиками для новых типов асфальтобетонных смесей.

Еще одна проблема, с которой пришлось столкнуться при внедрении новых смесей, – это требования к применяемым каменным материалам. Для смесей Superpave следует применять щебень узких фракций, иначе не обеспечить стабильность выпускаемой асфальтобетонной смеси. Фракции щебней ГОСТ 8267 по своим размерам наиболее похожи на американские дюймовые фракции и с успехом применялись нами при производстве работ на опытно экспериментальных участках. Фракции щебня по-новому ГОСТ 32703-2014, разработанному в рамках ТР ТС 014/2011, существенно отличаются от контрольных сит системы Superpave, поэтому подобрать гранулометрический состав из этих фракций крайне сложно (табл. 1).

Решение этой задачи пришлось выносить на научно-технический совет Росавтодора, на котором было принято решение о возможности применения для асфальтобетонных смесей Superpave фракций щебня как по ГОСТ 8267, так и по ГОСТ 32703. Проект нового ГОСТ Р на Superpave смеси сейчас содержит требования к зерновому составу по европейской линейке сит и полностью согласуется с техническим регламентом.

Наименование	Размер ячеек сит, мм												
	40	25,0	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	
ГОСТ 8267													
Superpave	37,5	25,0	19,0	12,5	9,75		4,75	2,36	1,18	0,6	0,30	0,15	0,075
ГОСТ 32703	31,5	22,4	16,0	11,2	8,0	5,6	4,0	2,0	1,0	0,5	0,25	0,125	0,063

Табл. 1. Сравнение размеров ячеек сит

НМРЗ, мм	37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75
Критерий для щебеночно-мастичных смесей						
CA _{макро}			0,35–0,50	0,25–0,40	0,15–0,30	
Fa _{с мезо}				0,60–0,85		
Fa _{ф микро}				0,60–0,90		
Критерии для щебенистых, крупнозернистых смесей						
CA _{макро}	0,80–0,95	0,70–0,85	0,60–0,75	0,50–0,65	0,40–0,55	0,30–0,45
Fa _{с мезо}	0,35–0,50 (желательно > 0,40)					
Fa _{ф микро}	0,35–0,50					
Критерии для малощебенистых смесей						
CA _{макро}	0,60–1,00					
Fa _{с мезо}	0,35–0,50 (желательно > 0,40)					
Fa _{ф микро}	0,35–0,50					

Табл. 2. Критерии оптимальности зерновых составов асфальтобетонных смесей по Бэйли

В практическом плане для проведения подбора состава асфальтобетонных смесей по Superpave понадобится следующее основное оборудование:

1. Комплект сит с квадратными ячейками – для анализа гранулометрического состава;
2. Вискозиметр Брукфильда – для определения оптимальных температур приготовления и уплотнения асфальтобетонной смеси;
3. Гиратор – для регулируемого уплотнения асфальтобетонных образцов;
4. Вакуумный пикнометр – для определения максимальной плотности проектируемой асфальтобетонной смеси;
5. Испытательная машина – приспособление для испытания асфальтобетонных образцов по образующей и определения водостойкости;
6. Роликовый компактор и прибор «колемер» – для определения устойчивости к колееобразованию методом прокатывания нагруженного колеса.

Все это оборудование не предусматривает проверку вяжущего на марку PG. Оно рассчитано именно на выполнение подбора зернового состава асфальтобетонной смеси по Superpave и подразумевает, что в лаборатории есть стандартное оборудование по ГОСТ для испытания каменных материалов. В стандарте ПНСТ 114-2016 представлены очень широкие рамки

к требованиям по зерновым составам (к примеру, даже в сравнении с отечественным ГОСТ 9128), и при проектировании неизбежно встает вопрос, какие кривые зернового состава будут оптимальными. В случае, если вы не первый год работаете с данными каменными материалами и методологией Superpave, можно основываться на своем инженерном опыте, но что делать с новыми материалами? Как правильно выбрать, создать оптимальную гранулометрию?

В данном случае можно рекомендовать использовать критерии Бэйли для формирования первоначальных кривых зернового состава. Эти критерии учитывают макро-, мезо- и микроструктуру асфальтобетонной смеси и обеспечивают ее оптимальные эксплуатационные и технологические свойства (табл. 2). В начале 1980-х Роберт Бэйли одним из первых обратил внимание на зависимость технологических свойств асфальтобетонной смеси от зернового состава минеральной части. Основываясь на результатах производственных наблюдений, он предложил три критерия оптимальности зерновых составов (табл. 2), характеризующих способность различных асфальтобетонных смесей формироваться при укладке и уплотнении.

Если не вдаваться в подробности всей методологии Бэйли, то

данные критерии легко рассчитать, используя кривую зернового состава (традиционно представленную в виде проходов) и табл. 3. Например, для расчета критерия CA, который характеризует степень замелчения щебня для асфальтобетонной смеси SP-25, следует из прохода в процентах на сите 12,5 вычесть проход на сите 4,75 и разделить на 100% минус проход на сите 12,5 мм. Использование данных критериев послужит неплохой отправной точкой в проектировании асфальтобетонной смеси и ее гранулометрического состава.

В то же время, согласно ПНСТ 115 и ОДМ 218.4.036, при первоначальном подборе рекомендуется использовать три пробных гранулометрических кривых (рис. 1), запроектированных так, чтобы один состав прошел около верхней границы требований, второй – около нижней границы требований, а третий состав должен проходить между ними. Обычно смеси, которые проходят выше кривой максимальной плотности, называют малощебенистыми, а смеси, которые проходят ниже кривой максимальной плотности, – щебенистыми. В ОДМ принята классификация с разделением на мелкозернистые и крупнозернистые, которая отличается от привычного нам традиционного подхода, заложенного в ГОСТ 9128. Так, в ГОСТ 9128 принято на-

НМРЗ, мм	37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75
Первое контрольное сито PCS, мм	9,5	4,75	4,75	2,36	2,36	1,18
0,5D Половинное сито, мм	19,0	12,5	9,5	6,25	4,75	2,36
СА критерий Макроструктура	$\frac{19,0}{100\%}$	$\frac{12,5}{100\%}$	$\frac{9,5}{100\%}$	$\frac{6,25}{100\%}$	$\frac{4,75}{100\%}$	$\frac{2,36}{100\%}$
Второе контрольное сито SCS, мм	2,36	1,18	1,18	0,60	0,60	0,30
Критерий F_a Мезоструктура	$\frac{2,36}{9,5}$	$\frac{1,18}{4,75}$	$\frac{1,18}{4,75}$	$\frac{0,60}{2,36}$	$\frac{0,60}{2,36}$	$\frac{0,30}{1,18}$
Третье контрольное сито TCS, мм	0,60	0,30	0,30	0,150	0,150	0,075
Критерий F_a Микроструктура	$\frac{0,60}{2,36}$	$\frac{0,30}{1,18}$	$\frac{0,30}{1,18}$	$\frac{0,150}{0,60}$	$\frac{0,150}{0,60}$	$\frac{0,075}{0,30}$

Табл. 3. Расчет критериев оптимальности зерновых составов асфальтобетонных смесей по Бэйли

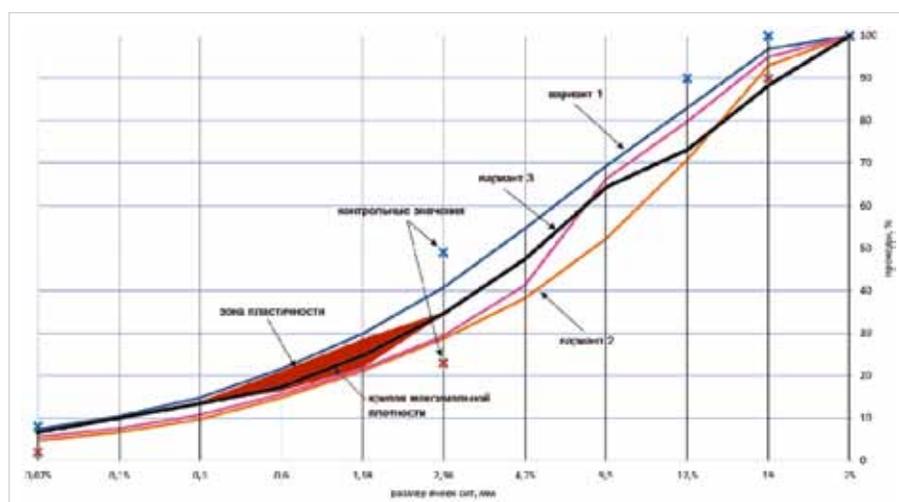


Рис. 1. Пример вариантов зерновых составов смеси с номинальным максимальным размером 19 мм, огибающих зону пластичности (ОДМ 218.4.036-2017)

зывать крупнозернистыми смеси, содержащие крупный щебень, а не его большое количество.

Также при подборе составов рекомендуется огибать зону пластичности. Следует отметить, что эта зона ограничивает применение

большого количества природного песка в смесях и обеспечивает требования по содержанию пустот в минеральном заполнителе (ПМЗ). На практике смеси, содержащие минимальное количество ПМЗ и проходящие через зону пластичности, в случае применения за-

полнителей из отсевов дробления, показывают достаточно высокие эксплуатационные свойства. Поэтому в последних публикациях документации по Supergrave все реже встречается упоминание о зоне пластичности.

После проведения испытаний на гираторе и определения объемно-весовых характеристик, из трех пробных составов выбирается один, который является оптимальным и наиболее приближен ко всем требуемым характеристикам. Для определения итогового количества битума на выбранном зерновом составе изготавливается серия образцов с четырьмя различными содержаниями вяжущего. Для удобства возможно построить график зависимости пустот от содержания вяжущего. При этом количество воздушных пустот после уплотнения на гираторе до проектного числа оборотов ($N_{\text{проект}}$) должно быть $4 \pm 0,3\%$.

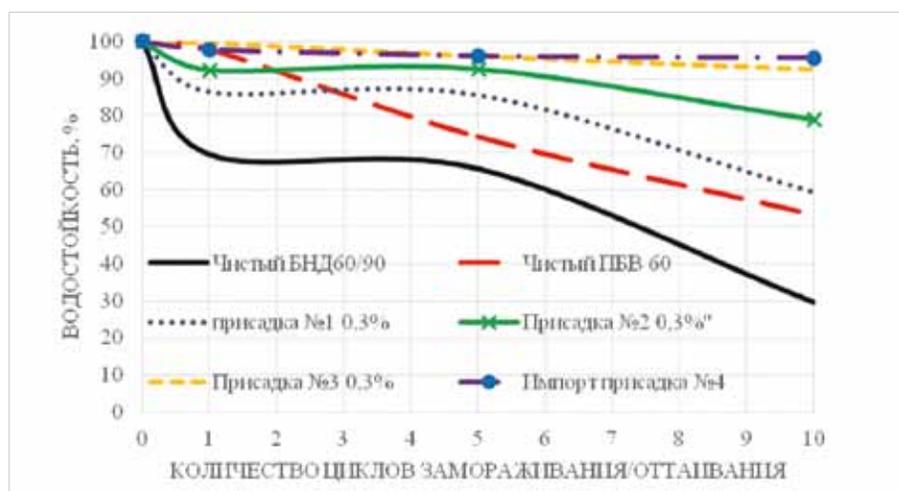


Рис. 2. График зависимости водостойкости от количества циклов замораживания-оттаивания

На заключительном этапе необходимо осуществить проверку свойств асфальтобетонной смеси. Обязательным в данном случае является проведение испытания на водостойкость и устойчивость к колееобразованию на воздухе. Дополнительно мы проверяем подобранный асфальтобетон: на морозостойкость (1; 5 циклов); устойчивость к колееобразованию и воздействию влаги на металлическом колесе в воде при 60°C по Гамбургской методике; определяем модуль жесткости и при необходимости проверяем

трещиностойкость и устойчивость к абразивному износу (устойчивость к воздействию шипованной резины).

Более подробно следует остановиться на первых двух дополнительных испытаниях. Определение устойчивости к попеременному замораживанию-оттаиванию – морозостойкости – является одним из важнейших испытаний. Для этого мы используем европейскую методику по определению модуля жесткости EN 12697-26 (метод С). Это неразрушающий метод контроля, который позволяет проводить значительное количество циклов замораживания-оттаивания и испытания на одних и тех же образцах, что в разы повышает точность определения морозостойкости-водостойкости.

В ПНСТ 113 для определения водостойкости используется один цикл замораживания-оттаивания, но, как показано на графике (рис. 2), при проектировании смесей, а также сравнении различных материалов, модификаторов, адгезионных присадок необходимо проверять их работоспособность при большем количестве циклов замораживания-оттаивания. К примеру, если одна присадка сработала после первого цикла, то не факт, что она выдержит все пять циклов испытания.

Испытание на устойчивость к колееобразованию с прокатыванием металлическим колесом в воде позволяет не только определить стойкость асфальтобетона к сдвиговым нагрузкам, но и его устойчивость к воздействию воды. Это довольно популярный метод испытания в США, который наиболее часто применяется для оценки эксплуатационных характеристик асфальтобетона и постепенно вытесняет традиционное испытание на водостойкость по образующей.

Стандартно испытание проходит при температуре 50°C, при испытании крымских асфальтобетонов Sp-25 и Sp-37 мы повысили температуру до 60°C – это очень жесткие условия. На графике (рис. 3) приве-

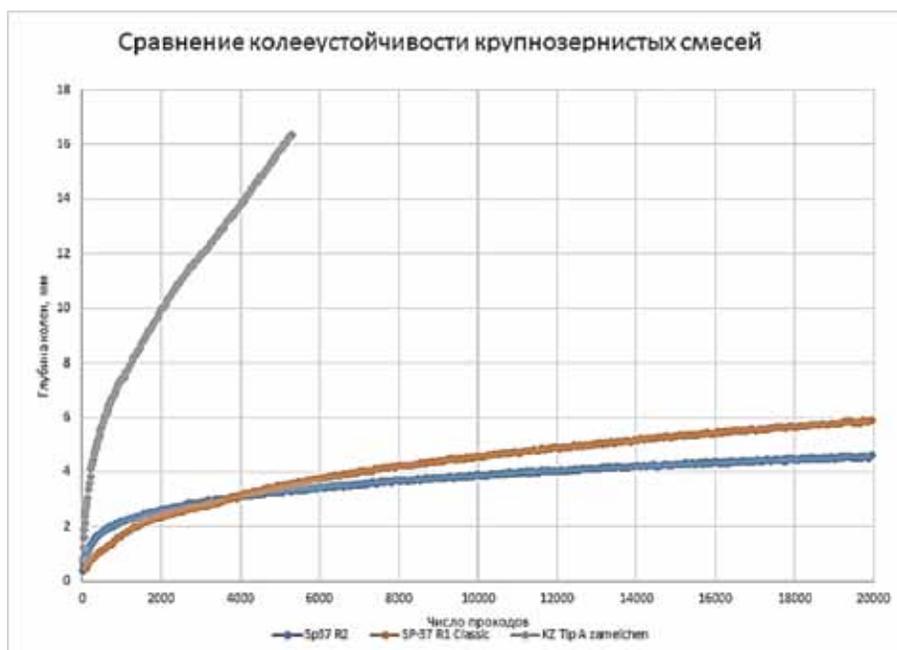


Рис. 3. График устойчивости крупнозернистых асфальтобетонов к колееобразованию и воздействию влаги, испытание в воде при 60°C, металлическое колесо

дены результаты испытания двух Superpave асфальтобетонов Sp-37 и крупнозернистого асфальтобетона тип А с содержанием щебня порядка 50%. Как видно на приведенном графике, стандартный асфальтобетон не выдержал, не прошел полный цикл испытания.

В данном случае (рис. 4) справа асфальтобетон, который выдержал испытание и показал отличный результат, а слева, помимо глубокой колеи, наблюдаются явные адгезионные разрушения: с каменного материала слезла битумная пленка и присутствует выкрашивание. Такую картину зачастую можно наблюдать после зимы на дорогах, построенных недобросовестными подрядчиками.

В итоге мы получаем протоколы, содержащие большое количество показателей, определяемых как стандартными, так и нестандартными методами. Все эти испытания проводятся при лабораторном подборе состава асфальтобетонной смеси, занимают длительное время, требуют дорогостоящего оборудования. Но что делать, когда начинается массовый выпуск асфальтобетонной смеси по Superpave на асфальтобетонном заводе? Как контролировать его свойства?

Для решения этих вопросов нами был разработан и утвержден регламент по контролю качества устройства слоев дорожной одежды из асфальтобетонов и щебеночно-мастичных асфальтобетонов, запроектированных по методологии Superpave. Все требования данного регламента находятся в рамках действующих стандартов ПНСТ и ОДМ и устанавливают схемы по контролю качества при производстве асфальтобетонной смеси (табл. 4) и приемке готового покрытия.

Контроль качества Superpave смесей включает операционный и периодический. При операционном контроле ежедневно с определяется:

- температура отгружаемой смеси;
- температурные интервалы смешивания и уплотнения;
- гранулометрический состав минеральной части смеси;
- содержание вяжущего;
- максимальная плотность асфальтобетонной смеси.

В ОДМ 218.4.036 указано, что содержание воздушных пустот определяется только при периодическом контроле один раз в 10 смен, но, на наш взгляд, это одно из основных, определяющих испытаний, которое включа-



Рис. 4. Образцы-плиты после испытания на колееустойчивость в воде при 60°C с прокатыванием металлическим колесом

ет в себя изготовление образцов на гираторе, и это испытание должно проходить как минимум ежедневно. В процессе уплотнения на гираторе определяется геометрическая плотность образца и его относительная плотность в процентах (рис. 5), которая имеет хорошую корреляцию с фактическими результатами. Данная

информация позволяет практически в реальном времени контролировать свойства выпускаемой асфальтобетонной смеси. То есть мы знаем свойства асфальтобетона в день выпуска, а не через сутки, как при работе по ГОСТ.

Еще одним новшеством системы Superpave является то, что уста-

навливаются требования к отклонениям от параметров показателей, прописанных в утвержденных рецептах. Для содержания пустот устанавливается требование в $\pm 2\%$ от значения, приведенного в рецепте. На рис. 6 показан график контроля пустот через относительную плотность, красная линия – это предельно допустимые отклонения, зеленая – безопасная зона в пределах $\pm 1\%$, при выходе за зеленую линию необходимо провести дополнительный отбор и в случае необходимости осуществить микрокорректирующие действия на АБЗ.

Superpave также устанавливает требования к отклонениям по зерновому составу и содержанию вяжущего, то есть вы должны соответствовать рецепту и находиться в узких рамках предельно допустимых отклонений. В случае применения щебня широкой фракции это сделать невозможно, и очень трудно выдерживать в нашем случае при использовании щебня узких фракций по европейским ситам. В качестве примера на

Наименование показателей	При приготовлении на асфальтобетонном заводе	
	Операционный контроль	Периодический контроль
Температура отгружаемой смеси	В кузове каждого автосамосвала	-
Температурные интервалы смешивания и уплотнения	На каждую партию вяжущего и при смене марки вяжущего	-
Гранулометрический состав минеральной части смеси	Не реже 1 раза в смену и при изменении внешнего вида	Не реже 1 раза в 10 смен и при смене минеральных материалов или марки вяжущего
Содержание вяжущего	Не реже 1 раза в смену и при изменении внешнего вида	Не реже 1 раза в 10 смен и при смене минеральных материалов или марки вяжущего
Максимальная плотность асфальтобетонной смеси	Не реже 1 раза в смену при выпуске не более 2000 т	-
Содержание воздушных пустот	Не реже 1 раза в смену при выпуске не более 2000 т.	Не реже 1 раза в 10 смен и при смене минеральных материалов или марки вяжущего
Пустоты в минеральном заполнителе (ПМЗ)	-	Не реже 1 раза в 10 смен и при смене минеральных материалов или марки вяжущего
Пустоты, наполненные вяжущим (ПНВ)	-	Не реже 1 раза в 10 смен и при смене минеральных материалов или марки вяжущего
Водостойкость	-	Не реже 1 раза в 10 смен и при смене минеральных материалов или марки вяжущего

Табл. 4. Схема по контролю качества при производстве асфальтобетонной смеси Superpave

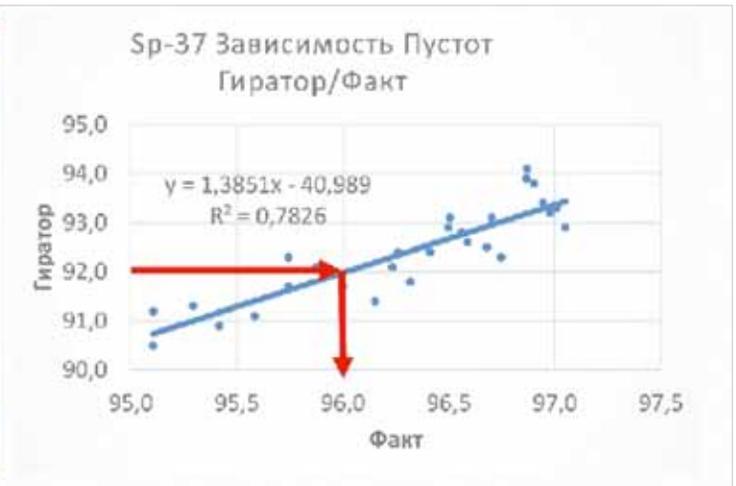
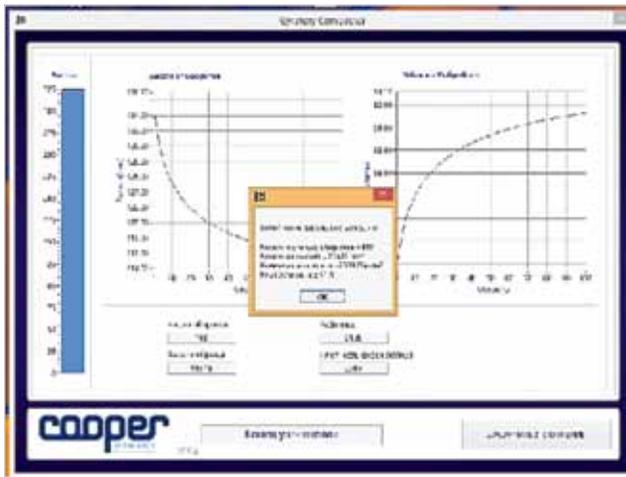


Рис. 5. Зависимость геометрической плотности, определяемой в процессе уплотнения на гираторе, и фактической плотности, определяемой гидростатическим методом



Рис. 6. График контроля пустот через относительную плотность



Рис. 7. График контроля отклонений по зерновому составу на сите 19 мм

рис. 6 приведен график контроля отклонений по зерновому составу на сите 19 мм.

Проблем с обеспечением точности дозирования минерального

порошка (пыли) и вяжущего не возникает при условии, что для приготовления асфальтобетонной смеси используется современный асфальтобетонный завод. Следует отметить, что чем крупнее смесь,

тем сложнее ее правильно отобрать и провести испытания. ГОСТ 12801 для определения зернового состава допускает проведение выжигания 500 грамм асфальтобетонной смеси.

В Superpave такое не пройдет, так для корректного определения зернового состава смеси Sp-37 необходимо выжечь как минимум 4 кг смеси.

В итоге стабильность качества выпускаемой асфальтобетонной смеси Superpave обеспечивается высокой степенью контроля:

- содержания воздушных пустот;
- количества пыли, минерального порошка;
- зернового состава;
- содержания вяжущего.

Технологичность смеси (удобноукладываемость, уплотняемость) повышает качество выполняемых работ. Высокая устойчивость к колееобразованию и к воздействию влаги асфальтобетонных смесей Superpave гарантирует соответствие транспортно-эксплуатационных показателей дороги в течение расчетного срока службы дорожной одежды.

Д.А. Колесник,
руководитель
группы исследования
строительных материалов
АО «ВАД»,
Д.В. Пахаренко,
главный технолог
АО «ВАД»