

# ОБЪЕМНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЛЯ ТАВРИДЫ

В дорожной отрасли за последнее время появилось большое количество новых нормативных документов: как национальных стандартов ГОСТ Р, так и предварительных национальных стандартов ПНСТ. Произошли значительные изменения в области нормирования асфальтобетонных смесей, появились две новые системы проектирования составов ГОСТ Р 58401 и ГОСТ Р 58406, которые основываются на современных методах испытания асфальтобетона с определением эксплуатационных характеристик.

Автомобильная дорога «Таврида» в республике Крым запроектирована и построена с применением асфальтобетонов, подобранных методом объемно-функционального проектирования, или, сокращенно, ОФП. Система ОФП была введена в 2019 году при переработке комплектов стандартов ПНСТ 2016 года в ГОСТ Р 58401. Это прогрессивная методология проектирования, подбора состава асфальтобетонных смесей, которая может рассматриваться в качестве основного метода для дорог с высокой интенсивностью движения. Она основывается на методологии Superpave, но учитывает современный опыт, новые тенденции и разработки, дополнена требованиями к эксплуатационным характеристикам асфальтобетона и адаптирована к условиям Российской Федерации. Ее применение повышает надежность, долговечность и в целом срок службы конструкции дорожной одежды.

В 2016 году внедрить новые виды асфальтобетонов в инженерный проект для строительства трассы «Таврида» оказалось достаточно сложно. Инженерный проект с типами асфальтобетонов по ПНСТ 127-2016 и ПНСТ 114-2016 в составе дорожной одежды обоснованно получил замечания Главгосэкспертизы. Во-первых, стандарты ПНСТ имеют ограниченный срок действия – три года, и возникал вопрос, будут ли ПНСТ переведены в ГОСТ Р по истечению этого срока. Во-вторых, проектирование конструкции дорожной одежды с новыми типами асфальтобето-

нов оказывалось невозможным, поскольку для них не были определены и документально закреплены расчетные характеристики.

Сейчас эти проблемы уже решены: есть комплект национальных стандартов ГОСТ Р 58401 и ПНСТ 265 с расчетными характеристиками для новых типов асфальтобетонов. В итоге для получения положительного заключения экспертизы в 2016 году пришлось обосновать назначение асфальтобетонов и их расчетные характеристики на основании писем, примеров, протоколов испытаний и результатов, полученных на опытных участках.

Для новых асфальтобетонных смесей лучше всего применять щебень узких фракций, поскольку стандарты на ОФП предъявляют более жесткие требования к стабильности качества выпускаемой смеси, а на широких фракциях выдержать эти допуски очень трудно, результаты будут меняться; даже при лабораторном подборе будет сложно найти оптимальное содержание вяжущего из-за отсутствия повторяемости, сопоставимости результатов.

Как показала наша практика, асфальтобетонную смесь возможно подобрать с использованием материалов как по-старому ГОСТ 8267, так и по новому стандарту ГОСТ 32703. Главное условие – применение щебня узких фракций. Сейчас стандарты ГОСТ Р 58401 содержат требования по европейской линейке сит, в то время как в 2017

году в предварительных стандартах была предусмотрена только американская (дюймовая) линейка сит. Фракции щебня по новому межгосударственному стандарту ГОСТ 32703-2014, разработанному в рамках ТРТС, существенно отличаются от контрольных сит стандартов ПНСТ-114 (127), поэтому подобрать гранулометрический состав из этих фракций было достаточно сложно.

К первому подбору и выпуску SP-37 для «Тавриды» у нас уже был накоплен значительный опыт: с 2011 года в Центральной лаборатории АО «ВАД» в Санкт-Петербурге проводились испытания асфальтобетонных смесей на гираторе, выполнялся анализ существующих составов и разработка новых. Однако по причине достаточно сложной на тот период ситуации с материалами (щебень – по еврофракциям, асфальтобетон – по дюймовым ситам) мы самостоятельно подобрали асфальтобетонную смесь SP-37, произвели выпуск пробной партии и построили небольшую дорогу на асфальтобетонном заводе. Испытание смеси показало, что все характеристики соответствуют стандарту.

Но было принято решение дополнительно проверить наши результаты, и мы отправили данные с зерновыми составами каменных материалов в США – в институт MARC, профессору Хусейну Бахия. Он вместе с коллегами предложил три варианта различных составов, один из которых полностью совпал с нашим подбором. Отличие оказалось совсем минимальным: всего на 1-2% на двух ситах. Наш опыт работы, результаты испытаний и подтверждение зарубежных коллег позволили с уверенностью приступить к работам по выпуску и укладке асфальтобетонных смесей по новым стандартам ПНСТ (рис. 1).

Для подбора состава асфальтобетонных смесей по ОФП и контроля качества при выпуске на АБЗ понадобится следующее основное оборудование: комплект сит с квадратными ячейками – для контроля зернового состава; вискозиметр Брукфильда – для определения оптимальных температур приготовления и уплотнения асфальтобетонной смеси); гиратор (вращательный уплотнитель) – основной прибор для изготовления асфальтобетонных образцов; вакуумный пикнометр – для определения максимальной плотности; испытательная машина (пресс) и приспособление для испытания асфальтобетонных образцов по образующей, для определения водостойкости; «колемер» – для определения устойчивости к колеобразованию методом прокатывания нагруженного колеса или установка АМРТ.

В целом нового оборудования, которое следует дополнительно освоить при работе по новым стандартам ГОСТ Р 58401, не так и много. К тому же большая часть из этого арсенала необходима для работы и по второй действующей в РФ системе подбора составов – ГОСТ Р 58406. Один из самых важных вопросов для производителя работ заключается в следующем: сколько стоит оборудование и как удешевить стоимость комплекта? В Крыму мы используем «колемер» без прибора для изготовления плит – вальцового уплотнителя-компактора. Испытания проводим только на подрезанных дисковой пилой гираторных образцах в специальных формах. Такой подход разрешен стандартом на метод испытания ГОСТ Р 58406.3, он более удобен в исполнении и позволяет сэкономить половину стоимости от всего комплекта по испытанию на колею.

Следует сказать, что это оборудование рассчитано именно на выполнение проектирования – подбора состава асфальтобетонной смеси и на контроль качества в процессе производства. Оно не предусматривает проверку вяжущего на



Рис. 1. Структура кернов и поверхности асфальтобетонной смеси SP-37

марку PG. В нашем случае битумное вяжущее для производства асфальтобетонной смеси для трассы «Таврида» отгружалось с терминала, имеющего полностью оборудованную и аккредитованную лабораторию, которая проводит контроль качества при производстве PG вяжущих, отбор проб и испытания с паспортизацией каждой партии выпускаемой продукции.

При подборе зернового состава асфальтобетонной смеси нами применялись два подхода – стандартный и нестандартный, и обоими можно пользоваться. Нестандартный – метод Бэйли – хорошо работает в рамках действующей нормативной документации на объемно-функциональное проектирование. Подробнее о подборе состава и методологии Бэйли можно прочитать в статье «Опыт внедрения системы Superpave на дорогах России (Крым)» («Дорожная держава». № 88. С. 70–75).

При определении оптимального содержания вяжущего, согласно ГОСТ Р 58401, количество воздушных пустот после уплотнения на гираторе до проектного числа оборотов ( $N_{\text{проект}}$ ) должно быть  $4 \pm 0,3\%$ . То есть в итоговом рецепте содержание пустот должно быть от 3,7% до 4,3%. При этом не следует

путать требование к содержанию воздушных пустот при проектировании состава асфальтобетонной смеси ( $4 \pm 0,3\%$ ), а также при производстве и выпуске. В этом случае следует руководствоваться ГОСТ Р 58401.5 «Правила приемки», который регламентирует отклонения по содержанию воздушных пустот от значения, указанного в рецепте. Наша рекомендация – проектировать асфальтобетонную смесь следует на 3,7% пустот, что позволит производить более плотные смеси и осуществлять выпуск на АБЗ при 3,0–3,5% пустот с запасом на отклонение. Эта рекомендация связана с разработкой новых концепций долговечных асфальтобетонов. И, как показал наш опыт подбора составов, при проектном числе 125 оборотов гиратора смеси получаются очень жесткими и нетехнологичными.

Один из самых важных этапов при проектировании состава смеси – это проверка эксплуатационных свойств асфальтобетона. Обязательным в данном случае является проведение испытания на водостойкость и устойчивость к колеобразованию – колея на воздухе.

Дополнительно мы проверяем подобранный асфальтобетон по следующим показателям: устой-

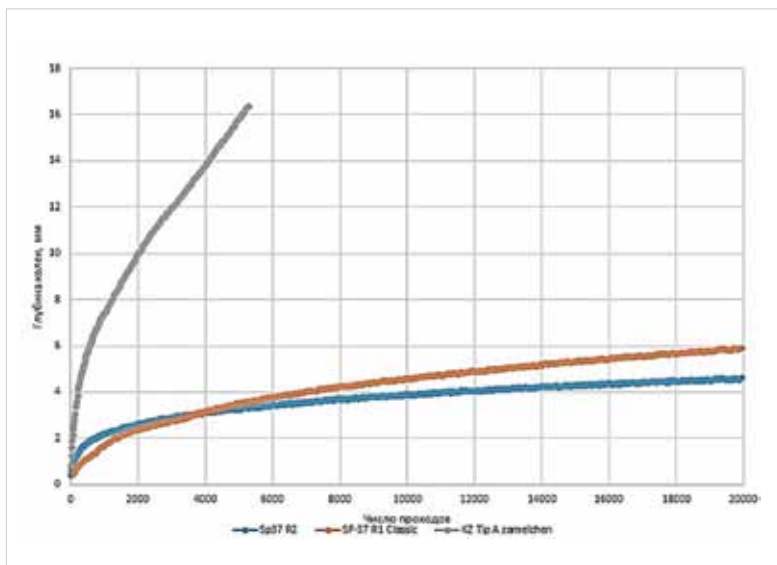


Рис. 2. График сравнения испытания на колееустойчивость в воде на металлическом колесе

чивость к колееобразованию и воздействию влаги по Гамбургской методике на металлическом колесе при испытании в воде; циклическую ползучесть при трехосном сжатии; морозостойкость (1; 5; 10 циклов замораживания-оттаивания); модуль жесткости; трещиностойкость и устойчивость к абразивному износу (устойчивость к воздействию шипованной резины).

Определение устойчивости к колееобразованию на металлическом колесе в воде позволяет не только определить стойкость асфальтобетона к сдвиговым нагрузкам, но и оценить его устойчивость к воздействию воды. Стандартно испытание проходит при температуре 50°C, при испытании крымских асфальтобетонов ЩМА-19, SP-25 и SP-37 мы повысили температуру до 60°C, а это очень жесткие условия.

На графике (рис. 2) приведены результаты испытания двух асфальтобетонов SP-37 и крупнозернистого асфальтобетона тип А с содержанием щебня 50% по ГОСТ 9128. В этом случае асфальтобетон по-старому стандарту даже не выдержал полный цикл испытания. Если сравнить реальные структуры этих асфальтобетонов по кернам, отобранным из уложенного слоя (рис. 3), будет видно, что асфальтобетон, запроектированный по

новой методологии ОФП, обладает высоко-контактной, наполненной щебнем структурой, что обеспечивает ему преимущества при работе в дороге.

Возможно, у кого-то, возникнет закономерный вопрос, зачем испытывать на колею асфальтобетон SP-37, который укладывается в качестве верхнего слоя основания и будет работать на глубине свыше 12 см. Но здесь имелось несколько причин. Одна из них – это особенности климата. В Крыму летом постоянно жарко, в дневные часы асфальтобетонная конструкция прогревается на всю глубину, при этом за ночь не успевает остыть. Именно поэтому необходимо было обеспечить сдвигоустойчивость всех слоев и создать высокую несущую способность всего асфальтобетонного пакета. К тому же трасса «Таврида» эксплуатировалась в рабочем режиме на протяжении длительного периода,

было открыто движение в течение года по двум слоям асфальтобетона SP-25 и SP-37, до укладки верхнего слоя покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона ЩМА-19.

Верхний слой покрытия из ЩМА-19 также испытывался (рис. 4) на устойчивость к колееобразованию. В качестве эксперимента были опробованы самые жесткие условия испытания: температуру воды повысили до 65°C, а количество проходов увеличили в 2 раза, до 40 000. Глубина колеи составила всего 1,5 мм. Это отличный результат, который показывает высокое качество асфальтобетонной смеси, ее устойчивость к воздействию воды и колееобразованию.

Проведение испытаний по определению как стандартных, так и нестандартных показателей свойств асфальтобетона позволяет нам сделать наилучший выбор и



Рис. 3. Сравнение структуры асфальтобетонов по кернам (слева – крупнозернистый плотный тип А, справа – SP-37)



Рис. 4. Испытание верхнего слоя покрытия из ЩМА-19

принять правильное, оптимальное решение по итоговой рецептуре смеси. Многие из свойств определяются только при лабораторном подборе состава асфальтобетонной смеси и/или при периодическом контроле качества. Испытания занимают длительное время, требуют дорогостоящего оборудования, но что делать, когда вы начинаете массовый выпуск асфальтобетонной смеси на заводе? Как контролировать ее свойства?

В системе объемно-функционального проектирования принят и действует ГОСТ Р 58401.5 на правила приемки, в соответствии с которым осуществляется контроль качества на производстве. Но на тот момент, а это был 2017 год, для решения этих вопросов нами был разработан и согласован с заказчиком регламент по контролю качества устройства слоев дорожной одежды. Все требования данного регламента находились в рамках стандартов ПНСТ и ОДМ и устанавливали схемы по контролю качества при производстве.

Контроль качества новых смесей включает в себя операционный и периодический виды контроля. При операционном контроле ежедневно, помимо прочего, определяется два таких важных показателя, как максимальная плотность асфальтобетонной смеси и содержание воздушных пустот. Значение максимальной плотности, получаемое при испытании в вакуумном пикнометре, используется для расчета содержания воздушных пустот как в образцах, приготовленных в лаборатории на гираторе, так и в кернах, отобранных из покрытия с учетом даты укладки.

Гиратор – это один из самых важных приборов в системе объемно-функционального проектирования. Без него не осуществить подбор состава асфальтобетона и не выполнить операционный контроль качества. В процессе уплотнения на гираторе определяется геометрическая плотность образца, которая имеет хорошую корреляцию с фактической плотностью,



Рис. 5. Пример графика контроля содержания пустот через относительную плотность при выпуске асфальтобетонной смеси

определяемой гидростатическим методом. Это позволяет практически в реальном времени контролировать качество выпускаемой асфальтобетонной смеси по содержанию воздушных пустот, то есть при выпуске асфальтобетонной смеси мы получаем результат в тот же день, а не через сутки, как по старому стандарту. Помимо изготовления образцов и определения содержания воздушных пустот, на гираторе можно определять технологические свойства асфальтобетонной смеси. Подробнее с этим можно ознакомиться в статье «Оценка уплотняемости асфальтобетона» («Дорожная держава», № 89).

Еще одним новшеством системы ОФП является то, что устанавливаются требования к отклонениям от параметров и показателей, указанных в утвержденных рецептах. Например, для верхнего слоя основания асфальтобетона SP-37 по содержанию воздушных пустот устанавливается требование в  $\pm 2\%$  от значения, приведенного в утвержденном рецепте (ГОСТ Р 58401.5 ужесточил это требование в  $\pm 1,5\%$ ).

На рис. 5 показан график контроля содержания пустот, через относительную плотность. Красная линия – это предельно допустимые отклонения от значения, указанного в рецепте, зеленая линия – безопасная, рабочая зона в пределах  $\pm 1\%$ .

При выходе за зеленую линию необходимо провести дополнительный отбор и испытание асфальтобетонной смеси и, в случае необходимости, осуществить микрокорректирующие действия на АБЗ.

Новые стандарты также устанавливают требования к отклонениям по зерновому составу и содержанию вяжущего: важно соответствовать рецепту и находиться в узких рамках предельно допустимых отклонений. В случае применения щебня широкой фракции этого сделать просто невозможно. Проблем с точностью дозирования минерального порошка, пыли и вяжущего, как правило, не возникает – конечно, при условии, если речь идет о современном асфальтобетонном заводе. Таким образом, мы обеспечили высокое качество и стабильность выпускаемой асфальтобетонной смеси, ее эксплуатационные свойства, а проведенные испытания позволяют прогнозировать длительный срок службы конструктивных слоев дорожной одежды трассы «Таврида».

**Д.А. Колесник,**  
руководитель группы  
исследования  
строительных материалов,  
АО «ВАД»,  
**А.В. Волков,**  
главный технолог СУ  
по республике Крым,  
АО «ВАД»