



Радовский Б.С.,  
д.т.н., проф.  
(Internet Laboratories, Inc., США)

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ В США ПО МЕТОДУ СУПЕРПЕЙВ

Асфальтобетонные смеси, укладываемые и уплотняемые в горячем состоянии, широко используют в США при строительстве автомобильных дорог, улиц, автостоянок и взлетно-посадочных полос аэродромов. В последние годы в США 3,5 тыс. асфальтобетонных заводов производят ежегодно в среднем 550 миллионов тонн асфальтобетонных смесей стоимостью около 20 млрд долларов [1]. Кроме того, ежегодно используется повторно около 73 миллионов тонн старого асфальтобетона. В 2006 г. было израсходовано 36,5 млрд долл. на строительство дорог и 3,5 млрд долл. на строительство аэродромов. Примерно 25 % этих

расходов оплачивает федеральное правительство страны, 51 % — штаты и 24 % — местные власти. Всего в США примерно 6 миллионов км дорог, из которых 4 миллиона имеют покрытие из цементобетона или асфальтобетона. (Почти 94 % протяжения сети дорог страны с твердыми покрытиями приходится на асфальтобетон). Кроме того, в 3,4 тыс. аэропортов гражданской авиации асфальтобетонное покрытие имеют 85 % протяжения взлетно-посадочных полос. Поэтому не удивительно, что вопросам технологии и долговечности асфальтобетона уделяется в США большое внимание.

### Поведение асфальтобетонных покрытий

Как и в России, усилия американских инженеров-дорожников направлены на предотвращение трех главных видов разрушения покрытия [2]:

- остаточных деформаций в виде колеи, возникающих, главным образом, летом (рис. 1);
- пересекающихся «усталостных трещин» в покрытии, образующихся от действия повторных нагрузок, в основном, весной и осенью, когда земляное полотно сильно увлажнено (рис. 2);
- «низкотемпературных» поперечных трещин, возникающих при сильном охлаждении покрытия (рис. 2).

К асфальтобетону предъявляется много технических требований, подчас противоречивых. Так, асфальтобетонное покрытие не должно быть хрупким во время сильного охлаждения зимой, чтобы противостоять появлению трещин от растяжения, но, вместе с тем, оно не должно быть чрезмерно пластичным летом во избежание быстрого накопления остаточных вертикальных перемещений (ко-

леи). Покрытие должно иметь достаточную прочность как на изгиб, так и на сжатие.

В асфальтобетоне должно быть много битума, чтобы склеить все частицы каменного материала и образовать на них пленку достаточной толщины для длительной устойчивости при окислительном старении и при действии воды, но при слишком большом количестве битума асфальтобетон летом становится очень пластичным.

С одной стороны, следует оставить некоторое количество воздушных пор для возможности увеличения объема битума и камня при повышении температуры покрытия. С другой стороны, часто требуется, чтобы асфальтобетон был практически водонепроницаем, а для этого желательно иметь как можно меньше воздушных пор (во всяком случае, меньше 7–8%). Минимум пор желателен и с точки зрения морозостойкости покрытия. Однако при очень малой воздушной пористости (менее 2–3%) летом асфальтобетон почему-то становится чрезвычайно пластичным, что приводит к быстрому образованию колеи. Кроме того, асфальтобетон должен иметь шероховатую поверхность для хорошего сцепле-



бенно на начальном участке работы катка (у укладчика), где центробежная сила должна составлять всего около 10–15% от своего максимума, в середине участка уже 75–80% и только в конце все 100% (табл. 8).

В этом существенный недостаток современных виброкатков, вследствие которого страдает качество уплотнения асфальтобетона. Исправить его можно, очевидно, путем установки на катке бортового мини-компьютера с определенной программой регулирования центробежной силы по наперед заданному закону за счет изменения одного из параметров, входящих в выражения для вычисления центробежной силы. Скорее всего, таким параметром может оказаться частота колебаний вальца. Центробежная сила имеет квадратичную зависимость от частоты, что может облегчить и упростить регулирование этой силы.

Таким образом, из рассмотрения и анализа общего состояния технологии и средств уплотнения горячего асфальтобетона дорожными катками, в том числе вибрационными, вытекает следующее:

- для наиболее качественного уплотнения асфальтобетонных оснований и покрытий автомобильных дорог практикующий дорожник или создатель новых уплотняющих средств должен оценивать функционально-технологическую полезность и пригодность выбираемого или разрабатываемого образца статического или вибрационного катка по индексу контактных давлений его вальцов в соответствии с прочностными и деформативными свойствами уплотняемого асфальтобетона, а при изменении этих свойств предусматривать регулировку контактных давлений катка;
- большое многообразие типов, состояний и толщин слоев асфальтобетонных материалов требует для дорожной отрасли уплотняющих средств с широко и грамотно регулируемыми параметрами силового воздействия; имеющиеся сегодня на виброкатках принципы и диапазоны регулирования этих воздействий

не соответствуют многообразию асфальтобетонов и потребностям практики, поэтому дорожник вынужден либо вести уплотнение наличным и не всегда подходящим катком, создавая покрытие худшего качества, либо дополнительно приобретать новое, более подходящее средство укатки;

- варьирование или регулирование сил воздействия и контактных давлений вальца катка должно быть двухэтапным; на первом этапе сам дорожник перед началом работ на дороге в соответствии с типом асфальтобетонной смеси, маркой битума и намеченной для укладки толщиной слоя выбирает подходящий виброкаток, настраивая его параметры (общий вес, центробежную силу, амплитуду и частоту колебаний вальца и т.п.) в соответствии с потребными значениями индексов статических и динамических контактных давлений, зависящих от свойств асфальтобетонной смеси. Второй этап регулирования производится во время выполнения самой операции укатки, и обусловлен он необходимостью виброкатку на рабочем участке периодически повышать (движение катка от укладчика) или понижать (возврат к укладчику) свои контактные давления в 3,5–4 раза; сделать это можно только путем варьирования центробежной силы за счет увеличения или уменьшения амплитуды либо частоты колебаний вальца по определенной закономерности, которую можно закладывать, например, в бортовой мини-компьютер перед началом работ на дороге.

Следует с удовлетворением отметить, что в последнее время у дорожников и разработчиков уплотняющей техники не только появилось понимание, но и созрела уже практическая потребность в более широком регулировании уплотняющих нагружений дорожных катков, в чем старательно и неоднократно в течение более двух десятков лет убеждал один из авторов настоящей публикации. Достаточно долгий путь к прогрессу технологии уплотнения асфальтобетона.

Но зато есть реальная надежда, что еще в недалеком будущем покрытия автомобильных дорог станут намного плотнее, прочнее и долговечнее.

## Литература

1. Hybrid performance. World Highways, May 2006, p.42.
2. Костельов М. П. «Умные» виброкатки для дорожников?! Каталог-справочник «Дорожная техника и технология», 2006, с.30–44.
3. Костельов М. П. Новая усовершенствованная технология устойчиво обеспечивает высокое качество уплотнения асфальтобетона. Каталог-справочник «Дорожная техника и технология», 2005, с.120-132.
4. Салль А. О., Золотарев В. А., Радовский Б. С., Ильев Э. Б. Расчетные характеристики асфальтобетонов применительно к ВСН 46–72. в кн. Радовского Б. С. «Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд». Полиграфконсалтинг, Киев, 2003, с.121-124.
5. Гохман Л. М. Проблемы с разработкой ГОСТ Р «Битумы нефтяные дорожные вязкие улучшенные. Технические условия». Автомобильные дороги, № 7 (896), 2006, с.23–28.
6. Радовский Б. С. 4-й Европейский симпозиум по битуму и асфальтобетону. Автомобильные дороги, № 8, 1990, с.15–16.
7. Гезенцевей Л. Б., Горелышев Н. В., Богуславский А. М., Королев И. В. Дорожный асфальтобетон. Москва. Транспорт, 1985, 350 с.
8. Кирюхин Г. Н. Определение характеристик сдвигоустойчивости асфальтобетона. Автомобильные дороги, № 9–10, 1992, с.16–17.
9. Яковлев Ю. М., Сибирякова Ю. М. Экспериментальное определение модулей упругости различных асфальтобетонов под воздействием многократной нагрузки. Приложение «Виадук» к ж. «Дороги России 21 века», № 3, 2006, с.44–46.
10. Илиополов С. К., Мардиросова И. В. Эффективный модификатор-стабилизатор для щебеночно-мастичных смесей. Автомобильные дороги, № 7 (896), 2006, с.19-22.

ния с шинами, которое зависит как от зернового состава минерального материала, так и от свойств битума.

Удовлетворить столь обширному набору технических требований трудно, и методы проектирования состава асфальтобетона направлены на решение именно этой задачи.

### Разработка метода Суперпейв

В 1930–1950-х годах в Калифорнии под руководством Ф. Хвима был разработан метод проектирования состава асфальтобетона, который до сих пор применяется в 10 западных штатах — Калифорнии, Вашингтоне, Орегоне и др. В 1940–1950-х годах Б. Маршаллом был предложен другой метод, детально разработанный корпусом военных инженеров. В нем предусмотрено гораздо менее дорогое лабораторное оборудование для приготовления и испытания образцов смеси, чем в методе Хвима. Метод Маршалла, стандартизированный в 1958 г., до сих пор применяется дорожниками 38 штатов и, кроме того, Федеральным агентством гражданской авиации для асфальтобетонных аэродромных покрытий. Оба метода детально рассмотрены в обзорной статье, опубликованной в «Дорожной Технике», 2006, с.68–79.

За прошедшие годы был накоплен большой опыт проектирования составов асфальтобетонных смесей и службы построенных из них асфальтобетонных покрытий. В частности, выяснилось, что в методе Хвима выбор оптимального содержания битума в смеси слишком субъективен, что может приводить к недолговечности покрытий вследствие слишком малого количества битума. Метод уплотнения образцов в приборе Маршалла, по мнению многих инженеров, плохо воспроизводит уплотнение смеси в покрытии, а показатель устойчивости смеси по Маршаллу неадекватно оценивает сопротивление сдвигу асфальтобетонного покрытия [2]. Кроме того, оба эти метода ориентированы только на предотвращение образования ко-

леи при высокой температуре, а усталостная прочность при многократном изгибе покрытия и низкотемпературная трещиностойкость покрытия в них не рассматриваются.

В 1980-х годах стало ясно, что пришла пора взамен эмпирических методов Хвима и Маршалла разработать новый метод проектирования состава асфальтобетонной смеси на более серьезной научной основе. Позднее этот метод получил сокращенное название Суперпейв — Superpave (**S**uperior **P**erforming **A**sphalt **P**avements — высококачественные асфальтобетонные покрытия).

Разработка Суперпейва была частью программы стратегических дорожных научных исследований SHRP (Strategic Highway Research Program). Эта программа стоимостью 150 млн долларов была принята Конгрессом США в 1987 году сроком на 5 лет с целью повышения долговечности и эффективности использования автомобильных дорог США, а также для повышения безопасности движения и дорожных работ. Примерно 50 млн долларов из бюджета программы SHRP было предназначено для разработки технических характеристик битума и асфальтобетона, напрямую связывающих результаты лабораторных исследований с эксплуатационными характеристиками покрытий. Ставилась задача определить свойства вяжущего, каменного материала и их смеси, от которых в наибольшей мере зависит поведение покрытия в эксплуатации, и предложить методику экспериментального определения показателей этих свойств.

В проведении исследований на конкурсной основе могли принять участие ученые разных стран. Наряду с американскими дорожниками, в них участвовали исследователи из Англии, Франции, Голландии, Канады, Израиля, ЮАР и других стран.

В результате была создана система проектирования состава асфальтобетона Суперпейв, которую начали постепенно внедрять во всех 50 штатах. Она включает выбор битумного вяжущего исходя

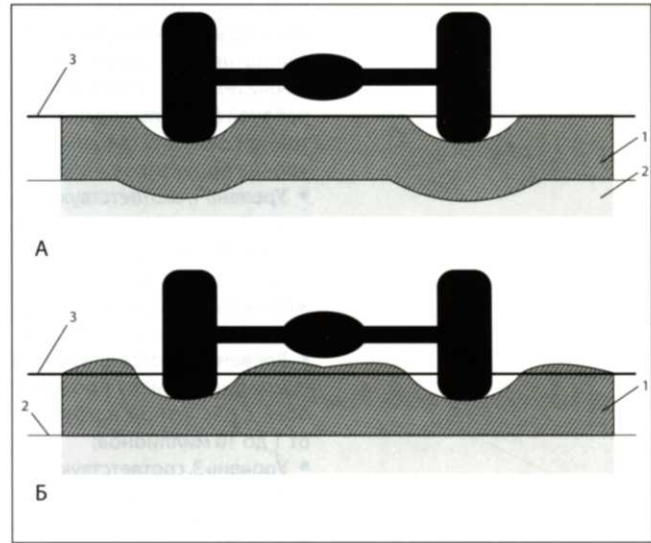


Рис. 1. Колея на поверхности покрытия.

А — колея, обусловленная недостаточной толщиной дорожной одежды и непрочным земляным полотном или основанием дорожной одежды; под действием повторных нагрузок поверхность покрытия опустилась так же, как и поверхность основания или земляного полотна: 1 — дорожная одежда; 2 — земляное полотно; 3 — первоначальная поверхность покрытия.

Б — колея, обусловленная недостаточным сопротивлением асфальтобетона действию повторных нагрузок в жаркое время года; под «полосой наката» покрытие опустилось, а в стороне от нее — поднялось: 1 — асфальтобетонные слои; 2 — подошва нижнего слоя асфальтобетона; 3 — первоначальная поверхность покрытия. Чтобы определить причину образования колеи (А, Б или их комбинация), в США устраивают поперечную траншею глубже уровня поверхности земляного полотна и тщательно обмеряют поперечное сечение дорожной одежды.

из климатических условий; выбор каменного материала; уплотнение образцов смеси, степень которого зависит от интенсивности движения; подбор количества вяжущего



Рис. 2. Усталостные и температурные трещины на дороге местного значения в штате Юта: пересекающиеся усталостные трещины по полосам наката на промежуточной стадии формирования сетки «крокодилова кожа», когда поперечные трещины уже связаны с продольными, но еще не образуют замкнутых многоугольников; поперечные низкотемпературные трещины пересекают всю или почти всю проезжую часть; трещины залиты горячим вязким битумом.

