

ТРЕЩИНЫ В ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЯХ: СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ

Докт. техн. наук, проф. ЛЕОНОВИЧ И. И., асп. МЕЛЬНИКОВА И. С.

Белорусский национальный технический университет

Широкое распространение асфальтобетона как дорожно-строительного материала обусловлено его уникальностью, но большая зависимость его физико-механических свойств от температуры приводит к образованию на покрытии различных дефектов, в том числе колеи в жаркий период и наиболее характерного дефекта – трещин – при низких температурах. Более того, до сих пор нерешенной остается важная проблема – увеличение срока службы отремонтированных покрытий дорожных одежд и снижение затрат на их содержание [1, 2].

В зависимости от природы образования трещины обретают форму температурных, отраженных, силовых, технологических и усталостных [3].

Температурные трещины появляются за счет возникновения растягивающих напряжений при охлаждении покрытия, величина которых главным образом зависит от коэффициента линейного расширения, величины перепада температур, модуля упругости материала, коэффициента Пуассона, модуля релаксации материала за расчетный период.

Отраженные трещины возникают в результате концентрации напряжений в асфальтобетоне в зоне существующих швов и трещин основания при вертикальном и горизонтальном перемещении кромок швов и трещин.

Силовые трещины появляются за счет возникновения напряжений от действия транспортной нагрузки при недостаточной несущей способности основания или недостаточной прочности асфальтобетона на изгиб.

Технологические трещины возникают в результате неправильного подбора состава асфальтобетонной смеси, нарушения технологии

устройства конструктивных слоев и уплотнения смеси, а также в местах сопряжений смежных полос асфальтобетонного покрытия.

Усталостные трещины возникают преимущественно в виде поперечных трещин на нижней поверхности дорожного покрытия вследствие прогиба слоев дорожной одежды, затем в течение 6–12 лет в зависимости от интенсивности движения и климатических факторов прорастают на всю толщину дорожного покрытия, могут также развиваться от поверхности покрытия вниз.

Практика показывает, что полностью избежать образования трещин в дорожных покрытиях трудно. Этот процесс связан с воздействием транспортных нагрузок, перепадами температур от положительных к отрицательным, наличием трещин и швов в нижележащих слоях, слабого основания, различием теплофизических свойств материалов смежных слоев. Более того, вследствие снижения пластичности битума и накопления усталостных повреждений в климатических условиях Беларуси избежать температурных трещин через 5–6 лет эксплуатации не представляется возможным [4].

Уже накоплен большой мировой опыт по повышению трещиностойкости дорожных покрытий и ликвидации трещин.

Известно несколько направлений по обеспечению трещиностойкости асфальтобетонных покрытий, основные из которых на стадии проекта – материаловедческий (связан с улучшением свойств асфальтобетонов на восприятие растягивающих напряжений) и конструктивно-технологический (основан на выборе эффективного конструктивного решения).

В 1969 г. Ю. Е. Никольский высказал предположение, что при значительных перепадах температур трещины возникают в любых асфальтобетонных покрытиях независимо от способа улучшения их свойств [5]. Однако практика показала, что вполне реально обеспечить значительное уменьшение количества температурных трещин. Так, в работах В. А. Веренько, Л. Б. Гезенцева, Н. В. Горелышева, Л. М. Гохмана, А. В. Руденского, Э. А. Казарновской и других предлагается для обеспечения необходимой деформативности асфальтобетона при низких температурах понижать вязкость битума, изменять содержание щебня, модифицировать битум введением полимеров, регулировать модуль релаксации и другие параметры материала, оказывающие влияние на образование трещин. Известен также опыт применения асфальтобетона с добавлением резины, полученной при переработке старых автомобильных шин, а также включений некоторых типов минеральных материалов (камень, стекло) или органических (целлюлоза) волокон, действующих в качестве микроарматуры и стабилизатора [6].

Недавние исследования белорусских ученых показали, что наибольшей температурной трещиностойкостью обладают асфальтобетонные покрытия при наличии в составе асфальтобетонной смеси битума БМА 100/130 и минеральной части с большим размером зерен (70 % щебня фракции 5–10 мм без использования песка) при одинаковой толщине пленок битума [7].

Однако при регулировании свойств асфальтобетона необходимо учитывать, что повышение вязкости битума приводит к снижению температурной трещиностойкости. В этом случае изменение вязкости корректируется количеством вяжущего.

Смеси с повышенным содержанием битума хорошо зарекомендовали себя с точки зрения повышения устойчивости к образованию отра-

женных и усталостных трещин, что в то же время может привести к деформациям в виде колеи в летний период. Следовательно, принимая решение о том или ином изменении состава смеси, необходимо учитывать множество факторов, в том числе природу образования трещин, погодноклиматические условия, район строительства автомобильной дороги.

Разработкой конструктивно-технологических решений, актуальных, прежде всего, при борьбе с отраженным трещинообразованием, занимались В. Д. Казарновский, В. А. Кретов, В. Н. Кононов и др. Особенно важен выбор определенного конструктивного решения в борьбе с отраженным трещинообразованием. Так,

в мировой практике известно устройство промежуточных слоев между слоем усиления и трещиноватым слоем покрытия. Модуль жесткости таких слоев значительно отличается от модулей материалов окружающих их слоев, что позволяет распространять механическую энергию, развиваемую в месте трещины под действием температурных изменений и подвижной нагрузки, в горизонтальном направлении вместо концентрирования ее в основании слоя усиления [8].

Существует большое количество конструктивных решений по борьбе с трещинообразованием. Среди них основными можно считать следующие:

- устройство прослоек из геотекстиля и армирующих геосеток производства компании HUESKER Synthetic GmbH & Co марки HaTelit и из стекловолокна производства ООО «Стекло-Прогресс» марки «Армдор» при армировании новых слоев покрытия для предотвращения возникновения отраженных трещин, армировании при уширении проезжей части дороги и т. д. при условии ширины раскрытия трещин не более 1–3 мм без деформаций и неровностей на краях или со сколами краев (рис. 1, 2);

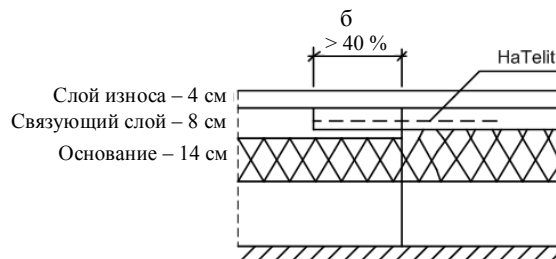
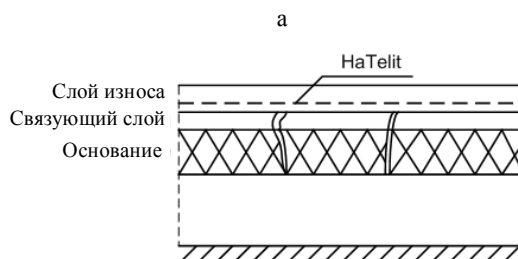


Рис. 1. Схема армирования дорожного покрытия геосетками NaTelit: а – армирование новых слоев покрытия для предотвращения возникновения отраженных трещин; б – армирование при уширении проезжей части дороги

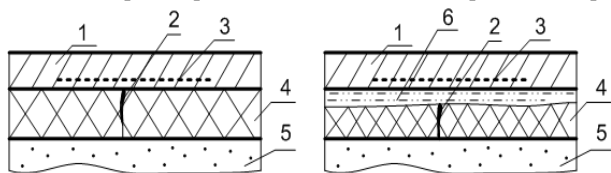


Рис. 2. Схема усиления асфальтобетонного покрытия геосетками «Армдор»: 1 – слой усиления из асфальтобетона; 2 – трещина; 3 – геосетка «Армдор»; 4 – старое асфальтобетонное покрытие; 5 – основание; 6 – выравнивающий слой

- устройство прослоек из полимерно-битумного вяжущего (мембрана) – французские технологии Bicomplex, Filaflex и др. (рис. 3, 4);

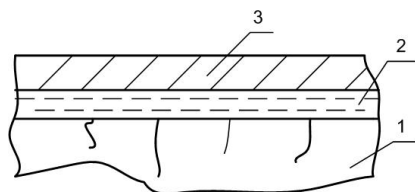


Рис. 3. Конструкция устройства дорожной одежды по технологии Bicomplex: 1 – основание с трещинами; 2 – слой песчаной смеси, обработанной вяжущим, толщина – 2 см; 3 – слой смеси Comproflex (модифицированная асфальтобетонная смесь), толщина – 3 см

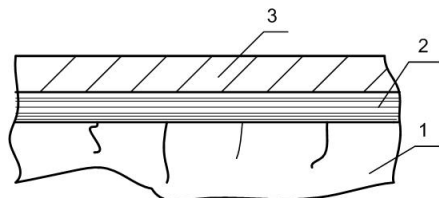


Рис. 4. Конструкция устройства дорожной одежды по технологии Filaflex: 1 – основание с трещинами; 2 – слой мембранного типа, состоящий из битумного вяжущего с распределенными по нему синтетическими непрерывными волокнами; 3 – слой износа

- использование стальной арматурной сетки для оптимального распределения нагрузок – сетка типа Mesh Track и др.;
- частичное или полное фрезерование старого покрытия;
- устройство локальных трещинопрерывающих прослоек шириной 10–50 см;
- устройство организованных трещин (деформационных швов) в асфальтобетонном покрытии при ремонте асфальто- или цементобетонного основания;

- виброразрушение старого цементобетонного покрытия с последующим устройством асфальтобетонного покрытия.

Своевременный ремонт и устранение трещин – важная задача и на стадии эксплуатации. Основным условием правильного назначения способа ремонта являются определение причин образования трещины, степени разрушения материалов основания и покрытия, обоснованный выбор времени производства ремонтных работ и экономическая целесообразность затрат на выполнение ремонтных работ.

Ремонт трещин производят, как правило, весной и осенью, когда они имеют значительное раскрытие. Работы выполняют при сухом покрытии, в сухую погоду при температуре воздуха не ниже 5 °С. Бороться с трещинами в асфальтобетонных покрытиях можно герметизацией без разделки трещины, а также разделкой трещин с последующим заполнением минеральной смесью или битумно-полимерным вяжущим. При наличии отраженных трещин с вертикальными перемещениями плит, а также силовых в виде сетки трещин предусматриваются замена разрушенных конструктивных слоев дорожной одежды, устройство слоев усиления (рис. 5а, в).

Герметизацию трещин материалами холодного применения следует производить без разделки трещин при ширине раскрытия их до 5 мм (рис. 5а, б). Конструктивное исполнение способов герметизации трещин материалами горячего применения следует принимать в зависимости от типа трещин и степени разрушения кромок трещин. Разделку трещин при ширине раскрытия 5–15 мм следует производить на ширину, равную ширине разрушения кромок трещин, но не менее 10 мм и не более 20 мм (рис. 5а–г). Отношение ширины паза трещины к его глубине должно составлять от 1:1 до 1:2. При наличии на асфальтобетонном покрытии защитного слоя (слоя износа) глубина разделки трещин должна быть увеличена на толщину защитного слоя (слоя износа) [9].

При небольшой ширине раскрытия трещин (0,5–1,0 см) в качестве герметика применяются модифицированная битумная эмульсия (ЭБKM-Б-65), жидкий битум, битумно-эласто-

мерная мастика (МГБЭ Т-65), резинобитумная мастика (ТУ ВУ 102307985) с последующей присыпкой фрикционным материалом. При большем раскрытии используют битумно-полимерный герметик. В качестве фрикционного материала применяют песок из отсевов дробления горных пород с размером зерен 2,0–4,0 (2,5–5,0) мм, песок сепарированный активированный из отсевов дробления горных пород с размером зерен 2,5–5,0 мм, крошку гранитную с размером зерен 2,5–5,0 мм, резину дробленую. В случае ремонта отраженных и силовых трещин со значительной шириной раскрытия в качестве герметизирующего материала используют литой асфальтобетон, щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси.

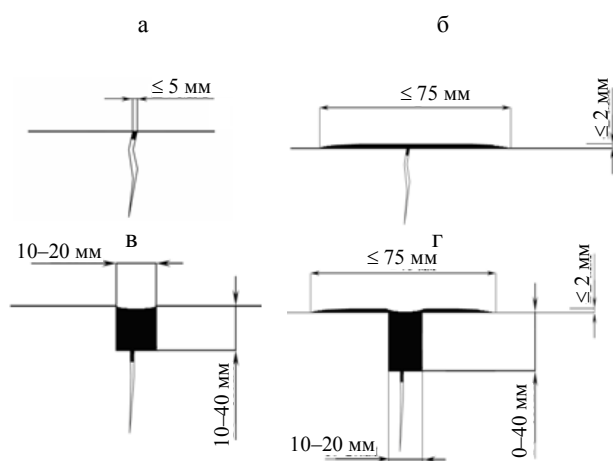


Рис. 5. Конструктивное исполнение способов герметизации трещин по ДМД 02191.2.012-2007: а – герметизация трещин без разделки в уровень с покрытием без устройства защитного слоя; б – герметизация трещин без разделки с устройством защитного слоя; в – герметизация разделанных трещин в уровень с покрытием без устройства защитного слоя; г – герметизация разделанных трещин с устройством защитного слоя

Для герметизации трещин применяют следующее оборудование и приспособления:

- котлы-заливщики, оборудованные термостатической системой управления, системой масляного обогрева, рециркуляционным насосом и гибким шлангом для заливки трещин;
- фрезерные машины ударного действия для разделки трещин и нарезчики швов, обеспечивающие возможность регулирования ширины устраиваемого паза 10–20 мм и глубины паза 10–40 мм;
- водоструйные установки высокого давле-

ния, обеспечивающие давление до 20 МПа;

- компрессоры производительностью не менее 5 м³/мин, с давлением сжатого воздуха не менее 0,5 МПа с эффективными системами маслосодержащей;
- аппараты горячего воздуха, работающие совместно с компрессором и обеспечивающие температуру воздуха на выходе из сопла горелки 180–250 °С;
- аппликаторы стальные для заливки трещин и устройства защитного слоя с требуемыми геометрическими параметрами.

Для закрепления ремонтного материала в трещинах можно заклеить трещину геотекстильным материалом шириной 8–12 см (рис. 6). Такой способ применим при заделке узких и средних трещин. Опыт показывает, что происходит увеличение в четыре раза сроков службы заделки трещин по сравнению с обычным их заполнением ремонтным материалом.

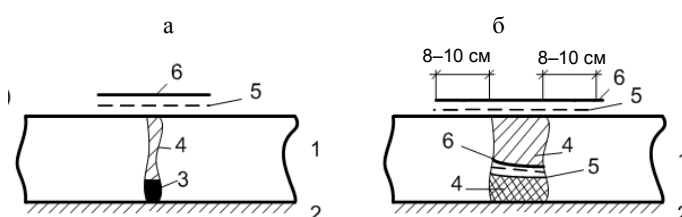


Рис. 6. Закрепление ремонтного материала геотекстильными лентами: а – узкие и средние трещины; б – широкие и очень широкие трещины; 1 – покрытие; 2 – основание; 3 – остатки пыли, песка, щебня; 4 – ремонтный материал для заполнения трещины; 5 – битум; 6 – геотекстильный материал

В местах, где несколько трещин расположены рядом или образовалась сетка трещин, устраивается поверхностная обработка на всей площади. Такая технология широко применяется во Франции и ряде других стран. Достоинство технологии ремонта трещин методом поверхностной обработки состоит в отсутствии ручного труда, высокой производительности и экономичности. Наиболее целесообразно применение этой технологии для ремонта мелких трещин на ранней стадии их развития, что позволяет предупредить образование выбоин, т. е. практически избежать необходимости ямочного ремонта.

Для исключения трещинообразования возможно также принятие кардинального решения – через 3–4 года эксплуатации производить

нарезку деформационных швов сжатия в асфальтобетонном покрытии аналогично цементобетону.

В результате анализа научных публикаций и нормативной литературы по проблеме повышения трещиностойкости дорожных покрытий и методам борьбы с образовавшимися трещинами следует отметить, что в борьбе с трещинообразованием должен преобладать комплексный подход. Необходимо учитывать как свойства материалов, так и конструкцию дорожных одежд, погодные-климатические характеристики района прохождения автомобильной дороги, интенсивность движения транспорта по отдельным ее участкам, а в случае проведения ремонтных мероприятий – природу возникновения трещин и степень их развития.

ВЫВОДЫ

1. Борьба с трещинообразованием в дорожных покрытиях является актуальным направлением в мировой практике. Применение эффективных методов ликвидации трещин позволило бы увеличить сроки службы покрытий, снизить затраты на их содержание и ремонт. Большая работа проделана учеными как по совершенствованию составов асфальтобетонов с целью предотвращения появления температурных и усталостных трещин, так и по разработке конструктивно-технологических мероприятий (главным образом для решения проблемы возникновения отраженных трещин в асфальтобетонных слоях усиления).

2. Комплексного решения проблемы, объединяющего в себе как материаловедческий подход, так и конструктивный, на сегодняшний день нет. К примеру, использование асфальтобетонной смеси с высоким содержанием битума в сочетании с устройством армирующего слоя из геосинтетического материала позволило бы на долгое время решить проблему образования отраженных трещин, особенно харак-

терную при устройстве асфальтобетонных слоев усиления на цементобетонном основании.

3. Существующие технологии герметизации трещин в дорожных покрытиях на стадии эксплуатации достаточно эффективно позволяют ликвидировать трещины в зависимости от их природы и ширины раскрытия. Однако необходима разработка системы диагностики и борьбы с трещинами шириной раскрытия до 2 мм с целью предотвращения их дальнейшего развития, приводящего к серьезным повреждениям верхнего слоя дорожного покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Богуславский, А. М.** Асфальтобетонные покрытия / А. М. Богуславский, Л. Г. Ефремов. – М.: МАДИ, 1981. – 145 с.
2. **Богуславский, А. М.** Основы реологии асфальтобетона / А. М. Богуславский, Л. А. Богуславский. – М.: Высш. шк., 1972. – 199 с.
3. **Леонович, И. И.** Диагностика и управление качеством автомобильных дорог: учеб. пособие / И. И. Леонович, С. В. Богданович, И. В. Нестерович. – Минск: Новое знание, 2011. – 350 с.
4. **Веренько, В. А.** Деформации и разрушения дорожных покрытий: причины и пути устранения / В. А. Веренько. – Минск: Беларуская Энцыклапедыя імя П. Броўкі, 2008. – 304 с.
5. **Прочность и долговечность асфальтобетона** / под ред. Б. И. Ладыгина. – Минск: Наука и техника, 1972. – 187 с.
6. **Дорожно-строительные материалы** / М. И. Волков [и др.] – М.: Транспорт, 1975. – 527 с.
7. **Кравченко, С. Е.** Низкотемпературные напряжения как критерий влияния компонентов асфальтобетонной смеси на трещиностойкость асфальтобетонных покрытий / С. Е. Кравченко, Д. Л. Сериков // Автомобильные дороги и мосты. – 2010. – № 2 (6). – С. 70–77.
8. **Красноперов, А. Р.** Учет влияния конструктивных параметров дорожных одежд на отраженное трещинообразование в асфальтобетонных слоях усиления: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / А. Р. Красноперов. – М., 2000. – 162 с.
9. **Рекомендации по герметизации трещин асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог:** ДМД 02191.2.012–2007. – Введ. 02.01.2008. – Минск: Минтранс, 2008. – 19 с.

Поступила 20.06.2011