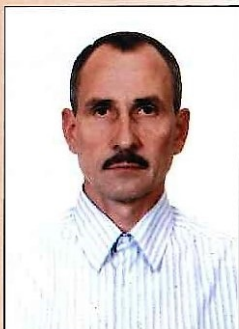


ПРАКТИКА БОРЬБЫ С КОЛЕЙНОСТЬЮ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ МОЖЕТ БЫТЬ УСПЕШНОЙ



М. П. Костельов,

к. т. н., гл. технолог
(ЗАО «ВАД» Санкт-Петербург)



В. П. Перевалов,

зам. генерального директора,
(ЗАО «ВАД» Санкт-Петербург)



Д. В. Пахаренко,

инженер-технолог
(ЗАО «ВАД» Санкт-Петербург)

В последние 10–12 лет на автомагистралях крупных городов Европейской России с высокой интенсивностью движения транспорта все чаще стала появляться колея в крайних левых полосах покрытия, где в основном двигаются только скоростные легковые автомобили в том числе с шипованными колесами в зимнее время.

Такая колея крайне нежелательна с точки зрения безопасности дорожного движения, и борьба с этим дефектом покрытия практически превратилась в очень серьезную проблему для дорожной отрасли многих стран мира, в том числе России.

Изначально в нашей стране эта проблема достаточно громко заявила о себе в 2000–2001 гг. в Москве и Подмосковье. И по мере расширения зоны роста уровня автомобилизации населения этот дорожный дефект становится достоянием других регионов и мест.

Фирма ЗАО «ВАД» впервые серьезным образом столкнулась с проблемой колеяности асфальтобетонного покрытия на одном из своих объектов Санкт-Петербурга лет 7–8 назад.

Проспект Славы с его продолжением по Ивановской ул. считается в городе одной из чрезвычайно загруженных трасс по интенсивности и грузоподъемности как городским, так и транзитным автотранспортом. Через два-три года после выполнения ЗАО «ВАД» очередного ремонтного обновления покрытия этой трассы двухслойным асфальтобетоном по отдельным следам наката крайних левых полос движения в основном легковых автомобилей появилась колея глубиной до 16–24 мм.

Детальное инструментальное изучение этого дефекта и причин его появления показало, что только 19% зафиксированной колеи возникло по вине асфальтобетонных слоев, а 81% — за счет остаточных деформаций и просадок нижележащих слоев дорожного основания и возможно земляного полотна.

Конечно, этот 81% никого не должен особо смущать или удивлять, если вспомнить где и на каком месте Петр I основал и возводил Санкт-Петербург — много воды и сни-

зу и сверху, кругом болота, слабые грунты. Конечно, достаточно сложные грунтово-гидрологические условия наложили свой отпечаток на качество строительства домов, дворцов, дорог, улиц, проспектов и их эксплуатационное состояние. Это специфика Северной столицы России.

Доля колеяности (19%), возникшей по вине самого асфальтобетона покрытия, очевидно включает в себя как абразивный износ поверхности за счет уноса колесами автомобиля выбитых, истертых или выкрошенных мелких частиц асфальтобетона, так и пластические смещения асфальтобетона за счет его сжатия (доуплотнения) и сдвига. Установить, какая часть из этих 19% приходится на износ, а какая на пластическое деформирование, не представлялось возможным.

Правда, дорожники прежних советских времен для ориентировочных оценок абразивного износа могли воспользоваться расчетами по эмпирической формуле [1]:

$$\Delta h = a + b \frac{N_{cym}}{1000} = a + 0,001 \cdot b N_{cym}, \text{ мм/год}$$

где Δh — величина износа (уменьшения толщины) поверхностного слоя покрытия; a, b — эмпирические коэффициенты со средними значениями $a \sim 0,50$; $b = 0,25 \div 0,55$;

N_{cym} — интенсивность движения автотранспорта в сутки.

В табл. 1 представлены средние значения абразивного износа резиновыми колесами без шипов асфальтобетонного покрытия дорог различных категорий, найденные расчетом по приведенной формуле.

Реальный износ покрытий, как правило, устанавливался периодическими инструментальными замерами. К примеру, данные таких измерений МАДИ, выполненные на некоторых автодорогах европейской части тогда ещё существовавшего СССР, показывают не очень высокие величины износа (в пределах 0,7–1,0 мм/год), что, очевидно, можно объяснить еще незначительной в то время реальной интенсивностью движения транспорта.

Таблица 1. Ориентировочные (расчетные) значения абразивного износа поверхности асфальтобетонного покрытия резиновыми колесами без шипов

Категория дороги	I	II	III	IV
Нормативная суточная интенсивность движения автотранспорта, шт. авто/сут.	≥ 7000 (принято 7000–10000)	3000–7000 (ср. 5000)	1000–3000 (ср. 2000)	100–1000 (ср. 550)
Расчетная величина износа толщины слоя покрытия за год, мм/год	$3,5 \div 4,5 \approx$ ср. 4,0	2,5	1,5	$\leq 1,0$

Таблица 2. Колея от шипованных колес (КАД — мосты, эстакады)

Тип асфальтобетонной смеси в покрытии	Ср. прирост колеи за зиму 2007 (осень) — 2008 (весна), мм	Ориентировочное кол-во проездов авто с шипами за зиму, млн	Удельный износ асфальтобетона покрытия за 1 млн проездов автомобилей с шипами за зиму 2007-2008гг	
			мм	%
ЩМА	2,7	1,79	1,5	100
тип А	6,7	2,88	2,3	153
тип Б — рецепт 1	8,3	1,95	4,3	287
тип Б — рецепт 2	18,3	2,32	7,9	523

Но затем, с переходом России на рыночную экономику, через открывшуюся границу в страну с запада хлынул настоящий поток зарубежных скоростных автомобилей по большей части на шипованных колесах. И нашим слабым и не очень качественным асфальтобетонным покрытиям они устроили настоящее «ледовое побоище» с итоговым результатом в виде колеи по полосам наката, причём нередко выше предельно допустимых величин.

Особенно сильно досталось покрытиям первых участков восточного полукольца строившейся кольцевой автодороги (КАД) Санкт-Петербурга, открытым для движения транспорта в августе 2005 года на протяжении от станции Горская до Московского шоссе. И сразу же популярность этих участков КАД среди горожан стала настолько высокой, что реальная интенсивность движения транспорта по ним превысила расчётную в 1,5–1,8 раза при скоростях, нередко превышающих разрешённые 110÷120 км/ч.

А вслед за популярностью неожиданно-негаданно на КАДе стала появляться и опасная колея в основном абразивного износа покрытия в левых крайних полосах движения, где по большей части демонстрируют свою скоростную удаль легковые авто на шипованных зимой колёсах. Во всяком случае, к моменту сдачи в эксплуатацию в ноябре 2007 года второго участка КАД протяжением около 15 км (от Московского до Таллинского шоссе) на первом участке уже имелась колея глубиной от 5–8 до 18–22 мм.

Обеспокоенные появившейся колееностью заказчик, проектировщик и подрядчик по устройству нижних и верхних слоев покрытий из разных типов асфальтобетонных смесей (дирекция строительства КАД, институт «Стройпроект» и АБЗ-дорстрой с АБЗ-1) организовали специальные инструментальные исследования и мониторинг причин появления нежелательного дефекта в зимний период 2007–2008 гг. в основном на путепроводных и эстакадных частях КАД, включая покрытия из ЩМА на вантовом мосту через Неву. Это исключало на них накопление пластических (остаточных) деформаций в дорожных основаниях и земляном полотне, которые характерны для многих слабых дорожных кон-

струкций в России, и оставляло надежду на появление в основном абразивной колеи от колес с шипами.

Результаты таких исследований и мониторинга [2,3] на шестикилометровом участке КАД (ПК 522-ПК 585) показали, что за зимний период прирост колеи износа покрытия по полосам наката шипованными колесами на разных типах асфальтобетона составил от 3 до 18 мм и детально в интерпретации ЗАО «ВАД» представлен в таблице 2.

Из этих результатов можно сделать два важных вывода. Во-первых, на величину колеи влияет сам асфальтобетонный материал и его состояние в покрытии: наименьший ее размер характерен для наиболее щеленистого, сдвигоустойчивого и прочного на сжатие и растяжение щебнемастичного типа (ЩМА), затем по ранжиру располагается асфальтобетон типа А, за ним тип Б с удачным по рецепту 1 грансоставом и, наконец, тип Б с неудачным видимо грансоставом по рецепту 2.

Во-вторых, если данные табл. 1 для дорог I категории интерпретировать к 1 млн проездов автомобилей с колесами без шипов и сравнить их с данными табл. 2, то окажется, что наличие шипованных колес увеличивает размер абразивной колеи почти в 2 раза на покрытии из асфальтобетона типа А, в 3–3,5 раза на покрытии из асфальтобетонной смеси типа Б (рецепт 1) и почти в 6 раз в случае смеси типа Б по рецепту 2.

Подобная логика и те же данные табл. 2 дают основание предположить, что прирост размера колеи от шипованных колес на покрытиях из ЩМА на полимербитумных вяжущих (ПБВ) может составить не более 30–40% в сравнении с незначительным абразивным износом от колес без шипов. А реальная практика эксплуатации цементобетонных покрытий, в том числе в зимнее время шипованными автомобилями, не вызывает особых беспокойств и забот дорожников, так как абразивной колеи здесь почти нет или она мизерная в отличие от асфальтобетонных покрытий. Видимо, более прочный цементобетонный материал такого покрытия «не по зубам» шипованному колесу.

Вообще современный шип (рис. 1) достаточно маленький по своим размерам и весу

(зарубежный около 1,0 г)* элемент автомобильного колеса, но ведет себя на контакте с покрытием как настоящий «большой разбойник». Повышенная разрушающая агрессивность шипа объясняется не только высокой скоростью его вхождения в контакт с поверхностью покрытия, что порождает его ударное вертикально-горизонтальное усилие сжатия, сдвига, скола и царапания материала покрытия, но и особенностями поведения резины колеса с закрепленным на ней шипом.

Из давно уже установленной механики взаимодействия катящегося колеса автомобиля с поверхностью покрытия известно, что вследствие реологических свойств резины последняя при входе в контакт с поверхностью (точка 1, рис. 1) подвергается сжатию, а на выходе из контакта (точка 2, рис. 1) — она растягивается. Вследствие этого по всей длине контактной поверхности 1–2 помимо вертикальной весовой силы сжатия возникает дополнительная горизонтальная сила.

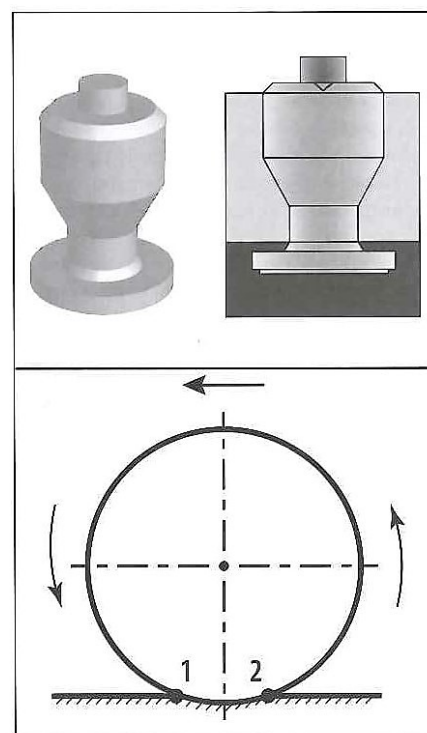


Рис. 1. Схема шипа автомобильного колеса и его взаимодействия с поверхностью качения

С помощью такой силы твердосплавный шип не только абразивно истирает покрытие, но также изнашивает себя до формы острой заточки. Кстати, наличие этой тангенциальной силы на колесе пневмокатка позволяет дорожникам «зализывать, залечивать» или устранять возникающие

* В России есть ГОСТ 52747-2007, допускающий установку на колеса легковых автомобилей шипов весом примерно в два раза, а грузовых — в 4 раза тяжелее, что явно плохо для покрытий дорог.

при укатке горячего асфальтобетона поверхностные продольные или поперечные трещины на покрытии.

Очевидно, полностью избавиться от абразивной колеи износа покрытия шипованными колесами автомобилей можно, только запретив их использование, как это сделали в Германии и других странах. Но свести к минимуму этот дефект все же возможно за счет снижения веса каждого шипа и использования в составе асфальтобетонной смеси более вязких (менее хрупких) и износостойких каменных материалов (известен опыт Финляндии) и клея (вяжущего) с ярко выраженными реологическими и повышенными адгезионными и когезионными свойствами.

К таким вяжущим следует причислить резинобитумные (РБВ) и полимербитумные (ПБВ), положительный опыт использования которых в зарубежных странах хорошо известен. В России же с определенным успехом ведут борьбу с абразивной колеиностью московские дорожники, укладывающие в верхние слои покрытий своих автомобильных дорог более крупнозернистые щебнемастичные смеси (ЩМА 20) на резинобитумных вяжущих (РБВ).

Вторым серьезным источником появления колеи на покрытиях российских автомобильных дорог является слабость их конструкций или возникшее в последние годы несоответствие их несущей способности все возрастающим осевым нагрузкам автомобилей и интенсивностям их движения. Такую колею можно обнаружить чаще всего по полосам перемещения тяжелого грузового транспорта, хотя она возможна и на других полосах движения как часть общей колеи, возникающей также вследствие абразивного износа покрытия и пластических сдвигов и иных деформаций самого асфальтобетона.

В 2011 году в России планируется отремонтировать около 5,5 тыс. км федеральных трасс, что составляет около 11–12% от общей их протяженности, близкой к 50 тыс. км. Всего же требуется не просто улучшить ремонт более 60% этой общей сети, а капитально отремонтировать с усилением их дорожных одежд, так как они реально уже не соответствуют нормам нагрузок на ось автотранспортных средств и интенсивности их движения. На территориальных и межмуниципальных дорогах такое несоответствие составляет 76% их протяжения.

Таким образом, сегодняшние федеральные, территориальные и местные автомобильные дороги России потенциально уязвимы с точки зрения постепенного накопления остаточных деформаций и осадок с образованием на покрытии не только локальных неровностей, но и опасной регулярной колеиности. Хотите подтверждения такому заключению, поезжайте на автомобиле по нашим прежде всего территориальным и местным дорогам с корявыми

и ухабистыми покрытиями. Они обречены на постоянные неровности покрытий, включая колеиность.

Дорожные специалисты и ученые, разрабатывавшие в свое время теоретические и практические основы методики и инструкции по расчету, проектированию и конструированию дорожных одежд автомобильной дороги с жесткими покрытиями, полагали или предполагали, что ее земляное полотно, дорожное основание и покрытие должны будут работать только в упругой стадии без всякого накопления пластических (остаточных) деформаций.

Однако все слои и материалы дорожной конструкции фактически «отказались» от своей упругой участи и в реальной действительности ведут себя в большинстве случаев как упруго-пластические или упруго-вязко-пластические материалы и среды, постепенно накапливая остаточные деформации и осадки по законам циклической ползучести, что в итоге и оборачивается локальными неровностями покрытий, а по полосам наката — появлением колеи. Кстати, ведь даже у металла есть предел усталостной выносливости, и он тоже с течением времени накапливает пластические деформации.

В Ростовском государственном строительном университете уже целый ряд лет ведется серьезная, интересная и полезная в практическом плане исследовательская работа по изучению развития и накопления остаточных деформаций материалами, слагающими дорожную конструкцию [4,5,6.]. Такая работа выполнялась как в лабораторных, так и в полевых условиях (оборудованные приборами наблюдательные станции на федеральной автомагистрали М4 «Дон» Москва — Воронеж — Ростов — Краснодар — Сочи).

В частности, лабораторные эксперименты проводились по циклическому (до 700 тыс. циклов) нагружению образцов различных грунтов земляного полотна при разной их плотности и влажности расчетной нагрузкой 1 кгс/см^2 с частотой 5 Гц, материалов дорожных оснований (ПГС, щебень по методу заклинки, ЩПС оптимального грансостава) расчетной нагрузкой 4 кгс/см^2 с частотой 10 Гц и асфальтобетонов для покрытий (многощебенистые типа А и ЩМА) расчетной нагрузкой 6 кгс/см^2 при температуре $+50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Разница в накопленных остаточных деформациях лабораторных образцов, к примеру, суглинистого грунта оптимальной влажности при коэффициентах его уплотнения 0,98, 1,0 и 1,02 в абсолютных величинах оказалось не слишком большой (в пределах 0,3–0,6 мм). Однако в реальной дороге земляное полотно из суглинка за семь месяцев мониторинга накопило остаточную осадку 3,4 мм, что составило чуть более 60% от общей осадки (5,4 мм) всех слоев и элементов дорожной конструкции. Очевидно, на семимесячный период попало весеннее

или осеннее избыточное увлажнение земляного полотна, что и отразилось на величине остаточной осадки.

Лабораторные тесты с образцами материалов для дорожных оснований не только подтвердили их способность накапливать остаточные деформации, но и показали заметную разницу в самих величинах такого накопления. Если наименьшую величину остаточной накопленной деформации у щебеночно-песчаной смеси оптимального состава принять за 100%, то у щебеночного материала, устроенного методом заклинки, такая деформация возрастает до 200%, а у гравийно-песчаной природной смеси (ПГС) — до 300%. Весьма полезные данные для проектировщиков новых автомобильных дорог.

Величины накопленных за 400–700 тыс. циклов лабораторных нагружений образцов асфальтобетона типа А достигали 5–7 мм, а наименьшими (в 3–3,5 раза) они оказались у ЩМА. Причем, некоторое влияние (в пределах 1,3–1,4 раза) на накопленную остаточную деформацию ЩМА может оказать тип входящей в состав этой смеси волокнистой стабилизирующей добавки.

Таким образом, исследования проф. Мату В.П. и его коллег из Ростова подтвердили складывающееся уже в России понимание того, что в отличие от абразивной колеи износа покрытия шипованными колесами автомобилей, на величину и скорость образования пластической колеи на покрытиях многих отечественных дорог оказывает влияние не только, а в некоторых случаях и не столько тип, качество и состояние асфальтобетона. В этом зачастую бывают повинны как слабые или плохо устроенные слои дорожных оснований, так и грунты земляного полотна, особенно в периоды весеннего или осеннего избыточного их увлажнения.

Большинство же зарубежных специалистов, решая проблему колеиности покрытий дорог в своих странах, пришли к заключению, что главным источником остаточных деформаций и необратимых осадков по полосам наката покрытий является асфальтобетон. С таким заключением можно согласиться при одном условии, что слои дорожного основания и земляное полотно на их дорогах устроены высококачественно, прочно, надежно и безосадачно. И скорей всего так оно и есть. Поэтому вполне понятна длительная и кропотливая исследовательская и практическая работа по поиску наиболее колееустойчивых типов и составов асфальтобетонных смесей, в том числе на разных вяжущих материалах.

Но почему российские дорожные ученые и практики по примеру своих зарубежных коллег тоже увлеклись «разборками» с асфальтобетоном? Неужели нужно еще специально и многократно доказывать и разъяснять, что колея на российских и колея на зарубежных дорогах — это могут быть разные «вещи», появившиеся по различным причинам и от разных источников.

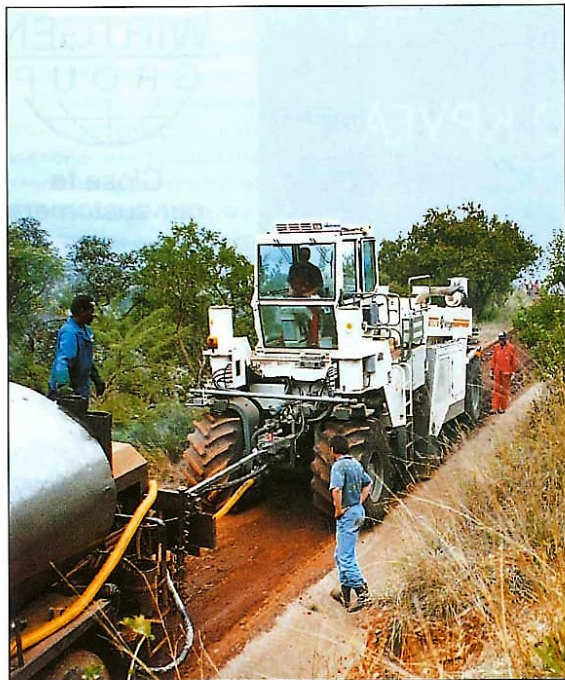


Рис. 2. Ресайклер WR2500 фирмы Wirtgen (Германия) в работе

Нет, конечно в условиях, например, экстремально жаркого лета 2010 г. причины массового и резкого образования колеиности в Европе и в России, видимо, близки и связаны как раз с поведением асфальтобетона, размякшего от избыточного нагрева. И поэтому в России тоже следует серьезно заниматься поиском более сдвигоустойчи-

нием дорожного основания по современной известной и довольно распространенной в мире технологии холодного ресайклинга [7]. Для ее реализации существуют мощные и высокопроизводительные ресайклеры фирм Wirtgen (рис. 2), Caterpillar, Roadtec и Bomag, которые прямо на дороге измельчают изношенные и дефектные слои покрытия

вместе со слабыми основаниями, укрепляют их материалами вяжущими (битумная эмульсия, вспененный битум, цемент, известь, золы уносса) и раскладывают в основание слоями 30–50 см.

Правда, такая технология и подобные машины для дорожных объектов городов и населенных пунктов не всегда подходят из-за наличия на их улицах, проспектах и шоссе различного рода подземных коммуникаций и надземных колодцев и люков. Однако ЗАО «ВАД» готово предложить административ-

ных и дорожным властям, например, Санкт-Петербурга эту же технологию, но в модифицированном варианте в виде приращиваемой смесительной установки КМА 200 (рис. 3) фирмы Wirtgen, на работу которой не влияет наличие подземных или надземных инженерных устройств. Эта установка просто и быстро (не более 1,5–2 часов) может перебазироваться с одной точки работы на другую вдоль ремонтируемого объекта. Она была использована ЗАО «ВАД» на капитальном ремонте изношенного и дефектного участка 25 км федеральной дороги М8 вблизи г. Вельска под Архангельском и показала прекрасные результаты как раз на усилении дорожных оснований с одновременным обновлением асфальтобетонного покрытия.

Теперь о способностях и возможностях самого асфальтобетонного материала противостоять многообразным видам и формам деформаций, дефектов и разрушений в дорожных покрытиях, в том числе образованию поверхностной пластической колеи. Правда, следует сразу оговориться, что поверхностное колееобразование асфальтобетона это особый, не схожий с появлением других деформаций, осадок или разрушений, вид его пластического деформирования и разрушения по законам динамической ползучести при многократных циклических колесных нагрузениях.

Очевидно, поэтому оценка и прогнозирование колеиности по критериям деформативной устойчивости по Маршаллу, по испытаниям в гирационном приборе лабораторного уплотнения асфальтобетона или показателям сдвигоустойчивости по российскому ГОСТу 12801–97 (коэффициент внутреннего трения и сцепление при сдвиговом разрушении асфальтобетонного образца) не дает ожидаемого совпадения с результатами натуральных наблюдений на дороге или специальных тестов на колееобразование по другим методикам и приборам (табл. 3)

За рубежом проблему колееобразования изучают и исследуют достаточно давно, причем схемы и приемы такого изучения хотя и разнятся, но суть их состоит в одном — подобранный в лаборатории гранулометрический состав асфальтобетонной смеси по тем или иным принципам, критериям или показателям сначала оценивают на колееустойчивость по принятым методи-



Рис. 3. Мобильная смесительная установка КМА200 фирмы Wirtgen для выполнения работ по технологии холодного ресайклинга

Таблица 3. Сравнительные испытания асфальтобетона различными методами, штат Джорджия (США) [8]

Условный тип асфальтобетона	Ранжир (класс) асфальтобетона по сопротивлению колееобразованию, класс 1 соответствует наименьшей величине колеи			
	Колея на реальной дороге	Тест по прибору ААП	Тест на сдвиг в гирационном уплотнителе	Устойчивость по Маршаллу
Смесь В	1	1	3	2
Смесь Д	2	2	2	3
Смесь С	3	3	1	1

кам и условиям на лабораторных приборах или установках, чаще всего называемых колеемерами и колеетестерами. Как правило, в этих приборах или установках по специально приготовленной асфальтобетонной плите, цилиндрическому или прямоугольному образцу многократно проезжает колесо, имитирующее колесо автомобиля с заданной вертикальной нагрузкой. При этом температура такого испытания должна быть 60 °С, а критерием оценки колееустойчивости может служить либо количество нагрузочных циклов, при котором появляется колея с заранее заданной (нормативной) глубиной 10, 15 или 20 мм, либо глубина колеи, соответствующая 5000, 10000 или 20000 циклам нагружения.

Затем этот асфальтобетон проверяют либо на дороге, либо на крупномасштабных дорогостоящих специальных кольцевых или линейных стендах.

Обстоятельный обзор и анализ лабораторных приборов и крупных стендовых установок по проверке асфальтобетонных материалов на колееустойчивость, используемых в ряде зарубежных стран, включая в том числе бывшие республики СССР, дан в некоторых публикациях [9, 10, 11, 12].

В России же пока нет узаконенного собственного колеемера, хотя такой прибор, как и гираторный уплотнитель асфальтобе-

тонной смеси, давно и настоятельно «просятся» к российским дорожникам. Правда, в конце 2010 г. Росавтодор объявил конкурс на разработку отечественного колеетестера. Однако в этой связи возникают серьезные сомнения в целесообразности вновь «изобретать велосипед». Не проще ли обстоятельно разобраться в достоинствах и недостатках уже действующих и проверенных колеемеров и взять на собственное «вооружение» один из этих образцов. Так поступают многие страны, приобретаая и колеемеры, и гирационные уплотнители. И ничего зазорного, а тем более унижительного в этом нет. Не постеснялась же Россия закупить для своей армии несколько французских вертолетоносцев «Мистраль».

По предварительным оценкам специалистов ЗАО «ВАД» наиболее приемлемой для дорожных лабораторий России, компактной и удобной можно считать последнюю версию разработанного образца колеемера проф. Джеймса Лея из Технологического института штата Джорджия (США), названного Анализатором Асфальтового Покрытия (ААП). За 25 лет своего существования он подвергался модернизации и при длительном использовании последнего варианта подтвердил свою репутацию надежного лабораторного анализатора колееустойчивости асфальтобетонного покрытия (рис. 4).

У этого прибора, помимо всего прочего, есть два достоинства, дающие ему преимущества перед другими колеемерами. Во-первых, для ААП не нужно готовить на специальном секторном уплотнителе асфальтобетонную пластину или плиту размером около (250±320)×(250±300)×(40±100) мм, как это предусмотрено в гамбургском, французском, английском и некоторых американских колеетестерах. В ААП можно использовать как цилиндрические образцы асфальтобетона диаметром 100–150 мм, сформованные в лаборатории или выбуренные из покрытия на дороге, так и образцы прямоугольной формы в виде балочек и призм (рис. 5).

И, во-вторых, с помощью этого прибора можно выполнить проверку асфальтобетона на усталостную трещиностойкость (рис. 6), а также установить чувствительность асфальтобетонной смеси на избыточное увлажнение покрытия. Это дает основание считать ААП более универсальным и потому более полезным лабораторным тестером, чем обычный колеемер.

Многочисленные экспериментальные исследования и испытания в Европе и Северной Америке показали, что между по-

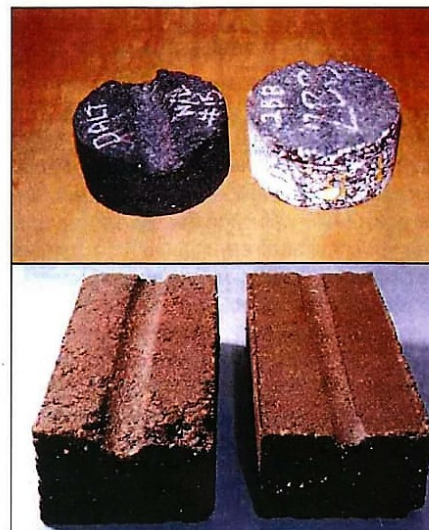


Рис. 5. Цилиндрические и балочные образцы асфальтобетона после испытания колеемером ААП

ведению асфальтобетона в лабораториях при его проверках на колееустойчивость разными по габаритам приборами и его работой в покрытии существует вполне приемлемая и устойчивая корреляция. Это заметно повысило доверие к лабораторным колеетестерам, и поэтому сегодня уже нет особой потребности устраивать дополнительную серьезную проверку их результатов на крупномасштабных полигонах и стендах. И тем более строить такие новые дорогостоящие сооружения. Теперь, очевидно, достаточно иметь надежный лабораторный колеетестер и осуществлять мониторинг колееобразования на покрытии реальной дороги.

За последние 20–25 лет дорожные специалисты многих стран выполнили огромный объем исследований, экспериментов и опытного строительства по выявлению и изучению общих для многих дорог дефектов, разрушений и причин их появления на асфальтобетонном покрытии, которые, как правило, обусловлены следующими более или менее известными проявлениями:

- поверхностным выкрашиванием и шелушением асфальтобетона под влиянием во-

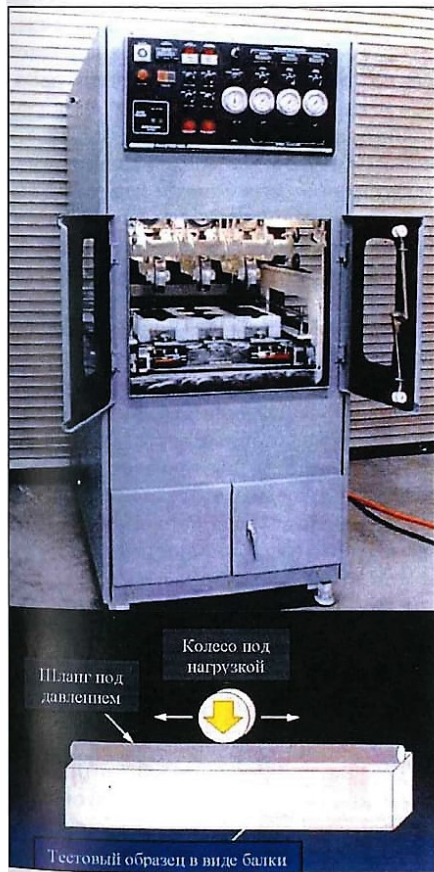


Рис. 4. Общий вид Анализатора Асфальтового Покрытия (ААП) по разработке проф. Лея Д. и схема испытания образца на колееустойчивость [8]

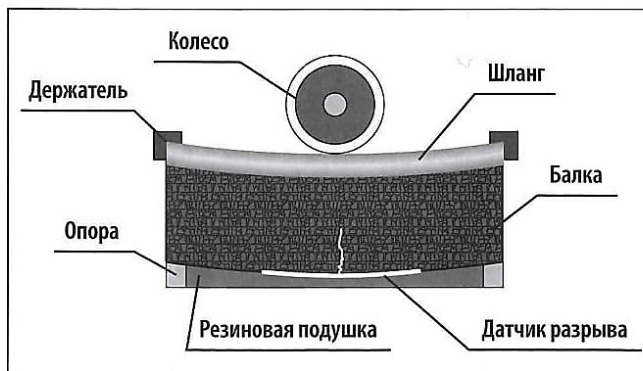


Рис. 6. Схема испытания образца асфальтобетона на трещиностойкость

ды и мороза, особенно при многократном переходе температуры воздуха через 0 °С, зачастую усиливающих в присутствии химических антигололедных реагентов;

- появлением сетки пересекающихся трещин вследствие снижения усталостной выносливости асфальтобетона под воздействием повторных транспортных нагрузок, причем уровень такой выносливости и степень ее снижения зависят от гранулометрического типа асфальтобетонной смеси и ее вяжущего, что не всегда грамотно учитывается при проектировании смесей и покрытий;
- возникновением поперечных трещин при сильном охлаждении покрытия зимой;
- просадками и деформациями поверхности покрытия вследствие недостаточной прочности и несущей способности нижележащих слоев дорожного основания и грунта земляного полотна с неизбежным накоплением ими остаточных деформаций ползучести;
- динамическим хрупким микроразрушением покрытия (абразивный износ зимой) мелкими и достаточно легкими твердосплавными зачастую острыми шипами скоростных легковых автомобилей;
- образованием локальных (по полосам наката) остаточных деформаций и осадков в виде колеи в теплое и особенно в жаркое время года, обусловленных в основном некоторым доуплотнением и пластическими сдвигами и выпорами самого асфальтобетона.

Обобщение и систематизация накопленных знаний и опыта по всем дефектам и причинам позволили дорожным специалистам США приступить к весьма полезной и нужной разработке справочных рекомендаций по проведению объективных исследований конкретных причин преждевременного разрушения асфальтобетонных покрытий на конкретной американской дороге. Эта двухлетняя работа была инициирована за деньги федеральных властей (500 тыс. USD).

Такие рекомендации позволят дорожникам более осознанно и объективно устанавливать и, главное, приобретать понимание разнообразных причин преждевременных разрушений с последующим практическим использованием тех факторов и мер, которые способствуют более продолжительной службе и достойному эксплуатационному состоянию асфальтобетонных покрытий.

Подобные справочные рекомендации предполагается использовать и при различных разбирательствах, в том числе очевидно по поводу финансовых споров и исков, дорожно-техническую сторону которых устанавливают обычно государственные дорожные агентства (дорожные департаменты штатов или крупных городов).

Наличие такого справочного пособия в России очевидно могло бы тоже сыграть свою положительную и прежде всего дисциплинирующую роль в повышении каче-

ства и сроков службы наших многострадальных автомобильных дорог. Особенно с учетом наличия у нас реально имеющих четырех условно поделенных групп дорожных подрядчиков — неумехи, ловкачи, середняки и успешные.

Но пока такого общего справочника у нас нет, с дорожниками России можно поделиться некоторыми обобщениями и выводами, сделанными в ЗАО «ВАД» по многообразным и достаточно обширным данным зарубежных и российских исследований и практических наблюдений, относящихся только к одному из шести перечисленных дефектов и разрушений асфальтобетонных покрытий, обусловленных пластическими деформациями самого асфальтобетона и порождающих опасную колею покрытия по полосам наката.

Сегодня совершенно определенно можно указать на четыре главных фактора, от которых зависит размер возникающей колеи, ограниченной асфальтобетонными слоями покрытия, и скорость ее появления:

- а) гранулометрический тип и состав асфальтобетонной смеси;
- б) тип, сорт и качество битумного или иного вяжущего;
- в) качество уплотнения асфальтобетона в покрытии;
- г) температура нагрева асфальтобетона в покрытии реальной дороги.

Все четыре фактора, как видно из перечисления, существенным образом влияют на деформативно-прочностные показатели свойств асфальтобетона. А коль скоро колея является результатом силового деформирования материала покрытия, обладающего вполне конкретной прочностью, то обозначенное влияние этих факторов вполне логично и понятно. Поэтому, прежде всего и следует искать и объяснять связь между колеюстью и такими свойствами асфальтобетона.

Гранулометрический тип и состав смеси. Существующие в стандартах и в дорожной практике большинства стран мира типы асфальтобетонных материалов для оснований и покрытий отличаются друг от друга не только своими составами минеральных материалов, марками, качеством и количеством битумов, но и разными показателями деформативности и прочности на сжатие, сдвиг и растяжение, которые во многих случаях нормируются национальными стандартами в том или ином виде.

С точки зрения образования на покрытии волн, выпоров и колеи преобладающим считается сопротивление асфальтобетона сдвиговому нагружению, хотя в реальной действительности под колесом автомобиля и пневмошинного катка или даже под жестким вальцом статического и вибрационного катка можно узреть одновременно возникающие деформации сжатия, сдвига и растяжения асфальтобетона. Они разные по величине, но все вместе создают сложную объемную картину его деформативного состояния и поведения.

Длительное время в наших стандартах на асфальтобетон вообще не было никаких нормируемых прямо показателей на сдвиг. В производственных лабораториях дорожников не требовалось проводить каких-либо сдвиговых испытаний асфальтобетона потому, что основным сравнительным и к тому же косвенным критерием выбора или подбора сдвигоустойчивого состава асфальтобетона служила прочность цилиндрического образца при его одноосном сжатии при температуре +50 °С (R_{50}). Это, по известным соотношениям из науки о сопротивлении материалов деформированию и разрушению, вполне оправдано и допустимо для грунта, щебня, асфальтобетона, цементбетона, черного и цветного металла. Чем выше, например, прочность на сжатие, тем большим сопротивлением сдвигу обладает материал. Нужно только правильно тестировать сам материал по схеме его работы в конструкции, не путая одноосное (цилиндрический образец без бокового давления обжатия), двухосное (под жестким вальцом дорожного катка), трехосное (под шинными колесами автомобиля и пневмоколесного катка) и компрессионное сжатие (в жесткой форме или стакане без возможности бокового деформирования и разрушения материала). Специалисты нередко используют также метод тестирования свойств материалов дорожной конструкции путем их послойного нагружения жестким штампом, что соответствует схеме трехосного их деформирования, которая достаточно близка к их реальной работе под колесом автомобиля. Все это достаточно подробно исследовано и разработано такой наукой, как «Механика грунтов».

Применяемый в России критерий R_{50} вследствие своей одноосной схемы испытания образца асфальтобетона, которая вообще не соответствует трехосной схеме действительной работы асфальтобетона в покрытии, достаточно уже давно вводит дорожников в практическое заблуждение не только относительно сдвиговой устойчивости, но и по прочности покрытия на сжатие.

Из многочисленных тестов, результат одного из которых для примера приведен в табл. 4 [12], следует, что прочность на сжатие песчаного асфальтобетона типа Г всегда оказывается выше прочности многощебенного типа А примерно в 1,5 раза.

Чем меньше щебня в асфальтобетоне, тем выше получается прочность на сжатие R_{50} по данным табл. 4. Парадокс и только. Правда, если испытать, например, асфальтобетоны типов А и Б на трехосное сжатие в стабилометре с боковым обжатием образца давлением 3 кгс/см², то предел прочности у типа А ($R_{50}=40$ кгс/см², 100%) окажется больше, чем у типа Б (31 кгс/см², 77%). При одноосном же сжатии этих асфальтобетонов без бокового подпора картина получается аналогичной данным табл. 4 — прочность у типа А (7 кгс/см², 70%) меньше, чем у Б (10 кгс/см², 100%) [13]

Таблица 4

Тип мелкозернистого плотного асфальтобетона на битуме БНД 60/90	А	Б	В	Г
Прочность R_{50} при одноосном сжатии образца при $+50\text{ }^\circ\text{C}$, кгс/см ²	9,6 (68%)	10,9 (77%)	11,3 (80%)	14,1 (100%)

И этот парадокс с одноосным R_{50} узаконен российским ГОСТом на асфальтобетон и используется уже десятки лет. Более того, в СССР был период, когда многие дорожники действительно верили, что асфальтобетон типа Г прочнее щебенчатых типов А, Б и В. И поэтому зачастую практиковали устройство верхних слоев покрытия по большей части из песчаного асфальтобетона типа Г даже на серьезных магистральных автодорогах. И уже через 1–2 года такие покрытия из «жареного песка» приходилось серьезно ремонтировать или полностью заменять.

В этой связи давно уже раздаются настоячивые предложения упразднить критерий R_{50} , но он по-прежнему «жив» и продолжает «радовать и огорчать» дорожников. Думается, что упразднить R_{50} не следует, а вот модернизировать такой тест полезно и можно по нескольким признакам.

Во-первых, очевидно, вместо R_{50} лучше получать информацию о пределе прочности асфальтобетона на сжатие при $+60\text{ }^\circ\text{C}$, унифицировав температуру таких испытаний с принятой по всему миру температурой определения колееустойчивости. К тому же для дорожных технологов экспериментальные и нормированные ГОСТом значения R_{60} важны и нужны как некоторые ориентиры для выбора и назначения более правильной и эффективной технологии уплотнения

того или иного гранулометрического типа горячей асфальтобетонной смеси в покрытии дорожными катками.

Во-вторых, определять R_{60} следует в условиях трехосного сжатия асфальтобетонного образца, что более правильно с учетом реальной картины деформирования покрытия колесом автомобиля. Конечно, такое предложение может сразу же вызвать немало возражений, особенно специалистов производственных лабораторий из-за более сложной и продолжительной процедуры выполнения такого испытания. Но разве методически проще и легче определять сдвигоустойчивость по показателям угла внутреннего трения ($\text{tg } \varphi$) и сцепления (c), впервые включенным в российский ГОСТ 9128–1997 на асфальтобетон. А вот европейским стандартом EN13108-1 сопротивляемость асфальтобетона пластическому деформированию отнесена к одному из главных показателей покрытия и основным (фундаментальным) способом оценки этого показателя назван метод испытания трехосным сжатием [14].

Для некоторого упрощения процедуры определения R_{60} можно попробовать в производственных лабораториях использовать прибор ПСО-1 (рис. 7), разработанный белорусскими дорожными специалистами для экспресс-анализов прочностных показателей асфальтобетона в условиях его деформирования, близких к трехосному сжатию [15].

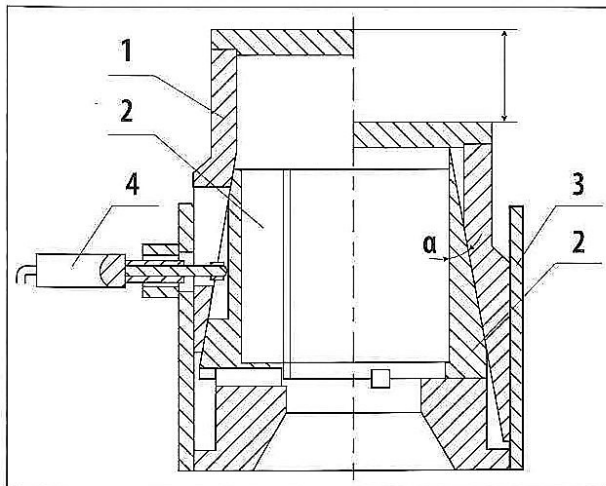


Рис. 7. Схема прибора ПСО-1: 1 — обжимной цилиндр, 2 — сегменты, 3 — корпус, 4 — датчик перемещений [15]

При использовании ПСО-1 нужно только правильно назначать боковое давление обжима (распора) образца, которое должно быть адекватно коэффициенту поперечной деформации материала (аналог коэффициента Пуассона для упругих материалов). Значения последнего в зависимости от мелкозернистости асфальтобетона может изменяться от 0,20–0,25 до 0,35–0,40. Поэтому и обжим нужен разный.

На рис. 8 показан график деформирования ас-

фальтобетона типа Б в приборе ПСО-1 [15], на рис. 9 — кривая нарастания колеи с ростом количества проходов тестового колеса при испытании асфальтобетона гамбургским колеемером [11], а на рис. 10 показан график определения прочности уплотняемого горячего асфальтобетона при трехосном его сжатии в стабилометре [16].

Удивительную схожесть имеют все кривые на этих трех рисунках, в том числе наличие характерных зон и даже отдельных точек. Это свидетельствует об идентичности деформативных процессов в асфальтобетонном материале при различных тестовых схемах, очевидно достаточно близких друг другу.

На кривой рис. 10 в пределах участка 0–А накопление остаточных деформаций происходит в основном за счет изменения объема материала (уплотнение, доуплотнение). На участке же А–В деформирование нарастает с участием уже пластического формоизменения образца и развитием таких дефектов, как нежелательные сдвиги, выпоры, волны и трещины. Поэтому давление на графике, соответствующее точке А, названо критическим. Его обнаружение сыграло большую роль в совершенствовании технологии высококачественного и бездефектного уплотнения горячего асфальтобетона катками в дорожных покрытиях, которую 9–10 лет назад разработало и начало успешно использовать ЗАО «ВАД».

Такому же критическому давлению на графике рис. 8 соответствует точка 3, а на гра-

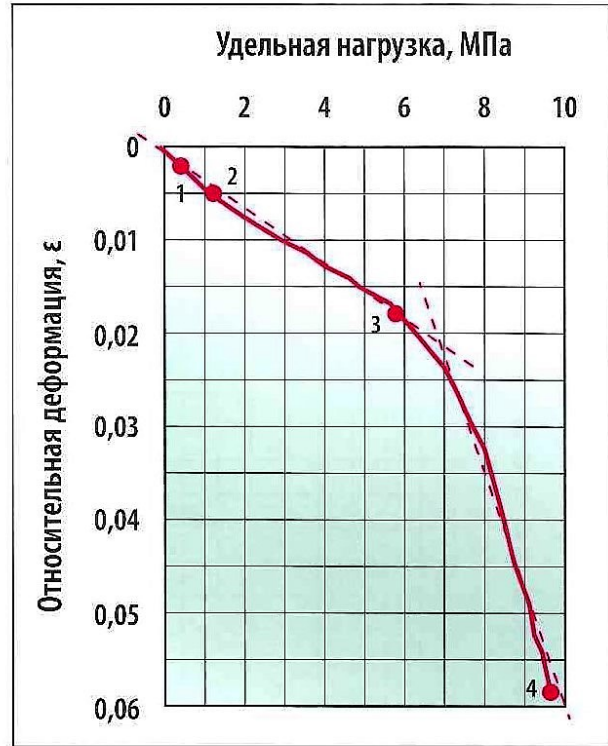


Рис. 8. Кривая зависимости «удельная нагрузка — деформация» для асфальтобетона типа Б по тестам в приборе ПСО-1 [15]

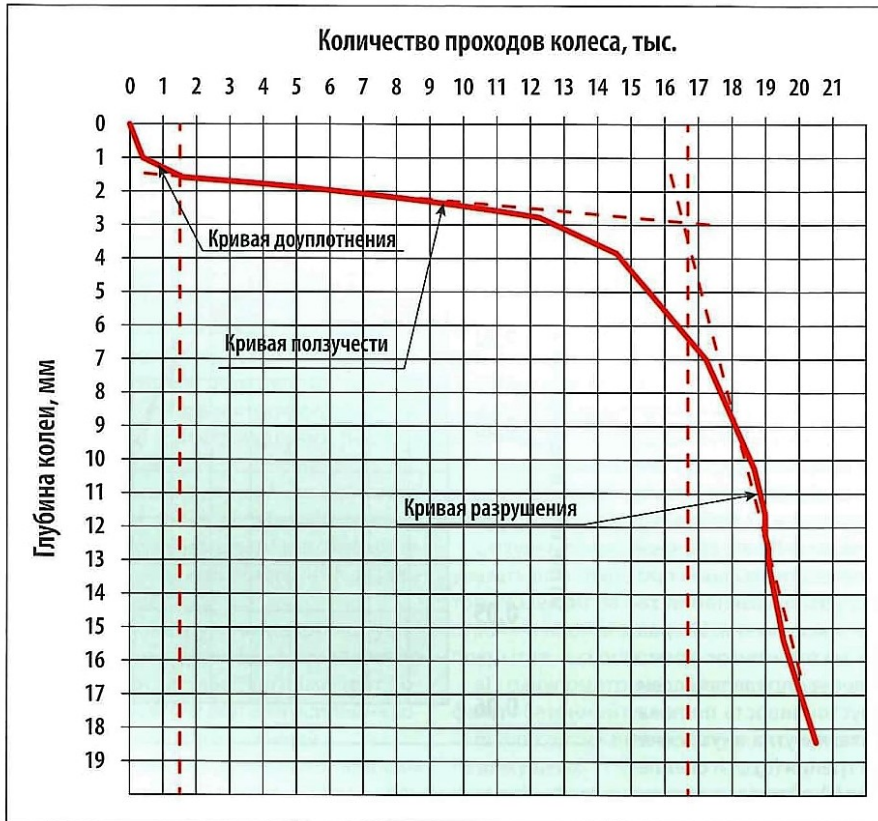


Рис. 9. Характерная кривая образования колеи на поверхности асфальтобетонного покрытия по испытаниям гамбургским колеетестером (Hamburg Wheel Tracking Device — HWTD) [11]

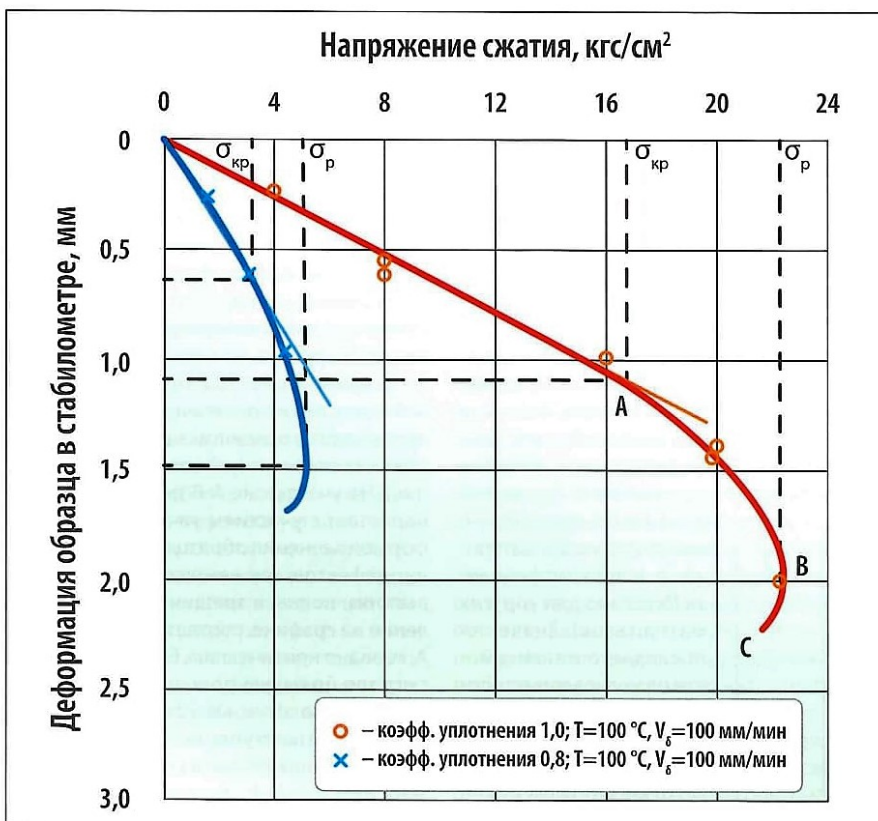


Рис. 10. Результаты испытания асфальтобетонных образцов в приборе 3-оного сжатия — стабиллометре [16]

фиге рис. 9 подобная точка соответствует 10–11 тыс. циклов нагружения тестовым колесом с глубиной колеи около 2,5 мм. Кстати, на наличие подобных критических значений нагружений и деформаций у асфальтобетона, работающего в дорожном покрытии, недавно обратил внимание проф. Золотарев В. А. [17]

Если сегодня довериться огромному количеству экспериментальных данных, полученных при испытаниях разных гранулометрических типов асфальтобетонов на колееустойчивость, то своё явное преимущество демонстрируют многощелевистые асфальтобетоны, которым и следует всегда отдавать предпочтение в практическом плане. Чем больше щебня в составе асфальтобетона, тем выше его колееустойчивость и сдвигоустойчивость.

Правда, этим данным и выводам продолжают противоречить когда-то давно установленные экспериментальным путем (испытания на кручение, на трехосное сжатие и на выдавливание из цилиндрического образца так называемого конуса сдвига) оптимальное содержание щебня в асфальтобетоне (45–55 и 50%) с точки зрения наибольшей его сдвигоустойчивости [9, 18].

И никто до сих дополнительно ни подтвердил, ни опроверг эти результаты, если не считать многочисленные данные тестов на колеемерах и не обращать внимание на широкое практическое использование по всему миру наиболее сдвигоустойчивых щебне-мастичных асфальтобетонов (ЩМА), содержащих щебня почти в 1,5 раза больше указанных оптимумов. А то ведь некоторые проектировщики и подрядчики все еще придерживаются таких взглядов о преимуществах среднещелевистых составов асфальтобетона и продолжают проектировать и устраивать на своих дорогах покрытия по большей части из смесей типа Б.

Из табл. 5, составленной в ЗАО «ВАД» по данным [11], вытекает любопытная особенность. Чем больше количество нагружений (циклов) прикладывается тестовым колесом (или по-другому, чем дольше эксплуатируется асфальтобетонное покрытие в дороге), тем все заметнее и больше проявляется различие в колееустойчивости разных типов по гранулометрии асфальтобетонных смесей.

Так, после 5 тыс. циклов испытаний на колеемере ХНАДУ глубина колеи у асфальтобетона типа Г превысила в 1,5 раза колею типа А, а у типа В — в 1,3 и у Б — всего в 1,2 раза. После же 30 тыс. циклов такое превышение у типа Г возросло почти до 3 раз. Аналогичная картина имеет место и у типов Б (2,1 раза) и В (2,5 раза).

Поэтому не следует ограничивать режим работы колеемера 1000 или 5000 циклами нагружения, что иногда практикуется. Такой режим не даст полной и объективной информации о действительной колееустойчивости тестируемого асфальтобетона.

Таблица 5. Проверка колеустойчивости асфальтобетонов разных типов на колемере Харьковского национального автодорожного университета [11]

Диапазон количества проходов тестового колеса, циклы	Относительная глубина колеи, в % и (мм), в тестах при +60 °С асфальтобетонов типа			
	А	Б	В	Г
0–5000	100% (4,0 мм)	120	130	150% (6,1 мм)
0–10000	100% (5,3 мм)	145	150	170% (9,0 мм)
0–20000	100% (6,5 мм)	185	205	220% (14,2 мм)
0–30000	100% (7,5 мм)	215	255	285% (19,0 мм)

Соотношение между размерами пластической колеи покрытия из самого ходового и популярного сейчас щебнемастичного асфальтобетона (ЩМА), обычного щебенистого (очевидно аналога российским типам А и Б) и крупнозернистого (видимо пористого) асфальтобетонов показано по американским тестам в табл. 6

Здесь, как и в табл. 2 с абразивным износом покрытия шипованными колесами зимой на КАДе Санкт-Петербурга, ожидаемое преимущество принадлежит ЩМА. Только пластическая колея у ЩМА по табл. 6 меньше колеи обычной смеси (предположительно тип А) в 2–2,5 раза, а вот зимняя абразивная колея у ЩМА меньше всего в 1,5 раза в сравнении с тем же типом А и почти в 3 раза по сравнению с типом Б. Объяснить такое непропорциональное различие в глубине колеи зимой и летом можно только, видимо, некоторым повышением прочности зимой асфальтобетонов типа А и Б.

Немецкие разработчики грансостава ЩМА вряд ли могли предположить несколько десятков лет назад, что их детище получит такое распространение в мировой практике XXI века и всеобщую дорожную славу. В России изначально ЩМА воспринимали как специальный асфальтобетонный материал, который предназначен в отдельных случаях устройства верхних слоев покрытия главным образом для борьбы с колеиностью.

Но по мере накопления опыта применения ЩМА на российских объектах отноше-

ние к нему становилось все более позитивным. И сегодня многие дорожные специалисты считают его уже рядовым асфальтобетонным материалом с набором прекрасных показателей свойств и качеств, обеспечиваемых повышенным содержанием щебня и битума. И поэтому справедливо ставят его впереди традиционных наших типов асфальтобетонных составов с индексами пяти начальных букв алфавита русского языка А, Б, В, Г и Д. Теперь уже раздаются даже пожелания и предложения более широкого и чуть ли не повсеместного и повседневно-го использования ЩМА в покрытиях, несмотря на несколько более высокую его стоимость. Помимо наиболее высокой сдвигоустойчивости и колеустойчивости ЩМА обладает еще некоторыми другими качественными показателями, выгодно отличающими его от других составов асфальтобетона. В частности, следует обратить внимание на его повышенную выносливость, что немаловажно для продолжительного срока службы покрытий, особенно слабых и изношенных российских дорог. Ведь сегодня такие реальные сроки не превышают иногда 40–50% от проектных по действующим в России нормам и меркам.

Этому показателю (усталостная выносливость) очень серьезное внимание уделяют зарубежные дорожники и законодатели, особенно американские, голосующие за финансирование дорожных дел в стране. Поэтому в США наравне с оценкой колеустойчивости покрытия обязательно параллельно выполняют тест на усталость.

По результатам лабораторных исследований РосдорНИИ [19] усталостной выносливости российских асфальтобетонов типов ЩМА, А, Б и В на обычных традиционных битумах были выявлены различия по критерию количества изгибающих нагрузочных циклов, разрушающих образец асфальтобетона при его прогибах, соответствующих проектным нагрузкам на ось автомобиля 10, 11, 13 и более 13 т.

В итоге РосдорНИИ разработал методику по лабораторному тестированию усталостной выносливости асфальтобетонов и подготовил предложения в ГОСТ 9128 по дополнительным требованиям к ним по этому критерию.

В соответствии с этими исследованиями наибольшая усталостная выносливость оказалась присущей как раз ЩМА (100%), а вот

у асфальтобетонов типа А, Б и В при нагрузке на ось 10 т она снижается в среднем в 1,5–2 раза. И особенно низкой усталостная выносливость при нагрузке 10 т оказалось почему то у асфальтобетона типа Б (52%).

И очевидно не случайно дальновидные руководители подрядного треста СевЗапДорСтрой из Архангельска на одном из своих тамошних объектов, на которых традиционно и чаще всего верхний слой покрытия проектируется и устраивается из смеси типа Б, посчитали целесообразным уложить ЩМА вместо типа Б. И это несмотря на более высокие собственные затраты на такую замену, что оказалось финансово выгоднее, чем нести расходы на последующие более быстро наступающие ремонты покрытия из смеси типа Б. Вот бы все заказчики и подрядчики приучились делать подобные расчеты!

Тип, сорт и качество вяжущего. Прочностные и деформативные свойства асфальтобетона, а соответственно и возможность образования на покрытии пластической колеи, во многом определяется не только гранулометрическим составом его минеральных материалов, но и битумным вяжущим, входящим неотъемлемой частью в полный состав асфальтобетона. Битум по своей сути является клеем, связывающим и скрепляющим все частицы минеральных материалов, и он, к сожалению, бывает разного типа, сорта и качества, в том числе и не очень высокого, не всегда устраивающего дорожников.

Почему цементобетон по целому ряду своих деформативно-прочностных показателей (прочность при сжатии, сдвиге, растяжении, изгибе, модуль упругости и др.) примерно в 10 раз превосходит асфальтобетон, хотя у них обоих минеральные материалы (щебень, гравий, песок, отсев дробления) и их составы практически почти одинаковы? Потому, что у него (цементобетона), в отличие от асфальтобетона с его термозависимым битумным вяжущим (мягким клеем), окаменелое вяжущее (отвердевший клей) со стабильными и не зависящими ни от кого и ни чего более высокими прочностными свойствами.

В СССР, к примеру, для некоторых инженерных сооружений особого назначения были разработаны специальные цементобетонные составы, у которых окаменелое вяжущее имело прочность выше, чем у каменных их компонентов, что порождало большие затруднения при разборке и утилизации таких сооружений.

Модификация дорожного битума, а соответственно и самого асфальтобетона, полимерами, резиной или какими-нибудь другими добавками фактически является некоторой попыткой поуправлять прочностными, деформативными и реологическими свойствами вяжущего (клея) в интересующем дорожников направлении. И не исключено, что в будущем найдутся такие модификаторы или армирующие асфальтобетон материалы,

Таблица 6. Корреляция между прогнозом образования пластической колеи по лабораторному ААП шт. Джорджия и на дороге (США) [8]

Тип асфальтобетонной смеси	Необратимая деформация по тестам в лаборатор., мм	Необратимая деформация по прогнозу, мм	Необратимая деформация на дороге, мм	Ранжир (класс) по образованию колеи, (%)
ЩМА	1,1	1,7	2,5	1 (100%)
ЩМА; 12,5 мм	2,0	3,1	2,5	1 (100%)
Обычная, 19 мм	4,0	6,3	5,6	2 (224%)
Обычная, 19 мм	4,0	6,3	6,4	2 (256%)
Крупнозернистый	6,4	10,2	10,7	3 (428%)

как например, углеродные волокна, жгуты, ткани и углепластиковые стержни с выставки Rusnanotech-2010 и по некоторым сообщениям из США, при которых прочность клея и камня в составе асфальтобетона сравниваются. И тогда асфальтобетон станет еще прочнее и ценнее, что позволит устраивать дорожные покрытия из него со сроком службы 20–30 лет при отсутствии многих тех дефектов и разрушений, в том числе пластической колеи по полосе наката, которые характерны для сегодняшних дорог.

Сейчас же, видимо, наступила пора российским дорожникам разобраться, с практической точки зрения, в имеющейся многочисленной, правда разрозненной информации о поведении и службе на дороге того или иного гранулометрического типа асфальтобетона с разными вяжущими. Тем более, что такой информации, полученной на основе многолетних исследований и реального опыта в зарубежных странах и у себя в России, уже более чем достаточно, чтобы обобщить, оценить и понять, что хорошо, а что плохо, и насколько это «хорошо» или «плохо» выше или ниже у каждого типа асфальтобетона с его вяжущим. А самую объективную такую оценку можно дать только используя одновременно два критерия, наиболее часто теперь применяемых в мире для тестирования не только разных по гранулометрическому типу асфальтобетонов, но и с учетом их отличий друг от друга по содержанию типа, сорта, количества и качества вяжущего. Во-первых, это показатель деформативной колееустойчивости и, во-вторых, усталостной выносливости, дающие относительное или сравнительное представление о долговечности асфальтобетонов.

В Санкт-Петербурге и Северо-Западном президентском округе традиционно уже сложилась практика дорожников по использованию битумных вяжущих БДУС 70/100 (Кириши) и БДУ 70/100 (Ухта) для приготовления асфальтобетонных смесей различного типа и назначения, в том числе типов А, Б и ЩМА, чаще всего укладываемых в верхние слои покрытий федеральных, местных и городских дорог. Правда, иногда в небольших объемах здесь появляются битумы из Москвы, Подмосковья, Рязани и Ярославля. Постепенно начинают входить в практику применения и битумы, модифицированные разными добавками, в том числе полимерами из промышленной (Рязань) серии Альфабит компании ТНК-ВР.

Одно из передовых в Санкт-Петербурге производств асфальтобетонных смесей (АБЗ-1) выполнило интересное, большое по объему работ, важное и полезное для дорожной отрасли исследование по выявлению влияния типа вяжущего на колееустойчивость асфальтобетона типа А стандартного состава по ГОСТ 9128–97 [20].

Сама такая устойчивость определялась по евростандарту и методике EN 12697–2003 и на европейском лабораторном оборудовании WTT (Wneel Tracking Test) с предварительной формовкой асфальтобетонной тестовой плиты или полосы размером 300x300x50 мм при помощи стандартного роликового уплотнителя (Roller Compactor). Образец асфальтобетона при температуре +60 °С нагружался ходами (циклами) пневмоколеса до 20000 раз с одновременной фиксацией нарастающей глубины колеи.

В своих исследованиях АБЗ-1 использовал 12 сортов и разновидностей обычных или рядовых и улучшенных различными адгезионными добавками и модификаторами (резина, полимеры) битумных вяжущих. Отправным или базовым для сравнительного анализа оказался рядовой киришский несколько улучшенный по сравнению с прежними временами БДУС 70/100, который по своим свойствам и качеству считается дорожниками середнячком. В России битумы одной и той же марки, но выпущенные на НПЗ в разных местах, могут отличаться друг от друга.

В табл. 7, составленную по данным АБЗ-1 [20], ЗАО «ВАД» включил только 8 вяжущих, как наиболее характерных и показательных для выявления влияния типа, сорта и качества вяжущего на колееустойчивость и усталостную выносливость асфальтобетона.

Судя по результатам, приведенным в табл. 7, самый заметный эффект (уменьшение колеи в 6 раз по сравнению с киришским битумом БДУС 70/100) зафиксирован у асфальтобетона типа А на ПБВ 60 с 5% полимера и, как это ни покажется странным, на самом киришском битуме, но существенно улучшенном французским модификатором PR Plast S. Если нужно было бы составить рейтинг или ранжир вяжущих по эффективному повышению колееустойчивости асфальтобетона, как теперь это делают многие американские дорожные специалисты, то эти два вяжущих следовало бы отнести к самому высокому первому классу.

Другие четыре вяжущих (Ярославский евробитум, Ухтинский БДУ 70/100, Киришский БДУС 70/100 с резиновым модификатором Унирем и ПБВ с 3–3,5% полимера) заслужили зачисления их во второй класс условного рейтинга. У них снижение пластической колеи составляет 2–3 раза. Остальные вяжущие, в том числе сам «голый» киришский битум или «сдобренный» некоторыми адгезионными добавками, со снижением колеи в пределах до 1,5–1,7 раза логично причислить к 3-му классу.

Во второй половине аномального по жаре 2010 г. ЗАО «ВАД» было мобилизовано дорожными властями Санкт-Петербурга и дирекцией строительства КАД на ликвидацию возникшей на покрытиях колеиности избыточных размеров. Несколько отрядов дорожных машин, в состав которых входили мощные холодные фрезы, перегрузчики Shuttle Buggy, укладчики, катки и самосвалы, вместе с АБЗ практически круглые сутки срезали дефектные верхние слои покрытия и укладывали на их место новый асфальтобетон.

Такая срочная работа была выполнена на нескольких десятках километров восточного полукольца КАД и на более чем 25 городских улицах, проспектах и шоссе. Иногда при этом у рабочих и ИТР возникало некоторое непонимание и недоумение, связанные с тем, что нередко на место срезанного дефектного слоя асфальтобетона, например типа ЩМА на ухтинском битуме БДУ 70/100 укладывался свежий асфальтобетон опять же типа ЩМА и на том же ухтинском битуме. Таковой была «воля» заказчика.

Данные табл. 7 показывают, что при замене ухтинского битума на полимербитумное вяжущее (ПБВ) с 5% полимера СБС возможная глубина будущей новой колеи за любой период эксплуатации покрытия могла бы оказаться почти в 3 раза меньше, чем на ухтинском битуме. Правда, ПБВ несколько дороже других битумных вяжущих. Но зато вместо двух замен колеедефектного покрытия на ухтинском битуме потребовалась бы всего одна, если бы покрытие устроили на ПБВ. Что выгоднее, если грамотно посчитать с учетом преимуществ ПБВ почти в три раза по размеру колеи и почти в пять раз по усталостной выносливости (долговечности)?

Такой же порядок снижения (2,5–3 раза) размера колеи у ЩМА на стандартном по немецким (европейским) нормам и на специ-

Таблица 7. Влияние вяжущего на образование пластической колеи [20]

Вяжущее для асфальтобетона	БДУС 70/100 (Кириши)	БДУС 70/100 +Зазобит	Евро В65 (В 50/70, Ярославль)+Амдор10	БДУ 70/100 (Ухта)	БДУС 70/100 +Унирем (порошок резины)	ПБВ 60 (3,5% полимера)	ПБВ 60 (5% полимера)	БДУС 70/100+PR PlastS (Франция)
Показатели колеиности								
Колея (мм, %) после 20000 циклов тестового колеса при +60 °С	9,5	6,5	4,4	4,3	4,0	3,0	1,6	1,5
	100%	68%	46%	45%	42%	32%	17%	16%
Снижение размера колеи относительно БДУС 70/100, разы	-	1,5	2,2	2,2	2,4	3,1	6,0	6,3

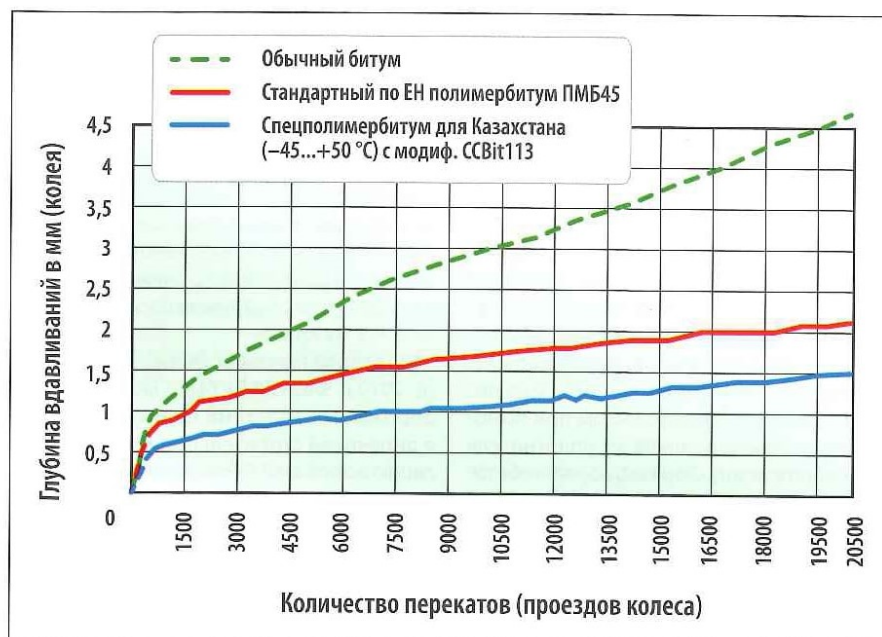


Рис. 11. Тесты в Германии на колею щебнемастичного асфальтобетона (SMA 0/85, щебень мелкий 75%, битум 7%) на разных вяжущих, в т. ч. специальном для Казахстана

альном (для Казахстана) полимербитумном вяжущем в сравнении со ЩМА на обычном немецком битуме В65 получил доктор Хутшенрейзер (г. Веймар, Германия) в своих тестах на колеюустойчивость (рис. 11). А из американских экспериментальных сравнений двух вариантов вяжущих (обычный битум и полимербитум, см. далее табл. 8) следует, что полимербитумное вяжущее увеличивает усталостную выносливость асфальтобетона или его долговечность более чем в 5 раз.

И очевидно поэтому тоже доля использования ПБВ в дорожной отрасли многих стран непрерывно возрастает и наиболее высока там, где умеют делать и считать деньги — в США (только на Аляске 50%), Германии (около 25%), Китае (около 15%). Россия же пока числится в аутсайдерах, так как применение ПБВ идет очень робко, вяло, не повсеместно и составляет всего лишь несколько процентов от общего потребления дорожных вяжущих. Но у нее, думается, в этом плане все еще впереди, если только это «впереди» не откладывать в долгий ящик.

За счет применения ПБВ в США и Канаде доля дорог в хорошем состоянии возросла с 40–43 до 75–80%. Дорожники Австрии и Германии экспериментально зафиксировали сохранение основных прочностных и эксплуатационных качеств некоторых покрытий на ПБВ даже через 15 лет после их устройства.

Особенно большой эксплуатационный эффект показывают асфальтобетоны на ПБВ в покрытиях тяжело и интенсивно нагруженных дорог типа автобанов. И неудивительно, что государственные органы стандартов стран Евросоюза обязали своих дорожников использовать ПБВ при устройстве

на таких трассах как верхних, так и нижних слоев покрытий. В Китае тоже принято подобное государственное решение относительно обоих слоев покрытий, что вызвало определенное непонимание и удивление российских дорожных специалистов, побывавших в Поднебесной.

Для России, где дорожные одежды существующих автомобильных дорог довольно слабые и потому они фактически эксплуатируются с постоянной перегрузкой, вопрос об усилении их покрытий за счет укладки асфальтобетона на ПБВ крайне важен и актуален с точки зрения повышения их усталостной выносливости или долговечности.

Упомянувшееся уже исследование РосдорНИИ [] по усталостной выносливости асфальтобетонов типа ЩМА, А, Б и В, приготовленных на обычных немодифицированных российских битумах, показало, что на этот важный эксплуатационный показатель существенным образом влияет нагрузка на ось автомобиля или величина прогиба покрытия под этой нагрузкой. Повышение осевой нагрузки всего лишь с 10 до 11 т снижает усталостную выносливость асфальтобетона в 1,6–1,7 раза, а при повышении до 13 т — в 2,5–3 раза.

Украинские исследователи [22] получили еще более удручающие данные. Если по дороге, покрытие которой из асфальтобетона типа Б на битуме БНД 90/130 спроектировано и построено под грузовые автомобили с осевой нагрузкой не более 6 т, пустить грузовики с осевой нагрузкой 10 т, то срок службы такого покрытия по экспериментальным результатам усталостной выносливости может сократиться в 2,5 раз, а при осевой нагрузке 11,5 т — почти даже в 5 раз.

Впечатляющий намек на чрезмерную расплату дорожных одежд наших автомобильных трасс за возможную их перегрузку тяжелыми грузовиками. Что делать, кому жаловаться, на кого подавать в арбитражный суд, как штрафовать водителей таких грузовиков? Или искать другие выходы?

Те же украинские специалисты попробовали заменить у асфальтобетона типа Б изначальный обычный битум БНД 90/130 на битум такой же марки, но модифицированный 3% полимерного латекса Butonal NS104, и получили экспериментальное увеличение показателя усталостной выносливости в 2 раза, т. е. такой заменой битума почти уравнили сроки службы покрытий при осевых нагрузках 6 т (БНД 90/130) и 10 т (ПБВ). А ЩМА на таком модифицированном битуме в 3,4 раз превысил усталостную выносливость асфальтобетона типа Б на обычном битуме БНД 90/130.

Качество уплотнения асфальтобетона в покрытии. Всем дорожникам мира хорошо известна казалась бы простая и почти прописная истина — прочность, деформативная устойчивость и срок службы до первых дефектов и разрушений асфальтобетона в дорожном покрытии зависят не только от его гранулометрического типа и вяжущего, но и в значительной мере от степени или качества его уплотнения.

Действующие в сегодняшних российских ГОСТах и СНиПах минимальные требования и нормы (коэффициенты уплотнения не ниже 0,98 или 0,99 в зависимости от типа асфальтобетона) на качество уплотнения нужно квалифицировать не только как просто устаревшие и безнадежно отставшие от современных реалий и тенденций, но и как наиболее вероятную и, может, даже главную причину многих наших дефектов и разрушений на асфальтобетонных покрытиях, включая массовое и быстрое появление в последнее время избыточной пластической и даже абразивной колеюности.

К тому же российская дорожная практика имеет специфическую особенность, состоящую в том, что многие наши подрядчики не желают и не стремятся уплотнить асфальтобетон выше указанных минимальных норм. А соответствующего «кнута и пряника» с организационными и экономическими мерами воздействия или даже принуждения их к высокому качеству пока в России не предусмотрено.

В нормативах зарубежных стран тоже установлена минимальная норма степени уплотнения асфальтобетона в дорожном покрытии, равная 97% от плотности переставленного в лаборатории образца с его уплотнением в приборе Маршала 50 ударами трамбовки по каждой стороне образца. Эти 97% близки к минимально требуемому нашему коэффициенту уплотнения 0,98.

Но дорожники многих стран давно поняли, что такая минимальная норма и процедура ее определения не обеспечивает надлежащей минимальной прочности и долговечности покрытия. Поэтому во многих

странах норматив 97% как минимально допустимый и обязательный остался прежним, а вот получаемую плотность в лаборатории при переформовке повысили путем замены 50 ударов в приборе Маршала на 75 и даже 100 ударов в зависимости от категории дороги (рис. 12). Правда, для дорог второстепенных и мало нагруженных допускались даже 35 ударов. И таким образом, прежние 97% стали отсчитывать от более высокой лабораторной плотности.

После всеобщей зарубежной отправки прибора Маршалла «на пенсию» с его заменой гирационным уплотнителем (СССР и Россия такую замену проигнорировали) подобное регулирование качества лабораторного уплотнения асфальтобетона выполняется за счет изменения количества вращений цилиндрической формы с горячей смесью (как правило, задается 20 или 40, а при проверке состава смеси на усталостную выносливость — и значительно большее количество оборотов гиратора, доходящее по Supergrave даже до 205).

Но еще дальше продвинулись американские специалисты, выполнившие исследовательскую программу Supergrave. Во-первых, они изменили принцип и критерий оценки качества уплотнения асфальтобетона, приняв за 100% истинную или теоретическую его плотность с нулевой пористостью (плотность по Райсу). И во-вторых, они ужесточили и повысили сами нормативы качества уплотнения — для всех типов асфальтобетона и категорий дорог степень уплотнения должна быть, с одной стороны, не менее 96% от теоретической плотности, а с другой — не более 98%, даже после 20 лет эксплуатации асфальтобетона в дороге.

Сравнение минимально требуемых норм уплотнения асфальтобетона России и Европы с этими новыми американскими стандартами (наш 0,98 соответствует 91,3% и 0,99–93,1%, а европейская норма 97% по Маршаллу — всего 91,7% по Supergrave) свидетельствует об ущербе наших стандартов для качества и сроков службы покрытий будущих российских дорог. Чтобы обеспечить 96% по Supergrave, сегодня нужно получать в покрытии наш российский коэффициент уплотнения асфальтобетона не менее 1,01–1,02, что достаточно трудно и сложно, хотя вполне реально и достижимо даже имеющимися, но современными технологическими возможностями дорожной отрасли России. Подкрепить это заключение может 8–9-летний практический опыт ЗАО «ВАД», на объектах которого качество уплотнения чаще всего как раз и соответствует такому уровню.

Конечно, такие повышенные нормативы, да еще с незначительным изменением (всего 2%) истинной пористости или степени уплотнения за 20 лет эксплуатации дороги — это очень «круто» и жестко, памятуя что за столь продолжительный срок чего только не случается с асфальтобетоном

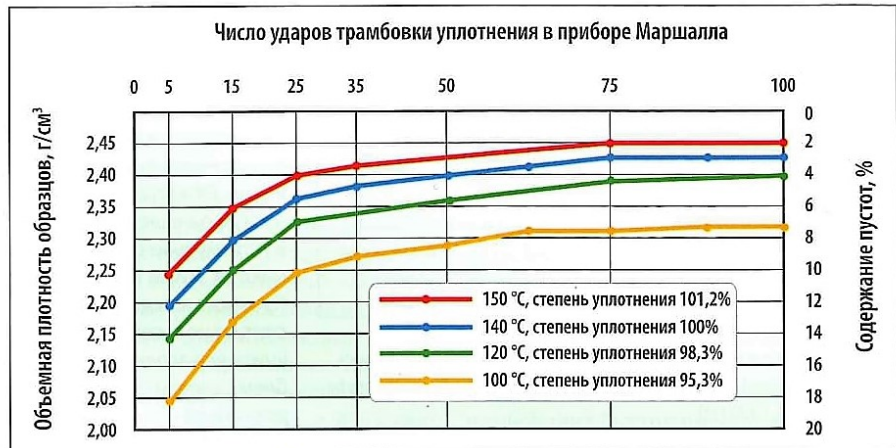


Рис. 12. Результат лабораторного уплотнения асфальтобетона 0/11 мм на битуме В65 в приборе Маршалла при различной температуре (проф. Эльк Рихтер, технологический институт г. Эрфурта, Германия)

в покрытии. Не исключено старение битума, дезинтеграция гранулометрического состава, замораживание, оттаивание, избыточное увлажнение и т. п. И все это в конечном итоге может привести к накоплению остаточной деформации за счет снижения усталостной выносливости и структурной ползучести асфальтобетона, т. е. к появлению возможной пластической колеи по полосам наката.

Правда, методикой подбора грансостава асфальтобетонной смеси по Supergrave

предусмотрена обязательная процедура лабораторной ее проверки при нормативном качестве уплотнения на деформативную устойчивость на гираторе с различными режимами нагружения, даже эквивалентными 30 млн. циклов проездов автомобиля с осевой нагрузкой 8 т.

И все же, для выявления качественного и количественного влияния степени уплотнения асфальтобетона на возможное появление на покрытии пластической колеи, в ЗАО «ВАД» по данным лабораторных те-

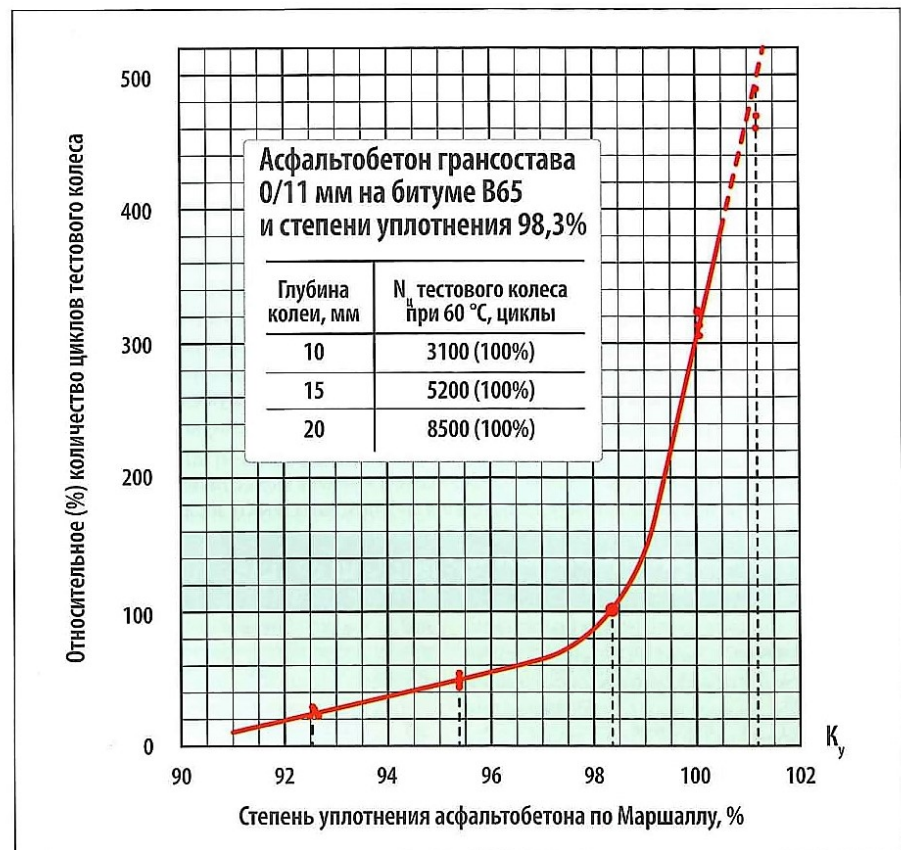


Рис. 13. Влияние качества уплотнения асфальтобетона на относительное количество нагружений тестового колеса колеемера для реализации на покрытии колеи глубиной 10, 15 и 20 мм

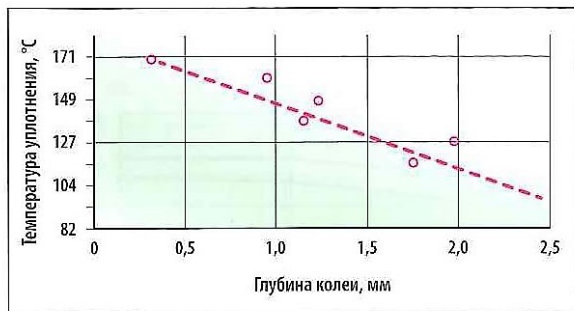


Рис. 14. Влияние температуры уплотнения (качества уплотнения) смеси Superpave 12,5 мм с ПБВ на ее колееустойчивость (тесты по прибору ААП, США) [21]

стов упоминавшегося уже в тексте немецкого проф. Эльк Рихтера (см. его рис. 12) построен показательный по наглядности обобщенный график такого влияния (рис. 13).

Из него следует, что при степени уплотнения 101,3–101,5% по Маршалу, а это близко к 96% по норме Superpave и к российскому коэффициенту уплотнения 1,01–1,02, мелкозернистого плотного асфальтобетона на обычном «голом» евробитуме В65 количество необходимых циклов нагружения тестового колеса гамбургского колеемера возрастает примерно в 5 раз по сравнению с асфальтобетоном, уплотненным только до 98,3%, что близко к российскому коэффициенту уплотнения 0,99. И это количество составит около 15000, 26000 или 42000 циклов вместо 3100, 5200 или 8500 циклов для появления на покрытии колеи соответственно 10, 15 или 20 мм.

Показанную на рис. 13 зависимость в практическом плане можно интерпретировать иначе — при более высококачественном уплотнении асфальтобетона в покрытии возможно снижение глубины колеи 10, 15 или 20 мм соответственно до размера 2–2,5; 3–3,5 или 4–4,5 мм при тех же циклах нагружения 3100, 5200 или 8500.

Вот таким потенциальным резервом в борьбе с колеиностью могут воспользоваться российские дорожники, если освоят передовую технологию высококачественного уплотнения асфальтобетонных покрытий. И не только на про-

стых битумах, но и на модифицированных.

Особенно много экспериментальных данных по колееустойчивости и усталостной выносливости накоплено в США. Объясняется это тем, что там раньше других стран и потому уже дольше занимают этими проблемами. К тому же каждый штат из 50 считает целесообразным изучить все аспекты этих проблем с учетом своей местной дорожной специфики.

Однако нужно сразу отметить, что результаты таких исследований в США разными штатами и в других странах достаточно близки и принципиальных расхождений в главных выводах и заключениях практически не выявлено.

Очень любопытные и полезные данные по колееустойчивости и усталостной выносливости разных типов и составов асфальтобетона публикует американская компания Astec Industries, Inc. [21], которая давно и довольно успешно исследует проблему гранулометрической и температурной сегрегации асфальтобетонных смесей при постройке дорожных покрытий, а ее дочерняя фирма Roadtec выпускает анти-сегрегационные перегрузчики асфальтобетонной смеси Shuttle Buggy из автосамосвала в бункер асфальтоукладчика.

И неудивительно поэтому, что специалистам Astec, интересующимся изменением свойств и показателей колееустойчивости и усталостной выносливости асфальтобетона, уплотненного при разных возможных температурах в связи с ее сегрегацией, удобнее оперировать как раз температурой, чем каждый раз результат уплотнения переводить в соответствующий показатель степени уплотнения. Ведь всем давно известно, что чем выше температура асфальтобетонной смеси при ее уплотнении, тем лучше качество по плотности. Подтверждает эту дорожную истину немецкий график на рис. 12. Более того, другой график, но уже Astec (рис. 14) показывает прямолинейную зависимость глу-

бины колеи от температуры (следует понимать от качества) уплотнения асфальтобетона на полимербитумном вяжущем.

В табл. 8 представлены результаты сравнительного анализа ЗАО «ВАД», выполненного по данным американской компании Astec [21], изучавшей влияние температуры (и соответственно качества) уплотнения асфальтобетона с обычными (-ПБВ) и модифицированными полимерами (+ПБВ) битумами на их колееустойчивость и усталостную выносливость.

Данные табл. 8 по показателям колееустойчивости и усталостной выносливости плотного мелкозернистого асфальтобетона (максимальная фракция 9,5 мм) на рядовом стандартном американском битуме без полимера (-ПБВ) и тоже плотного мелкозернистого (фракция до 12,5) на полимербитумном вяжущем (+ПБВ) с составом его смеси, подобранным по рецепту Superpave, дают основания сделать несколько выводов:

- полимербитумное вяжущее в составе асфальтобетона снижает глубину колеи в среднем в 5,7 раза по сравнению с асфальтобетоном на рядовом битуме (без ПБВ), а срок службы по критерию усталостной выносливости возрастает в 5,2 раза; эти показатели хорошо соответствуют российским данным табл. 7;
- низкая температура уплотнения асфальтобетона, служащая серьезным препятствием реализации высоких показателей его плотности и прочности, сильно отражается на размере возникающей колеи и сроке службы покрытия; например, при температуре уплотнения 93 °C (она не вошла в табл. 8) глубина колеи асфальтобетона на обычном битуме возрастает почти до 15 мм, что больше в 1,5 раза, чем при уплотнении при 116 °C и в 2,3 раза, чем при 149 °C, ну а срок службы асфальтобетона с низким качеством уплотнения уменьшается соответственно в 2 и даже в 11 раз;
- разность температуры уплотнения асфальтобетонного покрытия на строительстве дороги всего в 20–22 °C, что иногда можно наблюдать в реальной практике и что чаще всего обусловлено температурной сегрегацией горячей смеси по площади устраиваемого покрытия, приводит к неравномерному качеству уплотнения покрытий, которое становится причиной появления при эксплуатации дорог не только локальных неровностей или даже местных разрушений покрытий, но и возрастания глубины колеи по полосам наката в 1,5–1,7 раза и снижения срока службы покрытий по критерию трещиностойкости почти в 2 раза; причем все это справедливо как для асфальтобетонов на обычном, так и на модифицированном битуме: вот почему все 14 асфальтобетонных укладочных отрядов машин ЗАО «ВАД» всегда используют американскую анти-сегрегационную технологию Shuttle Buggy, а почти в 30 штатах самих США применение такого перегрузчика горячей смеси из автосамосвала в бункер укладчика является обязательным.

На сегодняшний день основным направлением борьбы дорожников с колеиностью

Таблица 8. Результаты сравнительного анализа ЗАО «ВАД» данных компании Astec [21] по влиянию температуры (или качества) уплотнения на колееустойчивость и усталостную выносливость асфальтобетонов

Температура уплотнения асфальтобетона лабораторным гиратором		149 °C	138 °C	127 °C	116 °C	Среднее значение отношений
Колееустойчивость асфальтобетона по прибору ААП (глубина колеи l_k)	l_k (-ПБВ), мм	6,38	6,16	8,48	9,50	-
	l_k (+ПБВ), мм	1,13	0,91	2,0	1,55	-
	отношение $\frac{l_k(-ПБВ)}{l_k(+ПБВ)}$, %	565	677	424	612	570%
Усталостная выносливость по количеству циклов нагружения до появления трещины, n_u	n_u (+ПБВ)	172390	79146	71094	51800	-
	n_u (-ПБВ)	46718	19690	10600	8010	-
	отношение $\frac{n_u(+ПБВ)}{n_u(-ПБВ)}$, %	369	402	671	647	522%

асфальтобетонных покрытий является повышение деформативно-прочностных свойств и усталостной выносливости материалов покрытий. А в практическом плане дорожники большинства стран мира в качестве наиболее эффективных средств или мер остановили свой выбор на щебнемастичном асфальтобетоне (ЩМА) и полимербитумном вяжущем (ПБВ). Обоснованность такого выбора подтверждает настоящий анализ. Правда, эти материалы более дорогие, чем щебенистые смеси типов А и Б и рядовой дорожный битум. И чтобы дорожнику не оказаться в положении скупого, который, как известно по поговорке, платит дважды, приходится мириться с некоторым повышением стоимости строительных слоев покрытий. Но зато взамен снижается их колейность и возрастает срок службы. Технический прогресс бесплатным не бывает, в том числе и в дорожной отрасли.

Однако техническую и экономическую эффективность использования ЩМА и ПБВ, как впрочем и других типов асфальтобетона и вяжущих, можно заметно повысить, если в борьбу с колейностью включить на все 100% и третьего участника научно-технического прогресса, а именно высококачественное уплотнение асфальтобетона до уровня норм например, Supergrade, что убедительно показано графиками на рис. 13 и 14, а также в табл. 8.

Первые опытно-экспериментальные внедрения и использования ЩМА в России сопровождались технологическими указаниями некоторых зарубежных и отечественных специалистов о несложной и довольно простой процедуре уплотнения ЩМА в покрытии. Требуется якобы всего лишь прикатать его несколькими проходами одного или двух статических гладковальцовых катков, исключив из укатки пневмоколесные и вибрационные модели.

Но, к сожалению, практика эксплуатации таким образом укатанных покрытий из ЩМА стала сопровождаться появлением на них колейности, чего, казалось бы, не должно быть. А на одном из довольно протяженных участков восточного полукольца КАД Санкт-Петербурга полосы наката двух крайних левых скоростных полос движения автомобилей оказались за короткий срок сдеформированными, а местами даже полностью изношенными длинными языками до самого нижнего слоя покрытия. Наиболее вероятной причиной быстрого появления этого дефекта могло стать низкое качество уплотнения.

В ЗАО «ВАД» такую операцию выполняют по старой традиционной технологии статического уплотнения асфальтобетона тремя разными катками (легкий, средний, тяжелый), каждый из которых подбирается по соответствующему индексу контактных давлений вальцов сообразно типу смеси, ее температуре и толщине уплотняемого слоя. При общем количестве проходов всех трех катков 22–24 по одному месту необходимое качество укатки получается вполне приемлемым и соответствующим нормативным тре-

бованиям для всех типов асфальтобетонных смесей, включая ЩМА. Хотя для этого типа смеси в наших СНиПах и ГОСТах, в том числе для щебеночно-мастичных асфальтобетонных ГОСТ 31015–2002, норм на качество его уплотнения нет. Это очевидное упущение разработчиков ГОСТа.

Есть, правда, норма на показатель остаточной (истинной) пористости в пределах от 1,5 до 4,5% для II и III дорожно-климатических зон. При переводе этих пределов в степень уплотнения ЩМА относительно максимальной возможной или предельной ее плотности с нулевой пористостью (плотностью по Райсу) оба полученных значения 95,5 и 98,5% оказываются по ГОСТу приемлемыми и допустимыми для дорожного покрытия. Какая-то бессмысленная вольница, ибо при двух таких показателях степени уплотнения покрытие из ЩМА будет обладать совершенно разными деформативно-прочностными свойствами и сроками службы. Здесь нужно навести должный порядок. При наведении такого порядка нельзя следовать некоторым предложениям и призывам отказаться от плотности (степени или коэффициента уплотнения) как показателя качества упаковки частиц асфальтобетонной смеси, используя для этого только показатель остаточной (истинной) пористости, как это практикуется, например, в Финляндии и других странах и как это случилось с российским ЩМА.

Ущербность такого подхода состоит в том, что уменьшить остаточную пористость асфальтобетона можно либо более интенсивным его уплотнением (более плотная упаковка частиц смеси), либо путем добавки небольшой порции битума.

В США иногда подрядчики, с учетом оплаты в некоторых штатах законченных асфальтобетонных работ по показателю остаточной пористости, так и регулировали значения этого показателя за счет битума, а не путем более тщательного и интенсивного уплотнения катками.

В результате на такого рода покрытиях довольно быстро и в больших размерах появлялась колей. Очевидно поэтому в новых нормах Supergrade присутствуют и плотность, и пористость.

Температура нагрева асфальтобетона в покрытии. Основным недостатком асфальтобетона, как наиболее важного дорожностроительного материала, является существенная зависимость его прочности и деформативной устойчивости от температуры. При ее повышении вязкость битума в асфальтобетоне понижается, связи между минеральными частицами слабеют, что и приводит к снижению прочности и к росту деформаций покрытия под колесами автомобилей. в том числе в виде пластической колей по полосам наката. Многие россияне давно уже обратили внимание на слишком глубокие волнообразные неровности и вмятины на асфальтобетонных покрытиях городских остановок общественного транспорта (автобусы, троллейбусы). Но особенно

они впечатляют и удивляют на освещаемых дневным летним солнцем конечных стоянках маршрутных микроавтобусов типа «Газель», которые в ожидании своих пассажиров стоят без движения с десятков и более минут.

Это классическое проявление процесса ползучести (медленное, пластическое деформирование материала с накоплением остаточной деформации) слабого после природного избыточного нагрева асфальтобетона, даже под колесами незначительно нагруженного микроавтобуса.

Нечто подобное происходит и на обычной дороге с той лишь разницей, что время воздействия быстро проезжающего автомобиля значительно меньше, чем у микроавтобуса. Поэтому и величина деформации ползучести в этом случае существенно меньше. Но таких автомобилей на дороге может оказаться сотни, тысячи или даже больше. Суммарное накопление деформаций от каждого из них превращается в солидную колею на полосе наката покрытия.

Главной виновницей колейности в этом случае является температура нагрева асфальтобетона в покрытии. Но дорожники еще бессильны управлять температурными природными процессами. Единственный, кто отважился сnivelировать образование температурной колей на дорогах Белоруссии, оказался ее Президент, запретивший в дневное летнее время движение тяжелых груженых «фур» в сторону России и Европы, перенеся его на ночной период суток.

Экспериментальное изучение колейности асфальтобетона выполняется во всем мире при достаточно высокой принятая всеми дорожниками температуре +60 °С. В составленной в ЗАО «ВАД» табл. 9 представлены тестовые результаты украинских исследователей по выявлению влияния температуры асфальтобетона типа Б с битумом БНД 90/130 или БНД 60/90 на его сопротивление образованию пластической колей.

Если глубину колей при стандартной для тестов температуре +60 °С принять за 100%, то при +50 °С возникшая колей будет в среднем около 65% (от 60 до 70%), но стоит только асфальтобетону нагреться на солнце до +65 °С (всего-то на 5 °С больше стандартной температуры), как сразу глубина колей возрастает более чем в два раза. Очевидно, такой вариант целесообразно и нужно считать форс-мажорным, так как превышена стандартная или нормативная для испытаний асфальтобетона его температура, и глубина самой колей резко увеличилась, в том числе превысив видимо допустимую ее величину по критерию безопасности движения автомобилей в аномально жаркое лето 2010 г. в Европейской части России. Подобного негативного сценария развития колейности покрытия в неблагоприятных погодных условиях летнего периода, аналогичного 2010 г., можно было бы избежать, если бы само покрытие было устроено из той же смеси типа Б, но не с использованием обычного рядового битума БНД 90/130 или БНД 60/90

Таблица 9. Влияние T °C покрытия (а / б типа Б) на размер колеи (Украина) [11]

T °C	+25		+45		+50		+60		+65	
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%
5	0,95	19	2,7	55	3,5	71	4,9	100	11,7	239
10	1,05	14	3,7	49	4,8	65	7,6	100	16,5	217
15	1,15	12	4,4	44	6,2	63	9,9	100	21	212
20	1,35	11	5	42	7,1	60	11,9	100	25	210
среднее	-	14%	-	48%	-	65%	-	100%	-	220%

(температура размягчения 47 или 49 °C), а на том же, но модифицированном полимером СБС более теплоустойчивом битуме (температура размягчения 63–65 °C с повышением когезии в 1,7–2,4 раза по сравнению с БНД 90/130 или БНД 60/90) [23].

Заключение

России нет смысла и времени изобретать или искать свой путь борьбы с колеиностью и другими дефектами и разрушениями асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. Наша дорожная отрасль обречена на использование имеющихся в этом отношении научно-технических разработок собственных и других стран. Это как раз тот путь, который дорожные чиновники любят называть инновационными. Другого пути существенно повысить качество и сроки службы наших дорог нет.

Наглядным и поучительным примером может служить Китай, чья дорожная отрасль преобразилась, именно встав на такой путь и поэтому добилась в последние годы впечатляющего прогресса.

Что касается практической конкретики, то наиболее ощутимое снижение колеиности тяжело нагруженных и интенсивно эксплуатируемых федеральных и некоторых городских дорог можно ожидать от использования ЩМА и ПБВ в верхних слоях их покрытий при высококачественном уплотнении (на уровне коэффициентов не ниже 1,01–1,02). На таких покрытиях будет заметно меньше и абразивная колея их износа шипованными колесами. Перспектива применения ПБВ в любых гранулометрических составах асфальтобетонных смесей и даже для приготовления дорожных эмульсий не вызывает сомнений и возражений вследствие возможности одновременного обеспечения асфальтобетону и покрытию более высоких показателей температурной трещиностойкости, теплостойкости, сдвигоустойчивости, усталостной выносливости и, в конечном итоге, более продолжительных сроков службы. И самое удивительное состоит еще и в том, что в борьбе с колеиностью покрытий как бы параллельно позитивно и довольно успешно решается судьба и других таких дефектов и разрушений на дорогах, как шелушение, выкрашивание, выбоины и ямочность.

Конечно, речь не идет о всеобщем повсеместном использовании ЩМА и ПБВ чуть ли

не на всех российских дорогах. Для повышения колеестойкости и сроков службы других категорий и назначений дорог (территориальные, местные) целесообразно рациональное и дифференцированное применение иных типов щебенистых смесей (типа А, Б) на обычных, но улучшенных битумах. Их потенциальные возможности по деформативно-прочностным свойствам, особенно при высококачественном уплотнении, еще полностью не раскрыты и не использованы.

Не следует также упускать из виду и острую необходимость вести планомерную работу по существенному усилению слабых дорожных одежд имеющейся сети дорог, которые во многих случаях являются источниками избыточной колеиности и разрушений покрытий. Для этого есть накопленный опыт и современные технологические возможности.

Литература

1. Справочник инженера-дорожника. Содержание и ремонт автомобильных дорог. Транспорт. М., 1974, 398 с.
2. Отчет ОАО «Асфальтобетонный завод № 1» по результатам исследования причины колеиности дорожного участка ПК512-ПК-585 Кольцевой автомобильной дороги вокруг Санкт-Петербурга. 2008, 20 с.
3. Беляев Н. Н., Петушенко В. П. С колеиностью можно бороться. Ж. «Дорожная держава», № 24, 2010, с. 46–48
4. Матуа В. П. Исследование напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций с учетом их неупругих свойств и пространственного нагружения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. МАДИ, М., 2002, 39 с.
5. Матуа В. П. Исследование динамики накопления остаточных деформаций в дорожных одеждах в региональных условиях Южного Федерального округа. Сборник научных трудов. Проектирование автомобильных дорог. МАДИ, М., 2009, с. 164–173
6. Матуа В. П., Чирва Д. В. и др. Комплексный подход к решению проблемы колеестойкости на федеральных автомобильных дорогах Российской Федерации. Сборник научных трудов Второго Всероссийского Дорожного Конгресса. МАДИ, М., 2010, с. 174–180
7. Костельов М. П. Технология холодного ресайклинга способна быстрее, дешевле и больше ремонтировать покрытий на до-

рогах России. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии», 2004, с. 98–102

8. Дон Брок Дж., Коллинс Р., Линн С. Технический документ T-137 Astec Industries Inc. Тестирование эксплуатационных качеств асфальтового покрытия при помощи Анализатора Асфальтового Покрытия (ААП). Шт. Джорджия, США, 1995, 10 с.

9. Золотарев В. А. Разжалованный Маршалл. Ж. «Автомобильные дороги», № 7 (920), 2008, с. 129–132

10. Поздняков М. К., Быстров Н. В. Зарубежный опыт оценки сдвигоустойчивости асфальтобетона. Сборник статей и докладов Ассоциации Исследователей Асфальтобетона. МАДИ. М., 2009, с. 7–17

11. Мозговой В. В., Онищенко А. Н. и др. Экспериментальная оценка устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию колеиности. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии», 2010, с. 114–128

12. Жданюк В. К., Даценко В. М. и др. Устойчивость асфальтобетонов к накоплению деформаций в виде колеи. Ж. «Мир дорог», № 39, апрель 2009, с. 62–63

13. Руденский А. В. Дорожные асфальтобетонные покрытия. Изд. «Транспорт», М., 1992, 253 с.

14. Быстров Н. В., Поздняков М. К. Европейские стандарты на дорожные и аэродромные асфальтобетоны. Ж. «Автомобильные дороги», № 11 (948), ноябрь 2010, с. 35–37

15. Жайлович И. Л., Ярошенко В. Н. Совершенствование методов оценки механических свойств асфальтобетона. Ж. «Наука и техника в дорожной отрасли», № 44, 2008, с. 23–29

16. Костельов М. П. Уплотнению асфальтобетона требуется обновление дорожных катков. Технологические заметки, размышления, прогнозы. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии», 2003, с. 12–22

17. Золотарев В. А. Фундаментальные показатели линейного вязко-упругого деформирования асфальтобетона. Ж. «Наука и техника в дорожной отрасли», № 3, 2010, с. 24–27

18. Горелышев Н. В. асфальтобетон и другие битуминозные материалы. Учебное пособие. Можайск-Терра. М., 1995, 176 с.

19. Горелышева Л. А., Штромберг А. А. Оценка усталостной долговечности асфальтобетонных покрытий. Ж. «Наука и техника в дорожной отрасли», № 1, 2009, 176 с.

20. Широкова Т. С. Средство от колеи. Ж. «Дорожная держава», спецвыпуск «Передовые технологии», 2010, с. 38–39

21. Дон Брок Дж., Джейкоб Г. Температурная сегрегация как причина разрушения асфальтового покрытия. Технический документ T-134. США Astec Industries, Inc. 9с.

22. Мозговой В. В., Онищенко А. Н. Влияние полимерных латексов на долговечность асфальтобетонных слоев. Сб. статей и докладов «Ассоциации исследователей асфальтобетона», МАДИ, М., 2009, с. 66–78

23. Золотарев В. А. Битумы, модифицированные полимерами, и асфальтополимербетоны. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии», 2009, с. 88–95.