

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ «СУПЕРПЕЙВ»

В 2014 году компания «ВАД» построила первый в России опытный участок протяженностью 1 км с покрытием из асфальтобетонной смеси, запроектированной по принципам американской системы «Суперпейв». В дальнейшем, в 2015–2016 годах, было построено еще несколько опытных участков из различных типов смесей «Суперпейв» 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.

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

В сентябре 2016 года был введен в действие комплект предварительных национальных стандартов (ПНСТ) на метод объемного проектирования асфальтобетонных смесей «Суперпейв». 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 «Суперпейв». Инженерный проект, содержащий конструкцию дорожной одежды с типами асфальтобетона «Суперпейв» по ПНСТ 127–2016 и ПНСТ 114, 115–2016, обоснованно получил замечания Главгосэкспертизы. Во-первых, ПНСТ имеют ограниченный срок действия — 3 года, и не факт, что по истечении этого срока ПНСТ будут переведены в статус ГОСТ. Во-вторых, проектирование конструкции дорожной одежды с типами асфальтобетонов «Суперпейв» невозможно, т.к. для этих типов не 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).

В отличие от «Тавриды», где конструкция дорожной одежды Главгосэкспертиза согласовала после разработки СТУ, проект реконструк-

Таблица 1. Сравнение размеров ячеек сит

| Наименование | Размер ячеек сит, мм | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| ГОСТ 8267 | 40 | 20 | 15 | 10 | 5 | 2,5 | 1,25 | 0,63 | 0,315 | 0,16 | 0,071 | | |
| «Суперпейв» | 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 |

ции КАД вокруг Санкт-Петербурга, содержащий асфальтобетон ПЦМА-19 по ПНСТ 127–2016, получил отрицательное заключение, так как данный тип асфальтобетона отсутствует в ОДН 218.046–01 «Проектирование нежестких дорожных одежд». СТУ на применение данного типа асфальтобетона также было отклонено Министерством строительства с формулировкой: «Не обоснована разработка СТУ». Таким образом, получается, что технические условия на асфальтобетон есть, а применить в проекте этот асфальтобетон мы не имеем права, так как в нормативном документе на проектирование такого асфальтобетона нет. Следует отметить, что в настоящее время уже разработан и находится на завершающей стадии согласования ПНСТ на проектирование нежестких дорожных одежд, который заменит ОДН 218.046–01 и заполнит пробелы с расчетными характеристиками для новых типов асфальтобетонных смесей. Надеемся, что этот документ будет введен в действие уже в июне 2018 года. Еще одна проблема, с которой пришлось столкнуться при внедрении новых смесей, — это требования к применяемым каменным материалам. Для смесей «Суперпейв» 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. Фракции щебня по-новому ГОСТ 32703–2014, разработанному в рамках ТР ТС 014/2011, существенно отличаются от контрольных сит системы Суперпейв, поэтому подобрать гранулометрический состав

из этих фракций крайне сложно (таблица 1).

Решение этой задачи пришлось выносить на научно-технический совет Росавтодора, на котором было принято решение о возможности применения для асфальтобетонных смесей «Суперпейв» фракций щебня как по ГОСТ 8267, так и по ГОСТ 32703.

В практическом плане для проведения подбора состава асфальтобетонных смесей по «Суперпейв» понадобится следующее основное оборудование: Комплект сит с квадратными ячейками — для анализа гранулометрического состава;

Вискозиметр «Брукфильда» — для определения оптимальных температур приготовления и уплотнения асфальтобетонной смеси;

Гиризатор — для регулируемого уплотнения асфальтобетонных образцов; Вакуумный пикнометр — для определения максимальной плотности проектируемой асфальтобетонной смеси; Испытательная машина — приспособление для испытания асфальтобетонных образцов по образующей и определения водостойкости;

Роликовый компактор и прибор «колеемер» — для определения устойчивости к колееобразованию методом прокатывания нагруженного колеса.

Все это оборудование не предусматривает проверку вяжущего на марку РГ. А рассчитано именно на выполнение подбора зернового состава асфальтобетонной смеси по «Суперпейв» и подразумевает, что в лаборатории есть стандартное оборудование по ГОСТ для испытания каменных материалов. В стандарте ПНСТ 114–2016 представлены очень широкие рамки к требова-

ниям 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 «Суперпейв», то 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 (таблица 2).

В начале 1980-х Роберт Д. Бэйли одним из первых обратил внимание на зависимость технологических свойств асфальтобетонной смеси от зернового состава минеральной части. Основываясь на результатах производственных наблюдений, им были предложены три критерия оптимальности зерновых составов (таблица 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 таблицу 3. Например, для расчета критерия СА, который характеризует степень замеления щебня для асфальтобетонной смеси SP-25, следует проход 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 (рисунок 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 мелкощебенстыми, а смеси, которые проходят ниже кривой максимальной плотности, — щебенстыми. В ОДМ принята классификация «мелкозернистые» и «крупнозернистые», которая отличается от привычного нам традиционного

Таблица 2. Критерии оптимальности зерновых составов асфальтобетонных смесей по Бэйли

| НМРЗ, мм | 37,5 | 25,0 | 19,0 | 12,5 | 9,5 | 4,75 |
|--|-----------|-----------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Критерий для щебеночно-мастичных смесей | | | | | | |
| СА _{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 щебенстых, крупнозернистых смесей | | | | | | |
| СА _{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 мелкощебенстых смесей | | | | | | |
| СА _{макро} | | | 0,60–1,00 | | | |
| Fa _{с мезо} | | | 0,35–0,50 (желательно > 0,40) | | | |
| Fa _{ф микро} | | | 0,35–0,50 | | | |

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

| 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 | 19,0 - 9,5 100% - 19,0 | 12,5 - 4,75 100% - 12,5 | 9,5 - 4,75 100% - 9,5 | 6,25 - 4,75 100% - 6,25 | 4,75 - 2,36 100% - 4,75 | 2,36 - 1,18 100% - 2,36 |
| Второе контрольное сито SCS, мм | 2,36 | 1,18 | 1,18 | 0,60 | 0,60 | 0,30 |
| Критерий Fa _с Мезоструктура | 2,36 9,5 | 1,18 4,75 | 1,18 4,75 | 0,60 2,36 | 0,60 2,36 | 0,30 1,18 |
| Третье контрольное сито TCS, мм | 0,60 | 0,30 | 0,30 | 0,150 | 0,150 | 0,075 |
| Критерий Fa _ф Микроструктура | 0,60 2,36 | 0,30 1,18 | 0,30 1,18 | 0,150 0,60 | 0,150 0,60 | 0,075 0,30 |

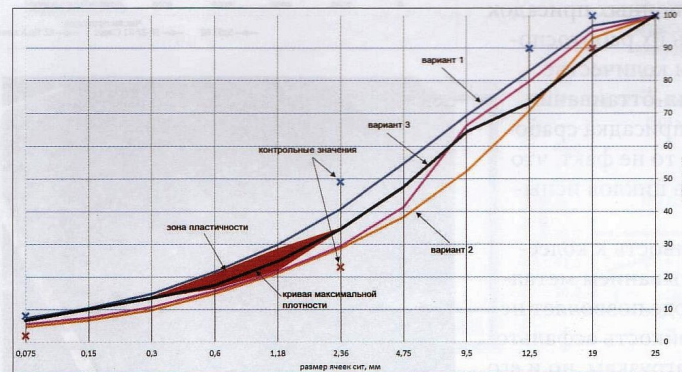


Рисунок 1. Пример вариантов зерновых составов смеси с номинальным максимальным размером 19 мм, огибающих зону пластичности (ОДМ 218.4.036-2017)

подхода, заложенного в ГОСТ 9128. Так, в ГОСТ 9128 принято называть крупнозернистыми смеси, которые содержат 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 заполнителей из отсевов дробления показывают достаточно высокие эксплуатационные свойства. Поэтому в последних публикациях документации по «Суперпейв» все реже встречается упоминание о зоне пластичности.

После проведения испытаний на гираторе и определения объемно-весовых характеристик, из трех пробных соста-

вов выбирается один, который является оптимальным и наиболее приближенным 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 (Nпроект.) должно быть 4±0,3%.

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 градусах по Гамбургской методике; определяем модуль жесткости и при необходимости проверяем трещиностойкость и устойчивость к абразивному износу (устойчивость к воздействию шипованной резины).

Более подробно остановлюсь на первых двух дополнительных испытаниях. Определение устойчивости к попеременному замораживанию-оттаиванию — морозостойкость является одним из важнейших испытаний. Для этого мы используем европейскую методику по определению модуля жесткости EN12697-26 (метод С). Это разрушающий 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 (рисунок 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 1-го 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 применяют для оценки эксплуатационных характеристик асфальтобетона и постепенно вытесняет традиционное испытание на водостойкость по образующей.

Стандартно испытание проходит при температуре 50 градусов, при испытании крымских асфальтобетонов Sp-25 и Sp-37 мы повысили температуру до 60 градусов, это очень жесткие условия. На графике (рисунок 3) приведены результаты испытания 2 суперпейв-асфальтобетонов Sp-37 и крупнозернистого асфальтобетона типа А с содержанием щебня порядка 50%. Как видно на приведенном графике, стандартный асфальтобетон не выдержал, не прошел полный цикл испытания.

В данном случае (рисунок 4), справа — асфальтобетон, который выдержал испытание и показал отличный результат, слева — помимо глубокой колеи, наблюдаются явные адгезионные

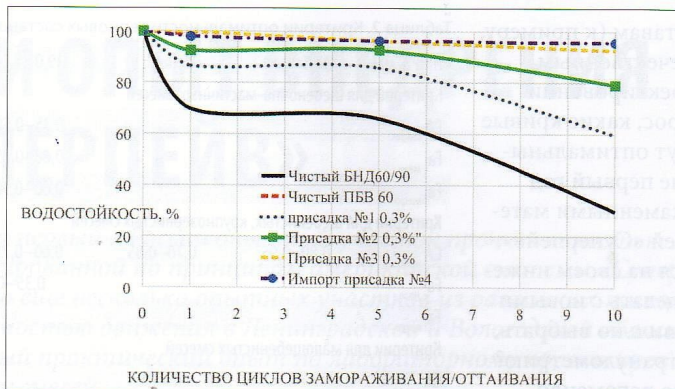


Рисунок 2. График зависимости водостойкости от количества циклов замораживания-оттаивания

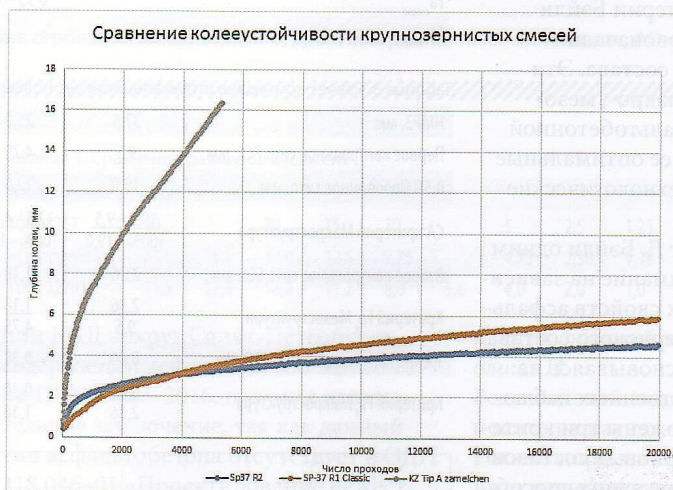


Рисунок 3. График устойчивости крупнозернистых асфальтобетонов к колееобразованию и воздействию влаги, испытание в воде при 60 градусах, металлическое колесо



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

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 суперпейв 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 «Суперпейв». Все требования данного регламента находятся в рамках действующих стандартов ПНСТ и ОДМ и устанавливают схемы по контролю качества при производстве асфальтобетонной смеси (таблица 4) и приемке готового покрытия.

Контроль качества суперпейв-смесей включает операционный и периодический.

При операционном контроле ежедневно определяются:

- ♦ 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 включает 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 (рисунок 5), которая имеет хорошую корреляцию с фактическими результатами. Данная информация позволяет практически в реальном времени контролировать свойства выпускаемой асфальтобетонной смеси. Т.е. мы знаем свойства асфальтобетона в день выпуска, а не через сутки, как при работе по ГОСТ.

Еще одним новшеством системы «Суперпейв» является то, что устанавливаются требования к отклонениям от параметров, показателей, прописанных в утвержденных рецептах. Для содержания пустот устанавливается требование в плюс-минус два процента от значения, приведенного в рецепте. На рисунке 6 показан график контроля пустот через относительную плотность, красная линия — это предельно допустимые отклонения, зеленая — безопасная зона в пределах плюс-минус один процент, при выходе за зеленую линию необходимо провести дополнительный отбор и в случае необходимости осуществить микрокорректирующие действия на АБЗ.

«Суперпейв» 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 рисунке 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 выжи-

Таблица 4. Схема по контролю качества при производстве асфальтобетонной смеси «Суперпейв»

| 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 |

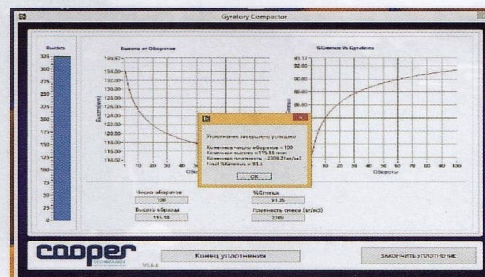


Рисунок 5. Зависимость геометрической плотности, определяемой в процессе уплотнения на гираторе и фактической плотности, определяемой гидростатическим методом



Рисунок 6. График контроля пустот через относительную плотность



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

гания 500 г асфальтобетонной смеси, в «Суперпейв» такого 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 «Суперпейв» обеспечивается высокой степенью контроля:

- ♦ содержания воздушных пустот;
- ♦ количества пыли, минерального порошка;

- ♦ зернового состава;
- ♦ содержания вяжущего.

Технологичность смеси (удобоукладываемость, уплотняемость) повышает качество выполняемых работ. Высокая устойчивость к колеобразованию и к воздействию влаги асфальтобетонных смесей «Суперпейв» гарантирует соответствие транспортно-эксплуатационных показателей дороги в течение расчетного срока службы дорожной одежды. ■