

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2018, №3, Том 5 / 2018, No 3, Vol 5 <https://t-s.today/issue-3-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/06SATS318.pdf>

DOI: 10.15862/06SATS318 (<http://dx.doi.org/10.15862/06SATS318>)

Статья поступила в редакцию 19.06.2018; опубликована 07.08.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Мевлидинов З.А., Левкович Т.И., Билько А.Е. Обеспечение сдвигоустойчивости асфальтобетонных смесей в покрытиях автомобильных дорог // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №3, <https://t-s.today/PDF/06SATS318.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/06SATS318

For citation:

Mevlidinov Z.A., Levkovich T.I., Bilcko A.E. (2018). Ensuring the shear resistance of asphalt mixtures in the pavement of highways. *Russian journal of transport engineering*, [online] 3(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/06SATS318.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/06SATS318

УДК 625.855

Мевлидинов Зелгедин Алаудинович

ФГБОУ «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: zelgedinm@yandex.ru

Левкович Татьяна Ивановна

ФГБОУ «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: tilevkovich@mail.ru

Билько Анастасия Евгеньевна

ФГБОУ «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Студентка
E-mail: bilcko.anastasia@yandex.ru

**Обеспечение сдвигоустойчивости
асфальтобетонных смесей в покрытиях
автомобильных дорог**

Аннотация. Изучая состояние вопроса по сдвигоустойчивости асфальтобетонных смесей в покрытиях дорожных одежд, авторами статьи был произведен обзор имеющейся в настоящее время технической нормативно-справочной литературы.

Также было проведено обследование состояния улиц города Брянска и автомобильных дорог Брянской области путем измерения глубин колеи и наплывов. Проведены испытания асфальтобетонных образцов в лабораторных условиях с учетом скорости деформирования, температуры и напряженно-деформированного состояния с использованием прибора, изготовленного на кафедре «Автомобильные дороги» Брянского государственного инженерно-технологического университета. В качестве добавок в асфальтобетонную смесь вводили: резиновую крошку от использованных покрышек колес автомобилей, технический углерод (в виде порошка) и дивинилстирольный термопласт.

Проведенные исследования на образцах асфальтобетонной смеси с использованием дивинил-стирольного термопласта (ДСТ) показали, что при увеличении содержания полимера

с 2 до 5 % произошло некоторое увеличение прочности асфальтобетона на растяжение в 1,06...1,16 раза при 0 °С (меньшее значение соответствует меньшему количеству ДСТ). Прочность при сжатии при температуре «плюс» 50 °С увеличилась в 1,04...1,08 раза и модуль остаточной деформации при «плюс» 50 °С увеличился в 1,18...1,23 раза. В целом с увеличением содержания ДСТ с 2 до 5 % сдвигоустойчивость повысилась почти 1,27 раза (при введении в смесь 5 % ДСТ сверх массы битума).

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что для уменьшения воздействия сдвигающих напряжений в асфальтобетонные смеси необходимо вводить модифицирующие добавки, от наличия добавок, а также от качества каменного заполнителя, битума и других материалов зависят свойства асфальтобетона. При введении определенных добавок (ДСТ, технического углерода, резиновой крошки) сдвигоустойчивость асфальтобетона повышается.

Ключевые слова: автомобильные дороги; обследование; асфальтобетонная смесь; колеи; наплывы; прибор; температура; испытания; сдвигоустойчивость; добавки; дивинилстирольный термоэластопласт; технический углерод; резиновая крошка; прочность

Введение

После строительства при эксплуатации автомобильных дорог и городских улиц на их дорожные одежды воздействует ряд факторов. От их влияния зависит состояние самих дорожных одежд и верхних слоев – слоев покрытий. В дорожном строительстве наиболее актуальной задачей является обеспечение сдвигоустойчивости асфальтобетонных смесей дорожных одежд, особенно при росте интенсивности проезда по дорогам утяжеленных транспортных средств (грузеных фур) [1-3].

Целью данной проведенной исследовательской работы, явилось: изучение теоретического и практического состояния вопроса сдвигоустойчивости асфальтобетонных смесей в покрытиях дорожных одежд, обследование участков асфальтобетонных покрытий городских улиц городов: Брянска, Клинцов, Красного Рога, Унечи, Суража и автомобильных дорог Брянской области, проведение лабораторных экспериментальных исследований с оценкой состава используемых дорожными организациями смесей и назначением рецептов.

Методы

Авторы работы – преподаватели и студенты кафедры «Автомобильные дороги» Брянского инженерно-технологического университета. Совместно со студентами, начиная с 2006 года мы заняты проблемой сдвигоустойчивости асфальтобетонных смесей в покрытиях дорожных одежд. Вели хозяйственную научно-исследовательскую работу по данной теме. Проводили многократные обследования состояния дорог, начиная с весеннего периода и заканчивая глубокой осенью.

В 2006 году нами были обследованы многие улицы города Брянска. Неоднократно выезжали в другие города Брянской области. Нами было обследовано состояние покрытий улиц в этих городах, а также покрытий дорог вне населенных пунктов.

Три года назад летом в течение месяца нами были обследованы в городе Клинцы более 100 км покрытий городских улиц. Два года назад обследовали состояние покрытий улиц города Карачева и населенного пункта городского типа Красный Рог. Помимо состояния асфальтобетонных покрытий нами изучались вопросы безопасности движения в этих городах и населенных пунктах.

В конструкцию дорожной одежды автомобильной дороги обычно входит несколько слоев оснований и один-три слоя покрытия.

В настоящее время в качестве материала для оснований дорожных одежд традиционно используют: песок (из него выполняют дренирующий слой), щебень изверженных или осадочных пород (он создает устойчивый каркас дорожной одежды), грунт, укрепленный различными вяжущими (органическими, неорганическими, комплексными) с добавками различных активизирующих веществ, отходы промышленности (шлаки, золы уноса) и т. п.

Для устройства покрытий автомобильных дорог и городских улиц в основном используют: асфальтобетонные смеси разных типов, марок и составов; цементобетонные смеси; щебеночно-мастичные, полимербетонные и пластбетонные смеси. Каждый из перечисленных материалов имеет свои достоинства и недостатки.

В Брянске и Брянской области при строительстве городских улиц и автомобильных дорог наиболее распространенным материалом для покрытий до сих пор служат плотные и пористые асфальтобетонные смеси. В последние годы (2015...2018) начали использовать щебеночно-мастичные смеси. Щебеночно-мастичные смеси готовят на асфальтобетонных заводах города Почеп и в поселке городского типа Сельцо Брянской области. Плотные горячие мелкозернистые смеси используют для строительства верхнего слоя двухслойного асфальтобетонного покрытия, пористые – для нижнего слоя. Щебеночно-мастичные смеси используют только в верхнем слое покрытия.

Через Брянскую область проходит граница между второй и третьей дорожно-климатическими зонами. Технические условия проектирования состава асфальтобетонных смесей для этих зон различны. В летний период, особенно в жаркую погоду днем, верх асфальтобетонного покрытия в Брянске и Брянской области обычно нагревается до «плюс» 70...90 °С. Максимальная температура держится несколько часов (с 12 часов до 16 часов дня), но и этого бывает достаточно для появления колеи и наплывов при интенсивном движении. При нагреве асфальтобетон размягчается. Асфальтобетон обладает термопластичностью за счет органического вяжущего – нефтяного битума и может накапливать необратимые остаточные деформации сдвига под действием многократных транспортных нагрузок. Минеральный порошок, особенно активированный, является вторым составляющим вяжущего. Он увеличивает плотность асфальтобетонной смеси за счет заполнения пор и пространств между отдельными щебнями в смеси. Сдвигоустойчивые асфальтобетонные смеси можно получить, используя современные модифицирующие добавки [3, 4]. Добавки разнообразны по составу.

При движении грузового транспорта летом на разогретом асфальтобетонном покрытии некоторых автомобильных дорог города Брянска и области образуются колеи намного превышающие допустимые значения, в некоторых местах глубина колеи достигает 70 мм.

На асфальтобетонных покрытиях, особенно в местах торможения и набора скорости автотранспортом в черте городов и в населенных пунктах (у светофоров, пешеходных переходов) обычно образуются глубокие колеи и волнообразные наплывы. Вне населенных пунктов колеи образуются обычно по полосам наката, особенно на просадочных грунтах земляного полотна (участок дороги длиной 5 км между городом Почеп и поселком городского типа Красный Рог). Типичные колеи на полосе наката представлены на рисунках 1, 2. Попав в такую колею, колесо автомобиля выбирается оттуда с трудностью.



Рисунок 1. Типичная колея на полосе наката вне населенного пункта (фото авторов)



*Рисунок 2. Типичная колея на полосе наката
возле поселка Толмачево Брянской области (фото авторов)*

Особенно хорошо видны колеи и все неровности на дорогах в дождливую погоду. В такое время опасно ходить даже по тротуару, так как проезжающие машины могут обдать

пешехода потоком грязи. Состояние проезжей части после дождя улицы Ромашина Советского района и улицы Маяковского Бежицкого района представлены на рисунках 3, 4. Эти улицы расположены в частном секторе жилых кварталов города Брянска.



*Рисунок 3. Состояние проезжей части после дождя
улицы Ромашина Советского района города Брянска (фото авторов)*



*Рисунок 4. Состояние проезжей части после дождя
улицы Маяковского Бежицкого района города Брянска (фото авторов)*

Для устранения образования колеи и наплывов асфальтобетонных покрытий Брянские дорожные организации принимают соответствующие меры: фрезеруют появившиеся колеи,

армируют полосы наката геосинтетической сеткой и по ней укладывают новый слой из асфальтобетонных смесей.

На участках с наибольшей интенсивностью используют щебеночно-мастичные смеси, тем самым увеличивают сдвигоустойчивость покрытия на полосах наката.

Изучением процесса сдвигоустойчивости асфальтобетонных смесей и разработкой рекомендаций по устранению наплывов и колеиности в нашей стране и за рубежом занимались и занимаются многие ученые.

В технической литературе [5-9], посвященной этой теме, указано, что величина остаточных деформаций в покрытии обуславливается реологическими свойствами асфальтобетона.

В научных трудах ученых [2, 4, 8] приведены типичные зависимости скорости необратимого деформирования при сдвиге от величины прикладываемых напряжений, а также зависимости сопротивления сдвигу от скорости сдвигового деформирования асфальтобетонов различных типов.

Реологический тип органического вяжущего оказывает влияние на сопротивление асфальтобетона сдвигу. Это видно из зависимостей показателя сцепления при сдвиге C_{50} от градиента скорости сдвига. Для увеличения сдвигоустойчивости нужно использовать полимерно-битумные вяжущие и битумы марок БНД. Они оказывают более высокое сопротивление сдвигу при малых скоростях и меньшее сопротивление при больших скоростях сдвига, если их сравнивать с битумами марок БН [2, 4].

В дорожном покрытии скорость необратимого деформирования асфальтобетона установить практически невозможно. Но её легко увязать с суммарным временем действия сдвигающих усилий колес. Задаваясь значением остаточной деформации, можно сделать вывод, что скорость необратимого сдвига будет обратно пропорциональна времени действия нагрузки, обуславливающей заданную остаточную деформацию.

В лабораторных условиях экспериментальные закономерности деформирования асфальтобетона, а используя их, можно прогнозировать суммарную остаточную деформацию покрытия от действия заданного числа проходов расчетных автомобилей [4].

Оценивая и нормируя сдвигоустойчивость асфальтобетона, ориентируются на правильный выбор максимальной расчетной температуры. Она наиболее опасна при условии образования колеи [3].

Учитывать изменения интенсивности движения по годам, месяцам, дням, неделям и даже часам суток позволяют современные компьютерные технологии. Также они могут учитывать изменения температуры и реологических свойств конструктивных слоев с использованием битума.

Численные методы [метод конечных элементов (МКЭ) и метод граничного элемента (МГЭ) для решения интегральных уравнений] сделали возможным решение самых сложных задач для самых сложных физических и технических моделей. Получаемые результаты с использованием численных методов подтверждаются практикой [4].

Результаты обследования улиц и автомобильных дорог

Как указывалось выше, нами было обследовано несколько улиц города Брянска, Клинцов, Красного Рога, Унечи, Суража, а также некоторые дороги Брянской области.

Для измерения глубины колеи, высоты наплывов и оценивания ровности поверхности дорожных слоев использовали трехметровую инвентарную облегченную рейку и рейку «Кондор». Размеченная на участки по 0,5 м, она позволяет измерять ровность поверхности покрытия в продольном направлении. При укладке рейки в поперечном направлении удобно измерять колею с помощью металлических клин-промерников (прямоугольных треугольников с нанесенной на верхнюю часть шкалой). Измеренные просветы служат оценкой степени колеюности и ровности поверхности асфальтобетонных покрытий.

Колеюность обследовалась в городе Брянске на улицах: Ромашина, Маяковского, Советской, Фокина, Авиационной, Красноармейской, Крахмалева, Костычева и других. Основные данные результатов обследований этих улиц показали, что колеюность на улице Советской (остановка «Детская больница») колеблется в пределах от 6 до 40 мм; на улице Фокина (остановка «Улица Тютчева») – от 8 до 47 мм; переулок Трудовой (остановка Стадион) – от 12 до 16 мм; проспект Ленина (остановка «Площадь Революции») – от 4 до 10 мм. Хотя двухслойное асфальтобетонное покрытие проспекта Ленина при проведении реконструкции 7 лет назад было армировано геосеткой. Внешний вид проспекта Ленина представлен на рисунке 5.

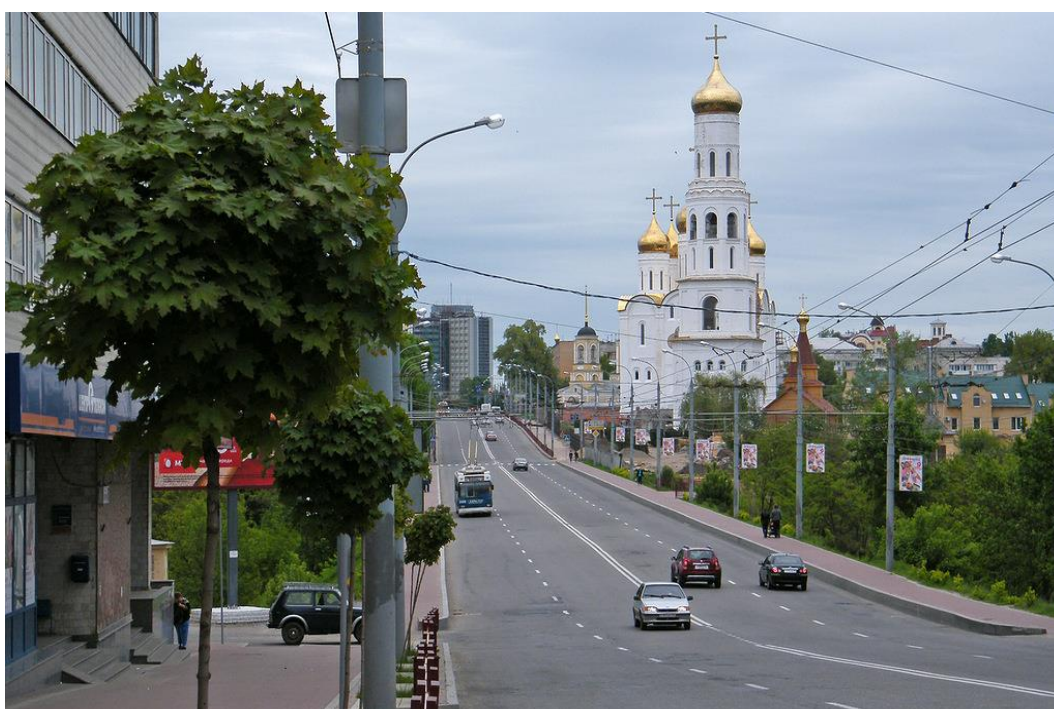


Рисунок 5. Внешний вид проспекта Ленина (фото авторов)

Для изучения состава асфальтобетонной смеси, используемой дорожными организациями в слоях дорожной одежды, и проведения контроля за толщиной уложенных на нескольких поперечниках улиц города Брянска и автомобильных дорогах Брянской области были специально отобраны керны и вырубки. Была определена толщина асфальтобетонного покрытия на дне и гребне колеи. На дне колеи толщина асфальтобетона была значительно меньше, чем на гребнях выпора, на ровном покрытии высота смежных кернов в поперечнике была одинаковой.

Доставленные в лабораторию кафедры «Автомобильные дороги» Брянского инженерно-технологического университета (БГИТУ) керны и вырубки подвергли испытаниям. В лаборатории от вырубок были отобраны образцы размерами 4х6 (см) в количестве по два с каждой вырубкой. Остатки вырубок были измельчены, разогреты и переформованы в образцы

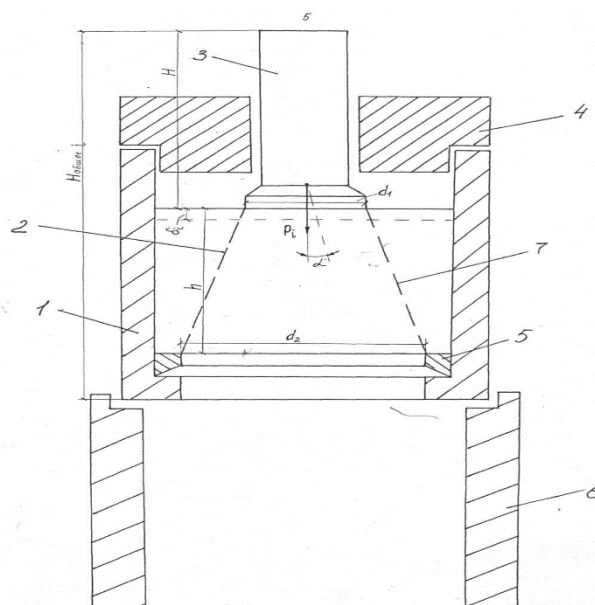
цилиндрической формы под нагрузкой 8 т в течение 3 мин. Высота переформованных образцов находилась в пределах 49...51 мм, диаметр равнялся 51 мм (рисунок 6).

После определения состава смеси определили ее сдвигоустойчивость. В качестве критерия сдвигоустойчивости приняли прочность при сдвиге.



Рисунок 6. Образцы, подготовленные к испытанию (фото авторов)

Для испытаний использовали специальный прибор (рисунок 7), изготовленный на кафедре.



1 – форма-цилиндр (камера прибора); 2 – образец; 3 – штамп; 4 – направляющая втулка; 5 – упорное кольцо; 6 – подставка; 7 – образующая поверхности сдвига

Рисунок 7. Прибор по определению сдвигоустойчивости (разработан авторами)

Камерой прибора служит форма-цилиндр. В нее вставляется готовый образец из асфальтобетонной смеси или укладывается приготовленная асфальтобетонная смесь. Готовый образец вставляют в прибор, устанавливая на поверхность образца втулку. После этого прибор устанавливают на нижнюю плиту пресса (строго по центру) и прилагают нагрузку до разрушения образца. Показания нагрузки снимают со шкалы пресса.

Если используется смесь, то ею наполняют форму-цилиндр, предварительно уплотняя смесь. Для того, чтобы смесь не просыпалась используют подставку. Через определенный промежуток времени (сутки) прикладывают разрушающую нагрузку, пользуясь прессом.

Образующаяся поверхность сдвига имеет площадь нижней части формы-цилиндра в виде усеченного конуса. После разрушения измеряют угол скола образца и величину уменьшения высоты образца. Используя усилие нагружения, по формулам вычисляют напряжение сдвига; относительную деформацию сдвига образца и сдвигоустойчивость испытываемого асфальтобетона.

Нагружают образец при испытании с постоянной скоростью деформирования и через заданные промежутки времени измеряют прилагаемую нагрузку – усилие нагружения и деформацию сдвига образца. Испытание заканчивают при достижении максимальной нагрузки, то есть когда образец разрушается (рисунок 8).



Рисунок 8. Испытание образцов (фото авторов)

Проведя испытания по указанной выше методике, нами были определены ряд показателей.

Используя усилие нагружения, по формуле (1) вычисляли (τ) напряжение сдвига:

$$\tau = (z \cdot P \cdot \cos \alpha) / \pi \cdot h \cdot (d_1 + d_2), \quad (1)$$

где: P – прилагаемая разрушающая нагрузка (усилие нагружения), Н; $\pi = 3.14$; h – высота образца, м; d_1 – диаметр штампа, м; d_2 – внутренний диаметр упорного кольца основания, м;

α – угол, образуемый поверхностью сдвига и направлением прилагаемого усилия (рисунок 7), град.

Полученные результаты испытания образцов выявили взаимосвязь между глубиной колеи в асфальтобетонном покрытии и показателями сдвигоустойчивости асфальтобетона, полученными в лабораторных условиях.

Более глубокая колея образовалась в тех местах, где обнаружен более пластичный асфальтобетон с повышенным содержанием битума и соответственно меньшими показателями водонасыщения, коэффициентом внутреннего трения и сцепления при сдвиге. Причем коэффициент внутреннего трения асфальтобетона в большинстве случаев оказался ниже требований, регламентированных ГОСТ 9128-13.

Результаты испытания переформованных образцов и определение составов асфальтобетона показали, что деформированный слой покрытий выполнен из плотного мелкозернистого асфальтобетона типа Б, отвечающего по основным показателям требованиям ГОСТ 9128-13 [1-4, 10].

Результаты лабораторных исследований позволили установить, что зерновые составы минеральной части в отобранных пробах асфальтобетона не выходят за пределы проектных требований. Зерновой состав асфальтобетона в верхнем слое покрытия отвечает требованиям ГОСТ 9128-13, предъявляемым к плотному асфальтобетону типа Б. Содержание битума в отобранных образцах-кернах соответствует дозировке битума, указанной в утвержденном рецепте производственных составов смесей (6,0 % – для плотного мелкозернистого асфальтобетона типа Б).

Предпочтение было отдано асфальтобетонам с повышенным содержанием щебня (более 45 %), они имели более высокое сцепление при проведении испытаний (таблица 1).

Таблица 1

Определение сцепления асфальтобетонов разного состава, приготовленных на разных марках битумов

№ Испытания	Состав асфальтобетона, %				Остаточная пористость, %	Марка битума	Угол внутреннего трения, φ , град.	Сцепление, с, МПа
	Щебень 5-15 мм	Природный песок	Минеральный порошок	битум				
1	51,3	27,7	6,8	11,0	3,2	БНД 60/90	42,1	0,230
2	50,2	18,4	18,0	10,2	3,2	БНД 60/90	42,8	0,316
3	50,7	18,7	18,2	10,4	20	МГО 90/130	42,6	0,198
4	-	66,7	11,5	15,4	6,4	БНД 60/90	31,4	0,318
5	-	64,3	15,8	17,3	2,6	БНД 60/90	35,4	0,310
6	-	61,2	20,0	16,0	2,8	БНД 60/90	35,9	0,370
7	-	61,2	20,0	16,0	2,8	БНД 200/300	37,0	0,176
8	-	61,2	20,0	16,0	2,8	БНД 60/90+3 % ДСТ	35,6	0,571

Разработана авторами

После испытаний асфальтобетонных образцов из смесей, взятых из покрытий улиц и дорог, приступили к исследованию остатков образцов с добавлением к ним различных модифицирующих добавок (дивинил-стирольного термоэластопласта, технического углерода, резиновой крошки).

Проведенные исследования на образцах асфальтобетонной смеси с использованием дивинил-стирольного термопласта (ДСТ) показали, что при увеличении содержания полимера

с 2 до 5 % произошло некоторое увеличение прочности асфальтобетона на растяжение в 1,06...1,16 раза при 0 °С (меньшее значение соответствует меньшему количеству ДСТ). Прочность при сжатии при температуре «плюс» 50 °С увеличилась в 1,04...1,08 раза и модуль остаточной деформации при «плюс» 50 °С увеличился в 1,18...1,23 раза. В целом с увеличением содержания ДСТ с 2 до 5 % сдвигоустойчивость повысилась почти 1,27 раза (при введении в смесь 5 % ДСТ сверх массы битума).

Данные испытаний образцов с добавлением технического углерода сверх массы битума приведены в таблице 2.

Таблица 2

Данные испытаний образцов с добавлением технического углерода

№ образца	Добавка технического углерода от массы битума, %	Температура испытания, T, °C	Прилагаемая разрушающая нагрузка, Н	Высота образца, h, м	Косинус угла, образованный поверхностью сдвига, $\cos \alpha$	Напряжение сдвига, τ , кН*103	Сдвигоустойчивость, G^*103 , кН
1	0	20	11300	0,049	0,99	2,38	30,1
2	5	20	11680	0,050	0,99	2,49	31,5
3	10	20	11440	0,052	0,99	2,35	29,7
4	20	20	10510	0,051	0,99	2,20	27,8
1	0	50	4520	0,050	0,99	0,96	12,1
2	5	50	4790	0,051	0,99	1,00	12,6
3	10	50	4670	0,050	0,99	0,90	11,4
4	20	50	3900	0,051	0,99	0,81	10,2

Разработана авторами

Также нами были проведены испытания на прочность при сжатии асфальтобетонных образцов с добавлением резиновой крошки (каучука) и несколько образцов, изготовленных с добавлением технического углерода совместно с дивинил стирольным термоэластопластом.

Испытания проводили при температуре асфальтобетонных образцов при температуре образцов «плюс» 20 °С и при «плюс» 50 °С. Резиновую крошку (каучук) добавляли в смесь от 1,5 % до 2 % от массы битума. Количество технического углерода колебалось от 2 до 5 % при добавлении к нему ДСТ в количестве 1,0...2,0 % (сверх массы битума). Данные испытаний приведены в таблице 3.

Таблица 3

Данные испытаний образцов с добавлением резиновой крошки (каучука) и технического углерода совместно с дивинил стирольным термоэластопластом

№ образца	Добавка резиновой крошки (каучука) от массы битума, %	Добавка технического углерода+ДСТ от массы битума, %	Диаметр образца, d, см	Площадь образца, F, см ²	Прилагаемая разрушающая нагрузка, кН	Предел прочности при сжатии, Rсж, МПа	
						+20 °C	+50 °C
1	2	-	5,1	19,7	20,20	-	1,03
2	2	-	5,1	19,7	43,40	2,203	-
3	1,5	-	5,1	19,7	18,90	-	0,96
4	1,5	-	5,1	19,7	39,60	2,01	-
5	-	5+1	5,1	19,7	17,70	-	0,90
6	-	5+1	5,1	19,7	55,20	2,8	-
7	-	2+2	5,1	19,7	27,70	-	1,406
8	-	2+2	5,1	19,7	65,20	3,31	-
9	-	4+1	5,1	19,7	16,80	-	0,86
10	-	4+1	5,1	19,7	50,13	2,54	-

Разработана авторами

Заключение

1. По результатам анализа проведенных обследований и испытаний образцов, нами было установлено, что влияние модифицирующих добавок при введении их в асфальтобетонную смесь значительное.
2. Для уменьшения воздействия сдвигающих напряжений в асфальтобетонные смеси необходимо вводить модифицирующие добавки. От наличия добавок, а также от качества каменного заполнителя, битума и других материалов зависят свойства асфальтобетона.
3. При введении определенных добавок (дивинил-стирольного термопласта, технического углерода, резиновой крошки) сдвигоустойчивость асфальтобетона повышается.
4. При ремонте колеи на автомобильных дорогах можно рекомендовать добавление в асфальтобетонную смесь до 5 % технического углерода (сверх массы битума), а также вводить другие добавки (резиновую крошку, ДСТ).
5. Изменение количества крупного заполнителя или вида и количества модифицирующих добавок позволяет достигнуть максимальной сдвигоустойчивости при оптимальном содержании щебня, битума и модифицирующей добавки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левкович Т.И., Беляков А.И., Билько А.Е., Тищенко А.С. О модификации битумов и асфальтобетонных смесей для повышения сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог // Приволжский научный вестник. – 2016. – № 1 (53). – С. 48-53.
2. Кирюхин Г.Н. Нужны дифференцированные требования к сдвигоустойчивости асфальтобетона // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2003. – №4. – С. 28-13.
3. Левкович Т.И., Друзин С.Ю. Применение специальных добавок, повышающих стандартные показатели асфальтобетонов. В кн. «Вклад ученых и специалистов в национальную экономику». Материалы региональной научно-технической конференции (16-18 мая 2002 г). – Брянск: БГИТА, 2002. – С. 243-244.
4. Яромко В.Н. Влияние полимерных добавок на свойства асфальтобетона // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2003. – №2. – С. 27-29.
5. Васильев А.П., Сиденко В.М. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения: учебник для вузов; Под ред. А.П. Васильева. – М.: Транспорт, 1990. – 304 с.
6. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог: в 2 т. – Т.2: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.П. Васильев. – 3-е изд., стер. – М.: Академия, 2013. – 320 с.
7. Подольский, В.П., Глагольев, А.В., Поспелов, П.И. Смирнов, А.И. Строительство автомобильных дорог. Дорожные покрытия: Учебник для студентов вузов. Под ред. Подольского В.П. – С. Петербург: Академия, 2013. – 304 с.
8. Кирюхин, Г.Н. Проектирование состава асфальтобетона и методы его испытаний / Г.Н. Кирюхин. – М., 2005. – 96 с. – (Автомобильные дороги и мосты: обзор. информ. / Информавтодор; Вып. 6).
9. Давыдов, В.Н. Изготовление изделий и асфальтобетонных смесей: Учеб. пособие для вузов по направлению 653500 «Строительство» / В.Н. Давыдов. – М.: Изд – во АСВ, 2003. – 208 с.
10. Айрапетов, Г.А., Безродный, О.К., Жолобов А.Л., Жуков А.В., Зубехин А.П., Иванов Н.И., Илиополов С.К., Каклюгин А.В., Касторных Л.И. Строительные материалы: Учебно-справочное пособие. Москва: Феникс, 2009. – 699 с.

Mevlidinov Zelgedin Alaudinovich

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia
E-mail: zelgedinm@yandex.ru

Levkovich Tatiana Ivanovna

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia
E-mail: tilevkovich@mail.ru

Bilcko Anastasia Evgenievna

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia
E-mail: bileko.anastasia@yandex.ru

Ensuring the shear resistance of asphalt mixtures in the pavement of highways

Abstract. Studying the state of the issue on the shear resistance of asphalt concrete mixtures in the pavement, the authors reviewed the currently available technical reference literature. The state of the streets of the city of Bryansk and the highways of the Bryansk region by measuring the depth of the tracks and flows was also examined.

The asphalt concrete samples were tested in laboratory conditions taking into account the rate of deformation, temperature and stress-strain state using the device manufactured at the Department of "Highways" of the Bryansk state engineering and technological University. As additives in asphalt concrete mix introduced: rubber crumb from used car tyres, wheels automobiles, carbon black (powder form) and definitely thermoplastics.

The conducted researches on samples of asphalt concrete mix with use of divinyl-styrene thermoplastics (DST) showed that at increase in the polymer content from 2 to 5 % there was some increase in durability of asphalt concrete on tension in 1,06...1,16 times at 0 °C (smaller value corresponds to the smaller number of DST). Compressive strength at a temperature of "plus" 50 °C increased by 1.04...1.08 times and the module of residual deformation at "plus" 50 °C increased by 1.18...1.23 times. In General, with an increase in the content of DST from 2 to 5 %, the shear resistance increased almost 1.27 times (with the introduction of 5 % DST over the mass of bitumen).

The conducted research allows to conclude that to reduce the impact of shear stresses in asphalt concrete mixtures it is necessary to introduce modifying additives, the properties of asphalt concrete depend on the presence of additives, as well as on the quality of the stone aggregate, bitumen and other materials. With the introduction of certain additives (DST, carbon black, rubber c hips), the shear resistance of asphalt concrete increases.

Keywords: roads; survey; asphalt concrete mixture; rut; SAG; appliance; temperature; test; shear resistance; additive; definitely thermoplastic elastomer; carbon black; rubber crumb; strength

REFERENCES

1. Levkovich T.I., Belyakov A.I., Bilko A.E., Tishchenko A.S. (2016). On modification of bitumen and asphalt-concrete mixtures to improve the shear resistance of asphalt concrete pavement of roads. *Privolzhsky scientific Bulletin*, 1(53), pp. 48-53. (in Russian).
2. Kirjyuhin G.N. (2003). We need differentiated requirements for the shear resistance of asphalt concrete. *Science and technology in the road industry*, 4, pp. 28-13. (in Russian).
3. Levkovich I.T., Druzin S.Yu. (2002). Primenenie spetsialnykh dobavok, povyshaiushchikh standartnye pokazateli asfaltobetonov. [*Use of special additives that increases the standard performance of asphalt concrete. In the book.*] Bryansk: BGITA, pp. 243-244.
4. Jaromco V.N. (2003). Influence of polymeric additives on properties of asphalt concrete // *Science and technology in the road sector*, 2, pp. 27-29. (in Russian).
5. Vasiliev A.P., Sidenko V.M. (1990). Ekspluatatsiia avtomobilnykh dorog i organizatsiia dorozhnogo dvizheniia: uchebnyk dlia vuzov. [*Exploitation of roads and organization of traffic: the textbook for high schools.*] Moscow: Transport, p. 304.
6. Vasiliev A.P. (2013). Ekspluatatsiia avtomobilnykh dorog: v 2 tomakh. Tom 2. [*Maintenance of roads: in 2 volumes. Vol. 2.*] Moscow: Academy, p. 320.
7. Podolsky V.P., Glagolev A.V., Pospelov I.P. Smirnov, A.I. (2013). Stroitelstvo avtomobilnykh dorog. Dorozhnye pokrytiia. [*The Construction of roads. Road surfaces.*] Saint Petersburg: Academy, p. 304.
8. Kirjyuhin G.N. (2005). Proektirovanie sostava asfaltobetona i metody ego ispytaniia. [*Design of asphalt concrete composition and methods of its testing.*] Moscow, p. 96.
9. Davidov V.N. (2003). Izgotovlenie izdelii i asfaltobetonnykh smesei: Ucheb. posobie dlia vuzov po napravleniiu 653500 «Stroitelstvo». [*Manufacture of products of concrete mixes: Proc. manual for universities in the direction of 653500 "Construction".*] Moscow: Publishing house DIA, p. 208.
10. Airapetov G.A., Besrodni D.C., Zholobov A.L., Zhukov A.V., Subehin A.P., Ivanov N.I., Iliopolov S.K., Kaklugin A.V., Kastornich L.I. (2009). Stroitelnye materialy: Uchebno-spravochnoe posobie. [*Construction materials: Training and reference manual.*] Moscow: Phoenix, p. 699.