

Модель дорожной одежды включает следующие слои (сверху вниз): слой усиления из нового асфальтобетона, слой с геосинтетическим материалом, старый асфальтобетон и слой щебня, с толщинами, соответственно, 5 см, 2,5 мм, 19 см и 40 см. Асфальтобетон в обоих слоях представляется однородным линейно-упругим материалом, обладающим при 0 °С модулем упругости для статической нагрузки $E_a = 1$ ГПа и коэффициентом температурного расширения $\alpha = 25 \cdot 10^{-6}$ 1/м. Слой старого асфальтобетона разделен на «блоки» сквозными вертикальными поперечными трещинами с раскрытием 5 мм, расположенными на расстоянии 2 м друг от друга; остальные слои трещин не имеют.

Геосинтетический материал, предназначенный для армирования асфальтобетонных слоев, имеет сложную структуру: как правило, он представляется комбинацией прямоугольной сетки из полимерных или стеклянных волокон с размером ячейки в диапазоне 2–5 см, предназначенной для несения силовой нагрузки, и сплошной тонкой синтетической ткани со специальной пропиткой, имеющей высокую адгезию к битумсодержащим материалам. В соответствии с методом конструктивной анизотропии [5], ГМ моделируется при помощи сплошного тонкого слоя, модуль упругости которого линейно уменьшается от максимального значения E_{\max} в срединной поверхности слоя к минимальным значениям E_a на его нижней и верхней поверхностях. Например, для ГМ с поверхностной плотностью 900 г/м², модулем упругости волокон 70 ГПа и прочностью на разрыв 200 кН/м при удлинении 3,5 %, следует принять $E_{\max} = 5$ ГПа.

Для численного моделирования с помощью метода конечных элементов выбирается участок продольного сечения дорожной одежды, левая вертикальная граница которого соответствует середине «блока» старого асфальта, а правая граница – середине трещины. Для всех слоев на левой границе и для первых двух слоев на правой границе требуется равенство нулю горизонтальных перемещений, на нижней поверхности слоя щебня полагаются нулевые вертикальные перемещения; остальные участки границ остаются свободными. При однородном уменьшении температуры всей конструкции сжатие «блока» старого асфальта приводит, в отсутствие слоя ГМ, к опасной концентрации напряжений в новом слое асфальта в районе вершины имеющейся трещины, что может привести к образованию и развитию новой трещины. Вычисления показывают, что при наличии слоя, содержащего высокопрочный ГМ с вышеуказанными прочностными параметрами, напряжения в конструкции перераспределяются – среднее растягивающее напряжение в новом слое асфальта в радиусе 1 см от вершины трещины уменьшается почти на 30 %, что значительно уменьшает вероятность «прорастания» старой трещины через новый асфальтобетонный слой.

Список литературы

- 1 **Медведев, Д. В.** Гармонизация норм и методов испытаний геосинтетических материалов в дорожных конструкциях / Д. В. Медведев, Ю. И. Калгин // Строительная механика и конструкции – 2023. – № 2 (37). – С. 108–120.
- 2 **Бусел, А. В.** Расчет армированных геосетками конструкций дорожных одежд нежесткого типа по критерию их температурной трещиностойкости / А. В. Бусел, А. И. Смыковский // Вестник ВГТУ. – 2005. – № 8. – С. 90–93.
- 3 **Мельникова, И. С.** Моделирование воздействия температуры и транспортных нагрузок на возникновение и развитие трещин в асфальтобетонных дорожных покрытиях / И. С. Мельникова // Наука и техника. – 2012. – № 4. – С. 44–52.
- 4 ОДМ 218.5.001-2009. Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог. – ФДА Росавтодор, 2010.
- 5 **Жгутов, В. М.** Метод конструктивной анизотропии для подкрепленных оболочек с учетом переменной жесткости ребер и различных свойств материалов / В. М. Жгутов // Глобальная энергия. – 2012. – № 3–2 (154). – С. 286–294.

УДК 625.7/.8

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Д. И. БОЧКАРЕВ, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Анализ подходов к организации системы эксплуатации дорожной сети государств, имеющих ее наибольшую протяженность, показывает, что в США, а позже в Западной Европе, где темпы автомобилизации в течение многих лет были выше, чем в других странах, первыми столкнулись с проблемой несоответствия протяженности и состояния сети автомобильных дорог предъявляемым требованиям. Ответом стало создание и развитие системы управления состоянием покрытия (далее – СУСП).

Федеральная дорожная администрация США (FHWA) отмечает, что СУСП – это инструмент, который предусматривает определение оптимальной стратегии на различных уровнях управления и поддерживает покрытие на должном уровне работоспособности [1, с. 1–35; 2, с. 1–25].

СУСП в настоящее время продолжают развиваться, при этом основными направлениями их совершенствования являются: совершенствование, заключающееся в сборе данных и управлении ими, направлении расширения использования приборной базы, повышении точности и достоверности результатов за счет высокотехнологичных лазерных установок по измерению ровности, колеяности и несущей способности; расширение функций СУСП, заключающееся в интеграции с системами управления зимним содержанием, управления безопасностью движения, реагирования на стихийные бедствия, оценки качества построенных дорог и др.; улучшение надежности и достоверности моделей прогнозирования состояния покрытий за счет использования исторических данных о состоянии покрытия; совершенствование экономического анализа и методов оптимизации за счет отказа от упрощенных моделей и более широкого применения математических методов; совершенствование программного обеспечения систем управления.

Согласно ТКП 604–2017 [3, с. 3–15], ТКП 140–2015 [4, с. 7–8], СТБ 1566–2005 [5, с. 6–16] в Республике Беларусь по результатам диагностики и оценки состояния дорог выявляют участки, не соответствующие нормативным требованиям к их транспортно-эксплуатационному состоянию, а руководствуясь классификацией работ, выполняемых при капитальном и текущем ремонтах согласно [6, с. 3–11], технологиями выполнения работ согласно ТКП 094 [7] и ТКП 059.1 [8] и типовыми конструкциями дорожных одежд, определяют виды ремонтов.

Далее при назначении ремонтных мероприятий реализуются различные стратегии выполнения в зависимости от сроков, объемов финансирования и классификации ремонтов: стратегия первоочередных ремонтов; стратегия нормативных требований; поддерживающая стратегия; стратегия отсрочки ремонтов.

Назначение ремонтных мероприятий на автомобильных дорогах общего пользования производится на основании оценки их фактического транспортно-эксплуатационного состояния. Оценка и планирование ремонтных мероприятий осуществляется на основании материалов ежегодных сезонных осмотров. При этом вид ремонтного мероприятия устанавливается по выявленным несоответствиям фактических значений следующих параметров: прочность дорожной одежды, дефектность дорожного покрытия, ровность дорожного покрытия, глубина колеи, коэффициент сцепления шины с поверхностью покрытия. Классификация и вид работ, выполняемых при капитальном и текущем ремонтах, устанавливается согласно [6, с. 3–11].

При этом существующая методика не содержит мероприятий, направленных на предотвращение начавшихся и перспективных разрушений асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги, которые возможно спрогнозировать, исходя из известных сроков их службы [6, с. 3–11].

Решение указанной задачи возможно с помощью системы организации профилактической обработки [9], направленной на увеличение межремонтных сроков эксплуатации асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог (рисунок 1).

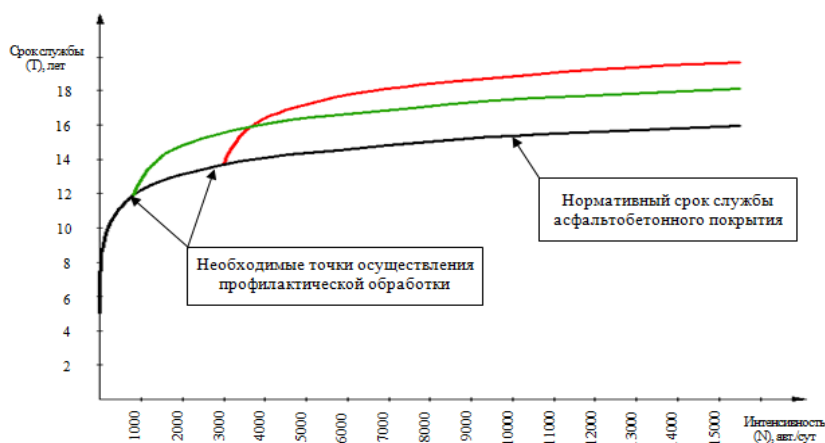


Рисунок 1 – Предполагаемое влияние системы организации профилактической обработки на срок службы асфальтобетонного покрытия

Интеграция системы организации профилактической обработки в систему планирования, учета, отчетности и непосредственно производственную деятельность в условиях хозяйственной самостоятельности подразделений, занимающихся непосредственно эксплуатацией дорожной сети, позволит наиболее полно раскрыть потенциал увеличения сроков службы (межремонтных периодов) дорожных покрытий и создать необходимый баланс стратегии развития в условиях существующих производственных технологий.

Таким образом, *система организации профилактической обработки* должна содержать следующие направления.

1 *Комплексная диагностика состояния асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги*: осмотр с помощью технических средств дорожной сети региона; анализ эксплуатационного состояния покрытий.

2 *Подбор технологических режимов обработки асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги*: подбор рецептур составов гидрофобных профилактических; выбор параметров обработки; настройка системы управления универсального распределителя;

3 *Выполнение обработки (распределения состава) по описанным ранее алгоритмам.*

Также стоит отметить, что экономическая эффективность от обработки асфальтобетонного покрытия СГП может быть с достаточной степенью точности определена по приведенной выше методике. Применение конкретных данных по организации планирования, учета, отчетности и непосредственно производственной деятельности в условиях хозяйственной самостоятельности подразделений, занимающихся эксплуатацией дорожной сети, позволит количественно определить рассматриваемые показатели, на основании анализа которых возможно экономическое обоснование увеличения сроков службы (межремонтных периодов) дорожных покрытий и создание необходимого баланса стратегии развития в условиях существующих производственных технологий.

Список литературы

1 **Flintsch, G.** Assessment of continuous pavement deflection measuring technologies / G. Flintsch, B. Ferne, B. Diefenderfer // Draft Final Report. SHRP 2 R06(F), Virginia Tech. – 2012. – P. 1–35.

2 **Lee, Ch.** Alligator cracking performance and life-cycle cost analysis of pavement preservation treatments / Ch. Lee, W. A. Nokes, J. T. Harvey // Technical Memorandum: UCPRC-TM-2007-08. – 2008. – P. 1–25.

3 ТКП 604–2017. Автомобильные дороги. Оценка эксплуатационного состояния и качества содержания. – Введ. 01.09.2017. – Минск : Белдорцентр, 2017. – 64 с.

4 ТКП 140–2015. Автомобильные дороги. Порядок выполнения диагностики. – Взамен ТКП 140-2008 (02191). – Введ. 01.03.2016. – Минск: Белдорцентр, 2015. – 68 с.

5 СТБ 1566–2005. Автомобильные дороги. Методы испытаний. – Введ. 01.07.2006. – Минск : БелдорНИИ, 2011. – 42 с.

6 Об установлении классификации работ по реконструкции, эксплуатации (содержанию и текущему ремонту), капитальному ремонту автомобильных дорог [Электронный ресурс] : постановление М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 19 июня 2019 г., № 35 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21934301&p1=1>. – Дата доступа : 01.09.2023.

7 ТКП 094–2021. Автомобильные дороги. Правила устройства асфальтобетонных покрытий и защитных слоев. – Введ. 01.07.2021 (с отменой на территории Республики Беларусь ТКП 094–2012). – Минск, 2021. – 32 с.

8 ТКП 059.1–2020. Автомобильные дороги. Правила устройства. – Введ. 01.09.2020. – Минск : БелдорНИИ, 2020. – 76 с.

9 Состав гидрофобный профилактический ПРОТЕКТ-01 : Технические условия ТУ ВУ 192670194.002-2019. – Введ. 03.10.2019 – Гомель : БелГУТ, 2019. – 29 с.

УДК 625.1

РЕКОНСТРУКТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ УЧАСТКА ЛУНИНЕЦ – СИТНИЦА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Н. В. ДОВГЕЛЮК, Е. М. МАСЛОВСКАЯ, В. С. ШАГУЛИН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Транспорт является одной из важнейших составных частей экономики каждой страны. Он с давних времен считается двигателем прогресса. Человек пользовался любыми подручными средствами с целью перевозки грузов и людей. После изобретения колеса, а позже и двигателей, человечество стало развивать различные средства передвижения – кареты, повозки, паровозы, парохо-