

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ

УДК 625.8

Д.Ю. Александров

Учреждение образования «Белорусский государственный
университет транспорта»

ОПТИМАЛЬНЫЕ СОЧЕТАНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД АСФАЛЬТО- И ЦЕМЕНТОБЕТОНА

Статья посвящена вопросу совместного использования в конструкциях дорожных одежд асфальтобетона и цементобетона – материалов, отличающихся по теплотехническим характеристикам. Основное содержание исследования составляет анализ влияния взаимного расположения слоев материалов и их параметров на эксплуатационные характеристики дорожных одежд.

Ключевые слова: асфальтобетон, цементобетон, коэффициент линейного расширения, whitetopping, ремонт капитальный, слои усиления, слои защитные, трещины отраженные, прослойки трещинопрерывающие, мембрана полимербитумная, материалы геосинтетические, одежды дорожные

Введение

Асфальтобетон и цементобетон различаются по типу структуры. Для асфальтобетона характерен коагуляционный тип структуры, для цементобетона – кристаллизационный. Связь между зернами материала кристаллизационной структуры жесткая, ярко выражены упругие свойства, материал обладает высокой прочностью. Основными видами дефектов цементобетонных покрытий являются сколы и трещины. В период зимней эксплуатации дорожный цементобетон подвержен коррозии и истирающему воздействию.

Зерна материала коагуляционной структуры взаимодействуют между собой через пленки асфальтовязущего вещества, которое при изменении температуры может проявлять как упругие, так и вязкие свойства. Характерной особенностью асфальтобетонов является демпфирующая способность [1], т. е. способность поглощать возникающие колебания, частично переводя их в тепловую энергию. Еще одной характерной особенностью асфальтобетонов является старение вяжущего под действием ультрафиолетового излучения и иных природных факторов. Старение асфальтобетона – неизбежный естественный процесс, который приводит к изменению группового состава битума и, как следствие, свойств материала. Уменьшается температурный интервал работы, существенно снижается температура хрупкости. Основными видами дефектов асфальтобетонных покрытий являются пластические деформации, трещины, а так же выбоины в весенний период. Такие различия в структуре позволяют выделить основную проблему при сочетании асфальто- и цементобетона в конструкциях дорожных одежд – это существенная разница в теплотехнических характеристиках, особенно в коэффициенте линейного расширения. Долгое время среди дорожников было распространено мнение, согласно которому дорожная конструкция, устроенная из сходных по теплотехническим характеристикам материалов, будет обладать наибольшей долговечностью и надежностью. Например, в типовой серии 3.503-71/88, вып. 0 «Материалы для проектирования» [2] предполагалось, что в конструкции дорожной одежды для дороги высшей технической категории при устройстве цементобетонного покрытия основание будет устроено из материала, укрепленного цементом. Прослойка из черного песка выполняла функцию выравнивающего слоя и предотвращала отток влаги из цементобетонного раствора при его твердении.

Обобщая отечественный и зарубежный опыт строительства и эксплуатации дорожных одежд, можно выделить следующие оптимальные сочетания асфальто- и цементобетона в конструкциях дорожных одежд:

- 1) использование асфальтобетона или нежесткой дорожной одежды в качестве основания;
- 2) устройство защитных слоев при ремонте цементобетонных покрытий.

Цель исследования

Цель работы – оценка эксплуатационных и других показателей надежной и долговечной работы конструкций дорожных одежд, сочетающих отличные по структуре и свойствам монолитные слои из асфальто- и цементобетона.

Основной материал исследования

В 1967 году в штате Северная Каролина на межштатной дороге было устроено 8 участков с цементобетонным покрытием, но на различных основаниях [3]. В 2001 г., в связи с реконструкцией дороги, было проведено детальное обследование этих участков. Наибольшая дефектность была характерна для участка с цементогрунтовым основанием. Существенно отличалась и величина уступа в швах в зависимости от вида основания (рисунок 1). Величина уступа в швах напрямую влияет на величину IRI, который, в свою очередь, определяет эффективность перевозочного процесса. Наилучшие эксплуатационные показатели имела конструкция жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным основанием, – только 6 % плит имели повреждения.

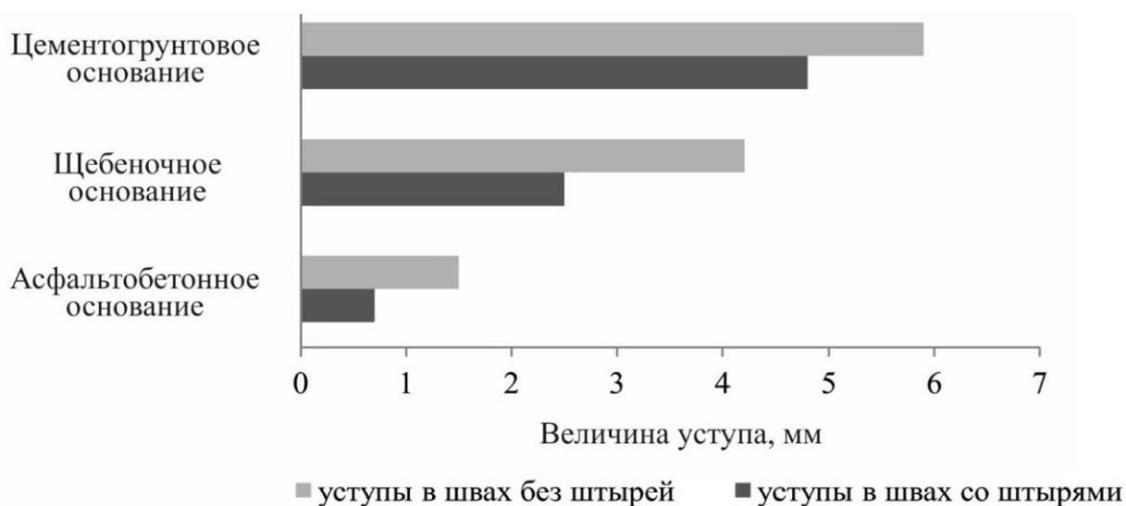


Рисунок 1 – Величина уступа в швах цементобетонных плит в зависимости от вида основания

Неизбежное нарушение гидроизоляции в швах и появление сквозных трещин в теле плиты приводит к тому, что влага попадает в основание. Цементогрунтовое основание не способно эффективно отводить воду. Постоянное динамическое воздействие на водонасыщенное цементогрунтовое основание приводит к его уплотнению. Под плитой появляются пустоты, приводящие к изменению положения плиты. Появляются дополнительные напряжения, которые приводят к образованию трещин и других деформаций и разрушений. Асфальтобетон обладает способностью к гашению колебаний. Эта особенность была учтена при разработке типовой серии БЗ.503.9-15.14, вып. 0 «Дорожные одежды при строительстве, реконструкции, капитальном и текущем ремонте автомобильных дорог» ГП «Белгипродор», действующей на территории Республики Беларусь с 2014 года. Для расчетной нагрузки 13 т на ось на дороге высшей технической категории предусмотрено устройство цементобетон-

ного покрытия толщиной 26–28 см, технологической прослойки из черного песка и верхнего слоя основания толщиной 10 см из плотного горячего асфальто-бетона типа А или Б I марки на битуме 70/100. Нижний слой основания предлагается устроить из щебеночной смеси оптимального состава.

При капитальном ремонте так же возможно использование существующего асфальто-бетонного покрытия в качестве основания под слой усиления из цементобетона (whitetopping). Технология whitetopping впервые была применена в 1920-х годах в США. Дальнейшие практики использования этой технологии носили эпизодический характер. В 1990-х, после внесения изменений (уменьшение толщины слоя), технология получила новый импульс к дальнейшему широкому применению.

Технология whitetopping предполагает устройство слоя цементобетона различной толщины от 5–7 до более чем 20 см на эксплуатируемом покрытии (рисунок 2). Перед производством работ необходимо выровнять поверхность путем фрезерования и (или) устройства выравнивающего слоя [4]. В качестве выравнивающего слоя возможно применение песчаного дисперсно-армированного асфальтобетона [5]. Между асфальтобетонным покрытием и цементобетонным слоем усиления толщиной до 10 см должна быть обязательно устроена проклеивающая прослойка. При большей толщине – ее устройство необязательно. Расстояние между швами для такого слоя составляет не традиционные 5–7 м, а всего лишь 1,5–1,8 м.

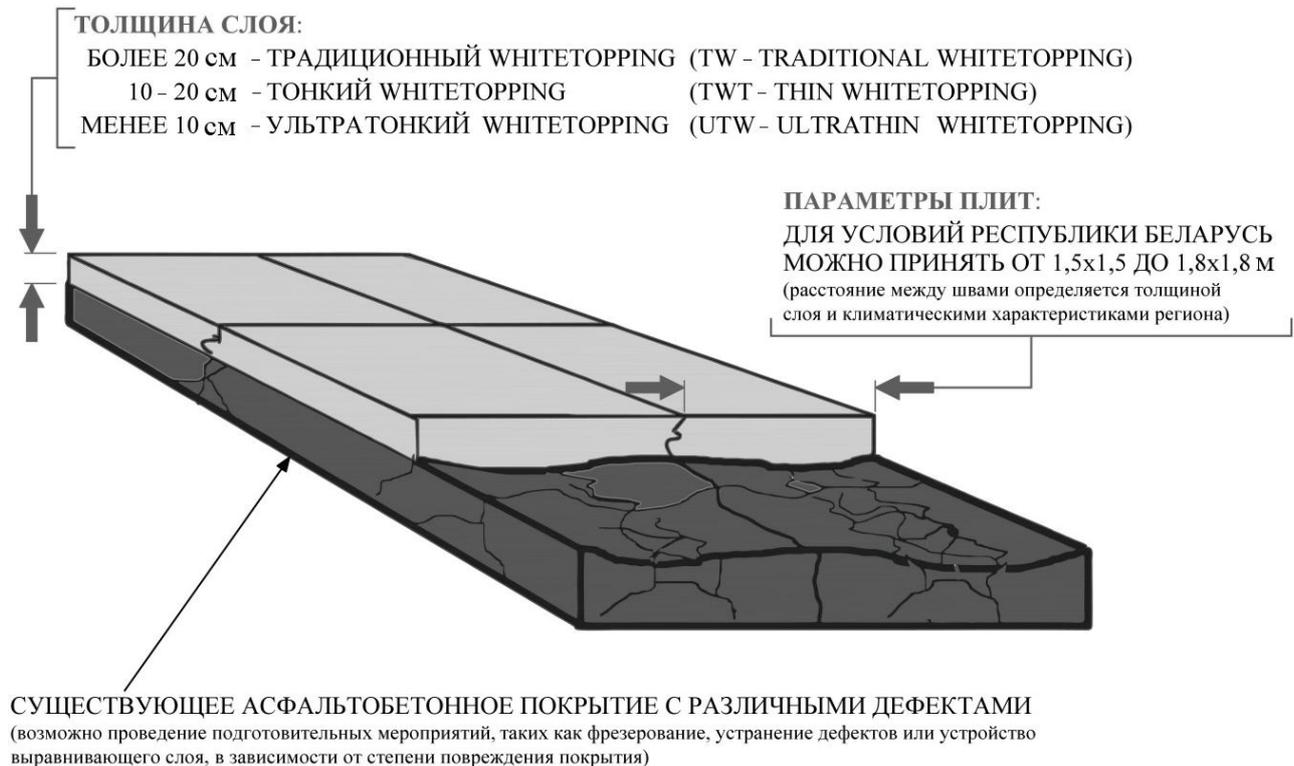


Рисунок 2 – Основные параметры слоев Whitetopping

Учитывая использование в качестве основания для слоя whitetopping существующей дорожной одежды с различными дефектами и деформациями в различных ее точках, а так же различную толщину слоя, необходимым условием надежной и долговечной работы является дисперсное армирование цементобетона высокомодульными волокнами [6]. На сегодняшний день участки автомобильных дорог, устроенные по технологии whitetopping, находятся в США, Германии, Бельгии, Бразилии, Уругвае и многих других странах. Для оценки эффективности этой технологии в климатических условиях Республики Беларусь необходимо устройство опытного участка.

Перекрытие существующего цементобетонного покрытия защитным слоем из асфальтобетона является более трудной задачей. В таком случае сказывается разница в коэффициентах линейного расширения материалов – появляются отраженные трещины. Методика, изложенная в [7], позволяет оценить срок службы по условию образования отраженных трещин на защитном слое асфальтобетона при различных технологиях ремонта. Графики зависимости (в процентах) появившихся отраженных трещин от продолжительности эксплуатации (5 лет), толщины слоя (3,5–12 см), а также вида применяемых мероприятий по ограничению отраженных трещин отображены на рисунках 3–5.

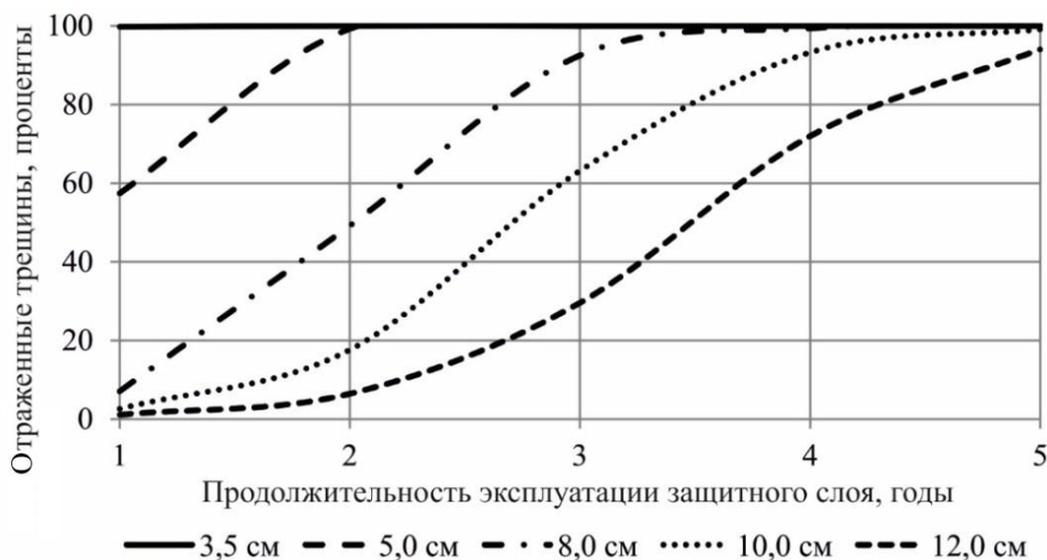


Рисунок 3 – Количество отраженных трещин при устройстве защитного слоя различной толщины без трещинопрерывающей прослойки (проценты)

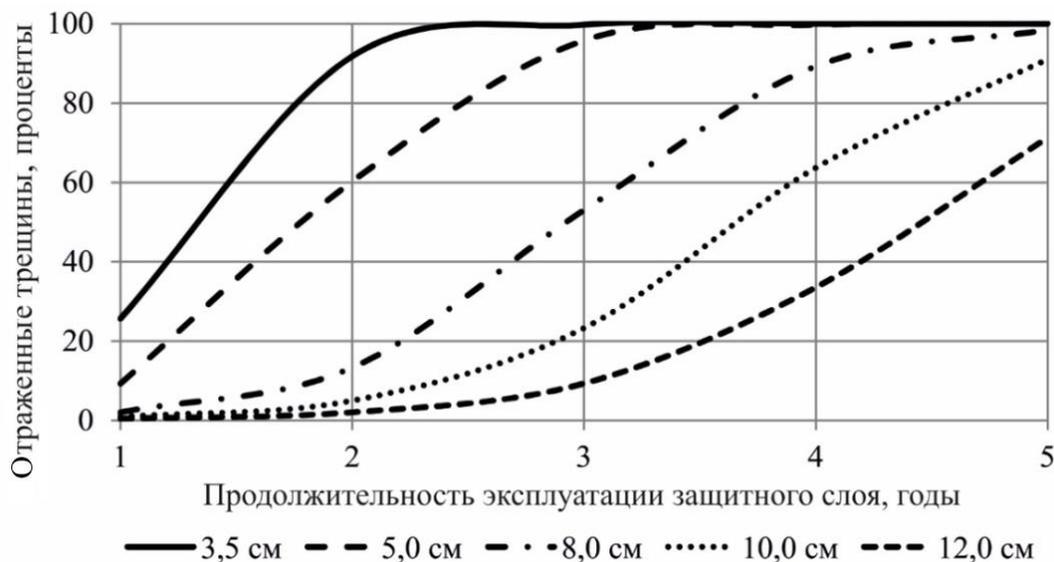


Рисунок 4 – Количество отраженных трещин при устройстве защитного слоя различной толщины с прослойкой из геотекстиля или полимербитумной мембраны (проценты)

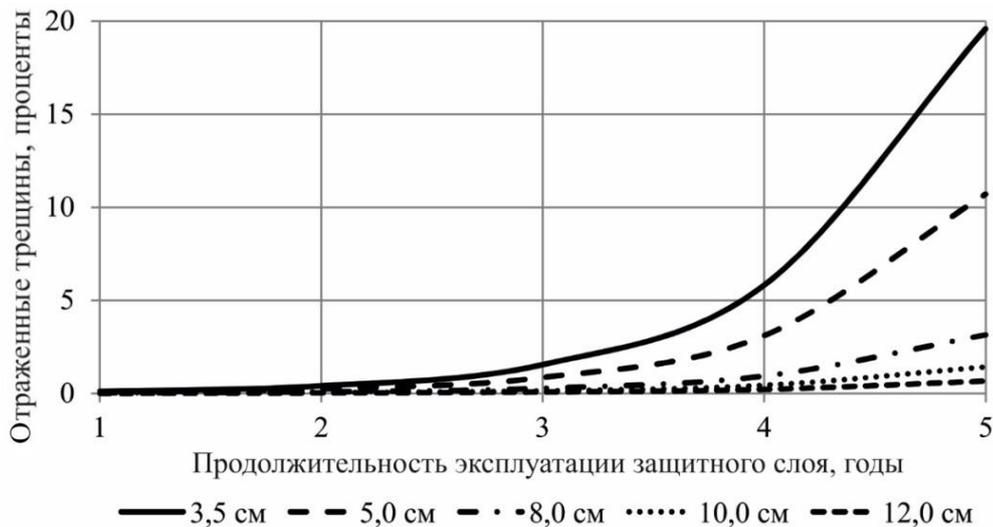


Рисунок 5 – Количество отраженных трещин при устройстве защитного слоя различной толщины с устройством организованных трещин (проценты)

Устройство организованных трещин является действенной мерой, однако такое проектное решение создает уязвимые места в виде швов, но уже в асфальтобетонном покрытии. Эксплуатационная надежность варианта без прослойки достаточно низка. Вариант с устройством прослойки из геотекстиля или полимербитумной мембраны можно считать наиболее оптимальным. В каждом случае с увеличением толщины слоя процент отраженных трещин снижается. При толщине слоя асфальтобетона 18 см количество отраженных трещин будет практически равно нулю. Срок службы защитных слоев по условию образования отраженных трещин (100 %) при различной толщине представлен на рисунке 6.

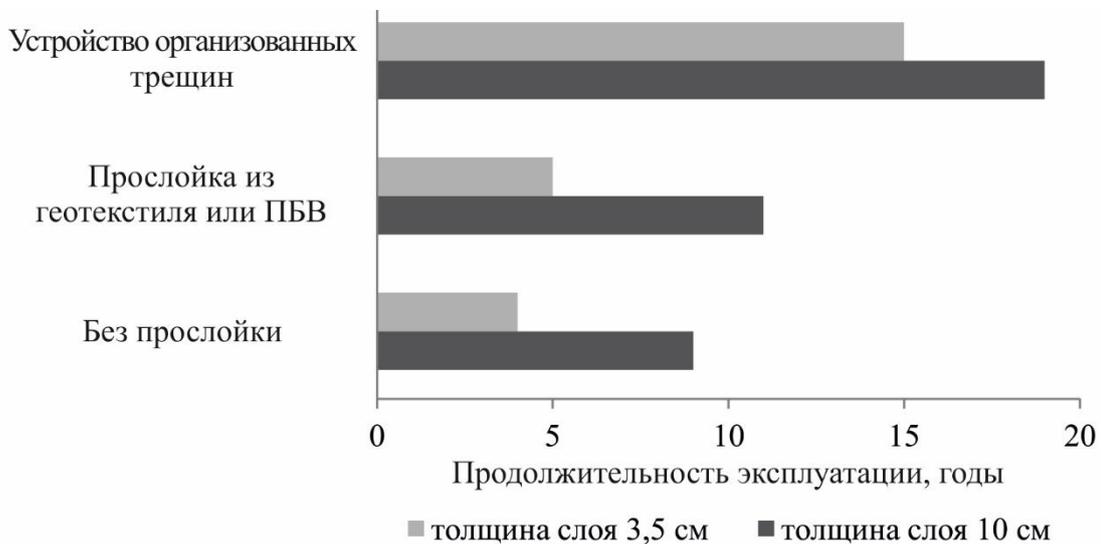


Рисунок 6 – Срок службы защитных слоев при различных технологиях предотвращения отраженного трещинообразования

Оптимальная толщина слоя асфальтобетона при капитальном ремонте цементобетонных покрытий определяется, исходя из следующих условий: минимизации вероятности появления отраженных трещин и максимального использования прочностных качеств существующего жесткого покрытия. Увеличение толщины слоя асфальтобетона неизбежно приводит к возрастанию напряжений в теле материала от воздействия транспортной нагрузки – асфальтобетон начинает выполнять роль несущего элемента конструкции. Устройство слоя толщиной 10 см позволяет создать оптимальные условия для работы такой дорожной кон-

струкции [8]. Целесообразно устраивать двухслойное защитное покрытие (6 + 4 см), нижний слой которого будет выполнять также функции выравнивающего. В нижнем слое для сокращения экономических затрат можно использовать крупнозернистые и мелкозернистые пористые и высокопористые асфальтобетоны, так как их стоимость меньше стоимости плотных асфальтобетонов. Также возможно в нижнем слое использование асфальтобетонов на местных материалах (кварцевый песок), например песчаного асфальтобетона толщиной 5 см. Трещиностойкость песчаного асфальтобетона повышается введением дисперсного волокна. Для оценки эффективности применения местных материалов в каждом конкретном случае необходимо устройство опытного участка.

На рисунке 7 приведена конструкция дорожной одежды при ремонте участка автомобильной дороги II технической категории М10 км 374-378 (работы выполнялись в 2016 году). Следует отметить использование модифицированного битума как при устройстве мембраны, так и при приготовлении асфальтобетонной смеси для верхнего слоя. Слой из черного щебня предотвращает разрушение мембраны при движении дорожно-строительных машин.

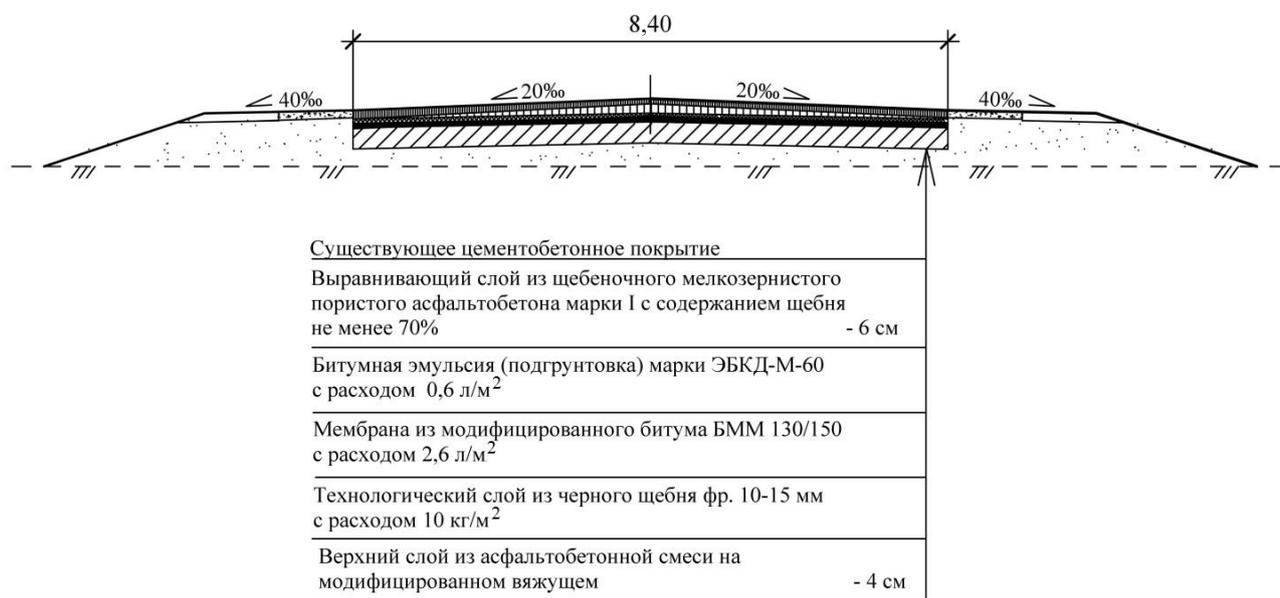


Рисунок 7 – Конструкция дорожной одежды при капитальном ремонте участка автомобильной дороги М10 км 374-378

Заменить мембрану из модифицированного битума и технологический слой из черного щебня, при должном экономическом обосновании, можно на прослойку из рулонных геосинтетических материалов. В Республике Беларусь накоплен достаточный опыт использования трещинопрывающих прослоек из геосинтетических материалов при ремонте цементобетонных покрытий [9]. При армировании применяются как стеклосетки, так и сетки из высокомолекулярного полиэстера. Наилучшие результаты достигаются при использовании геосетки NaTelit C40/17 (предельная прочность – 50 кН/м, растяжение при разрыве – 12 %).

Выводы

1. Оптимальным сочетанием в конструкциях дорожных одежд асфальто- и цементобетона является использование асфальтобетона толщиной около 10 см в качестве основания под жесткую цементобетонную плиту при новом строительстве.

2. Капитальный ремонт нежестких дорожных одежд с применением цементобетона при развитой материально-технической базе дорожного хозяйства позволит существенно (на 5–10 лет) увеличить межремонтный срок службы.

3. При ремонте цементобетонных покрытий применение асфальтобетона в качестве защитного слоя целесообразно только при устройстве трещинопрерывающей прослойки и толщине слоя около 10 см.

Список литературы

1. Дорожный асфальтобетон / А. М. Богуславский [и др.] / под ред. Л. Б. Гезенцева. – М. : Транспорт, 1985. – 350 с.
2. Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования. Вып. 0. Материалы для проектирования [Электронный ресурс]: 3.503-71/88. – Режим доступа : <https://dwg.ru/dnl/8312>.
3. Радовский, Б. С. Строительство дорог с цементобетонными покрытиями в США : новые тенденции / Б. С. Радовский // Дорожная техника : каталог-справочник. – СПб. : ООО «Славутич», 2010. – С. 62–70.
4. Богданович, С. В. Бетон : дороже, но дешевле : [о строительстве второй Минской кольцевой автодороги : беседа со специалистами БелдорНИИ] / С. В. Богданович, В. В. Киселев // Транспортный вестник. – Минск, 2014. – № 39. – С. 8–9.
5. Александров, Д. Ю. Совершенствование состава и технологии приготовления песчаных асфальтобетонов / Д. Ю. Александров // Техника и технологии строительства : научно-практический сетевой электронный журнал. – Омск : ФГБОУ ВПО «СибАДИ», 2015. – № 2. – С. 6–10.
6. Александров, Д. Ю. О перспективе применения технологии whitetopping при капитальном ремонте автомобильных дорог Республики Беларусь / Д. Ю. Александров, В. П. Бураков // Архитектура, строительство, транспорт : материалы научно-практической конф. (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). – Омск : ФГБОУ ВПО «СибАДИ», 2015. – С. 8–12.
7. Методические рекомендации по ремонту цементобетонных покрытий автомобильных дорог: ДМД 02191.2.005-2006. – Минск, 2006. – 59 с.
8. Корочкин, А. В. Элементы теории и практика повышения технико-эксплуатационных показателей жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук : 05.23.11 / А. В. Корочкин. – М. : МАДИ, 2014. – 49 с.
9. Яромко, В. Н. Реабилитация дорожных покрытий. Опыт применения новых технологий при модернизации автомобильной дороги М1/Е30 Брест – Минск – граница России / В. Н. Яромко. – Минск : РУП «БелдорНИИ», 2002. – 106 с.

Д.Ю. Александров

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»
Оптимальные сочетания в конструкциях дорожных одежд асфальто- и цементобетона*

Рассмотрены основные свойства асфальтобетона и цементобетона, а также дефекты, возникающие в процессе эксплуатации слоев из этих материалов. Выделены причины, вызывающие сложность в совместном использовании в конструкциях дорожных одежд асфальто- и цементобетона. Проанализированы типовые конструкции дорожных одежд, использовавшихся долгое время в практике дорожного строительства. Рассмотрены различные варианты сочетания асфальто- и цементобетона в конструкциях дорожных одежд на основе отечественного и зарубежного опыта. Оценены по эксплуатационным параметрам различные виды оснований жесткой дорожной одежды. Приведена краткая характеристика применяемой за рубежом технологии устройства слоев усиления из цементобетона. Определен основной вид деформации защитных слоев из асфальтобетона, устраиваемых по цементобетонному покрытию. Проанализированы различные конструкционные решения, направленные на предотвращение образования отраженных трещин в защитных асфальтобетонных слоях, такие как устройство трещинопрерывающих прослоек из полимербитумного вяжущего и геосинтетических материалов, а также устройство организованных трещин. Представлены графические зависимости интенсивности отраженного трещинообразования защитных асфальтобетонных слоев цементобетонных покрытий, отличающихся по толщине, и технологии предупреждения копирования дефектов. Эффективная толщина защитного слоя из асфальтобетона определена из условий сохранения целостности жесткой цементобетонной плиты и продолжительности надежной эксплуатации слоя. Сравнение различных сочетаний в конструкциях дорожных одежд асфальто- и цементобетона показало, что цементобетонное покрытие на асфальтобетонном основании обладает наилучшими эксплуатационными качествами, срок службы таких дорожных одежд может достигать 50-ти лет.

АСФАЛЬТОБЕТОН, ЦЕМЕНТОБЕТОН, КОЭФФИЦИЕНТ ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ, WHITETOPPING, РЕМОНТ КАПИТАЛЬНЫЙ, СЛОИ УСИЛЕНИЯ, СЛОИ ЗАЩИТНЫЕ, ТРЕЩИНЫ ОТРАЖЕННЫЕ,

ПРОСЛОЙКИ ТРЕЩИНОПРЕРЫВАЮЩИЕ, МЕМБРАНА ПОЛИМЕРБИТУМНАЯ, МАТЕРИАЛЫ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ, ОДЕЖДЫ ДОРОЖНЫЕ

D.Yu. Aleksandrov

Educational Institution «Belarusian State University of Transport»

Optimal Combination in the Pavement Construction of the Asphalt and Cement Concrete

Basic properties of the asphalt concrete and cement concrete and also defects in the exploitation process of layers of these materials are considered. Reasons caused difficulty in sharing asphalt-and cement concrete in the pavement construction are singled out. Standard pavement constructions applied long in the highway construction are analyzed. Different variants of the asphalt-and cement concrete combination in the pavement constructions on the basis of domestic and foreign experience are considered. Various types of tough pavement substructures according to their performance are estimated. Brief characteristic of the arrangement technology of the cement concrete reinforcement layers applied abroad is given. The basic type of the asphalt concrete protective layer deformation made on the cement concrete revetment is determined. Various constructive decisions aimed at reflected fracturing prevention in protective asphalt concrete layers such as the arrangement of interlayers from the polymer bituminous binding and geosynthetic materials for fraction break and also the arrangement of organized fractions are analyzed. Graphic relationships of the reflected fracturing intensity of the protective asphalt concrete layers of the cement concrete coating differ in thickness and technology of defect duplication prevention are presented. Effective thickness of the asphalt concrete protective layer is determined out of conditions of the tough cement concrete slab integrity preservation and dependable service time of the layer. Comparison of various combinations in pavement constructions of the asphalt-and cement concrete showed that cement concrete coating on the asphalt concrete bottom has the best performance characteristics, service time of these pavements can reach 50 years.

ASPHALT CONCRETE, CEMENT CONCRETE, LINE EXPANSION COEFFICIENT, WHITETOPPING, CAPITAL REPAIR, REINFORCEMENT LAYERS, PROTECTIVE LAYERS, REFLECTED FRACTIONS, INTERLAYERS FOR FRACTION BREAK, POLYMER BITUMINOUS MEMBRANE, GEOSYNTHETIC MATERIALS, ROAD PAVEMENT

Сведения об авторе

Д.Ю. Александров

SPIN-код: 6109-0258

Телефон: 80291051457

Эл. почта: admitr.belsut@mail.ru

Статья поступила 16.06.2016

© Д.Ю. Александров, 2016

Рецензент: Т.В. Скрыпник, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДонНТУ»