

УДК: 625.878.06 (477.6)

А. В. ЗАГОРОДНЯЯ^а, А. Н. ВОЛЧКОВ^б, О. А. ПШЕНИЧНЫХ^б^а ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет», ^б ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ ДОРОЖНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Аннотация. Показано, что для обеспечения асфальтобетонных покрытий противостоять колеейности, трещинообразованию и старению нефтяные дорожные битумы необходимо модифицировать термоэластопластами, комплексными добавками содержащими термоэластопласт и техническую серу, дисперсно армировать. Комплексно-модифицированные асфальтобетоны характеризуются повышенной сдвигоустойчивостью, способностью противостоять старению и трещинообразованию, а асфальтополимерсеробетонные смеси широким интервалом уплотняемости (70–130 °С) и низкой энергией уплотняемости, в два раза ниже, чем для стандартных горячих асфальтобетонных смесей.

Ключевые слова: асфальтобетон, битумополимерные вяжущие, транспортные и климатические воздействия, модификация, долговечность асфальтобетона.

ПОСТАНОВКА НАУЧНОЙ ПРИКЛАДНОЙ ЗАДАЧИ

Комплексное воздействие, с одной стороны, динамических нагрузок, климатических факторов, агрессивных сред и низкого качества материалов, которые используются при строительстве дорог, часто приводит к преждевременным разрушениям асфальтобетонного покрытия. С другой стороны, недостаточная пропускная способность дорожных сетей непосредственно затрагивает эффективность национальной экономики. В зависимости от технической категории дорог, в нормативных документах России СНиП 2.05.02-85* «Автомобильные дороги» и Украины ДБН В.2.3-4:2007 «Автомобильные дороги», сроки между капитальным ремонтом дорожного покрытия составляют 8...12 лет [1–8].

К основным разрушениям асфальтобетонных покрытий (в регионе их протяженность составляет 90 %, а в городах 100 % от общей сети) относятся: пластические деформации в виде колеи, которые возникают при высоких положительных температурах, пересекающие усталостные трещины в покрытии, которые образуются от действия многократных повторяющихся нагрузок, в основном весной и осенью, когда земляное полотно переувлажнено; низкотемпературные поперечные трещины, возникающие в области отрицательных температур при охлаждении покрытия [6, 7].

Современная технология нефтепереработки, и в частности более глубокая переработка нефтяного сырья при производстве битумов ухудшает их эксплуатационные свойства. Качество асфальтобетонных, при прочих равных условиях, зависит от качества нефтяных дорожных битумов [4, 5].

Для того, чтобы улучшить качество вяжущих битумов в России и в Украине, следуя мировым тенденциям, применяют специальные полимерные модификаторы. Они способствуют повышению адгезии органического вяжущего к поверхности минеральных материалов, стойкости покрытия к попеременному замораживанию-оттаиванию или сдвигоустойчивости в области высоких положительных температур [8, 9].

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЯ

Главной целью модификации полимерами к битуму является понижение температурной чувствительности вяжущего, а также придание вяжущему эластичности. Если цель будет достигнута, тогда асфальтобетон с применением ПБВ, будет иметь повышенную сдвигоустойчивость, низкотемпературную трещиностойкость и усталостную долговечность.

© А. В. Загородняя, А. Н. Волчков, О. А. Пшеничных, 2018

Полимерно-битумные вяжущие получают растворением при оптимальных температурно-временных режимах совмещения полимера с битумом или же при предварительном растворении полимера в специальном растворителе (индустриальном масле, сланцевом масле, дизельном топливе и др.) с дальнейшим смешиванием с битумом. Обязательным условием получения ПБВ является совместимость обоих компонентов, что определяется способностью полимера растворяться или набухать в дисперсионной среде битума.

Приготовление битумов, модифицированных полимерами, предусматривает чаще всего повышение температуры совмещения до 150...200 °С и интенсивное перемешивание компонентов.

Разные по составу полимеры оказывают различное действие на свойства модифицированного битума. Классификация термопластов и эластомеров, используемых для модификации дорожных битумов, показана на рисунках 1 и 2 [9–12].



Рисунок 1 – Классификация термоэластопластов, используемых для модификации битума.



Рисунок 2 – Классификация эластомеров, применяемых для модификации битума.

С использованием комплекса современных экспериментальных методов изучены механизмы, явления и процессы, которые происходят в модифицированных системах. Известно, что модифицированные асфальтобетонные смеси отличаются повышенной уплотняемостью в пределах температур 60...130 °С (против 100...130 °С для традиционных горячих асфальтобетонных смесей); пониженной энергоемкостью уплотнения [1] модифицированных асфальтобетонов, которая в 2 раза ниже, чем для традиционных. Они характеризуются более высокой устойчивостью при технологическом старении (в 10 раз меньше) и в 3 раза долговечнее при эксплуатационном старении.

В случае, когда для традиционного асфальтобетона температура хрупкости составляет (–15) – (–17) °С (в Донбассе температура холодной однодневки –29 °С), а переход в вязкотекучее состояние 40...50 °С, то для модифицированных асфальтобетонов температура хрупкости составляет –32 °С, а переход в вязкотекучее состояние 75...80 °С. Они более морозоустойчивы, более сдвигоустойчивы и характеризуются усталостной долговечностью в 3 раза выше, чем традиционные асфальтобетоны [1].

Наиболее эффективными полимерами – модификаторами нефтяных дорожных битумов являются трехблочный полимер бутадиена и стирола стирол-бутадиен-стирол (SBS). Объемы производства БПВ с использованием SBS в странах Европы (2001 г.) составили от 1 % – Финляндия до 15 % Бельгия от 100 % используемого битума, в США – 6,5 % [1–12].

Наиболее радикальным способом повышения качества асфальтополимербетонных смесей является производство полимерно-армированных асфальтобетонов, упрочненных волокнами или нитевидными кристаллами [9]. Дисперсное армирование бетонов позволяет укрепить макро- и микроструктуру асфальтополимербетона, повысить вязкость, долговечность и усталостную прочность покрытия из литой асфальтобетонной смеси.

При растягивающих напряжениях в результате сцепления дисперсно-волокнистых частиц с органическим вяжущим и минеральными частицами асфальтобетона в последнем возникают местные поля напряжений, взаимодействие которых создает в асфальтобетоне сложное напряженное состояние, сглаживает концентрации напряжений у концов трещин, повышает сцепление частиц бетона вследствие развитой поверхности и упрочняет структуру бетона. В результате повышается предельная растяжимость асфальтобетона и процесс трещинообразования становится равномерным (изотропным) и энергоемким [9].

Сочетание в композиционном материале частиц с различными упруго-прочностными характеристиками позволяет повысить модуль упругости и предел выносливости, ударную вязкость и предел прочности при сжатии. Создание полиматричных систем или комбинированных структур – одно из оригинальных и перспективных направлений регулирования свойств композиционных материалов.

Для получения оптимальных полимерно-армированных асфальтобетонов целесообразно использовать сочетание микро- и макроармирующих частиц различных видов. Будучи соизмеримыми, по своим параметрам $d = 0,100\text{--}0,001$ мм, $l = 0,5\text{--}2,0$ мм с размерами зародышевых трещин и самих агрегатов, микроарматура равномерно распределяется в асфальтовяжущем, имея при этом произвольную пространственную ориентацию.

Высокие значения отношения l/d до 100 и произвольная ориентация по объему позволяют микроармирующим элементам эффективно воспринимать в любом направлении растягивающие напряжения, возникающие в матрице при температурных перепадах. При охлаждении асфальтобетона, микроармирующие добавки охватывают температурные микротрещины со всех сторон, препятствуют их развитию и слиянию в макротрещины.

Практическим опытом реализации вышеприведенных положений являются литые асфальтобетоны повышенной сдвигоустойчивости, модифицированные резино-карбонатосодержащим термоэластопластом (РТЭП). РТЭП представляют собой гранулы из резиносодержащего термоэластопласта с тонкодисперсным наполнителем (карбонатом кальция и серой). При объединении РТЭП с битумом при температуре $160\text{--}170$ °С в течение 10...15 минут термопластичная составляющая РТЭП расплавляется в органическом вяжущем, а резиновая и карбонатсодержащая часть выступает в роли армирующего компонента в образующемся полимерно-битумном вяжущем. В этих условиях резиновая составляющая РТЭП набухает в битуме и совместно с наполнителем – карбонатом кальция образует дисперсную фазу, обладающую армирующими свойствами [9].

При охлаждении образуется смешанная интерполимерная структура резинополимерного вяжущего с взаимопроникающими микроструктурами из полимерной добавки и органического вяжущего. Модификация битума БНД 40/60 РТЭП (6 % по массе) расширяет интервал пластичности на 5 °С, обеспечивает полимербитумному вяжущему эластичность $\mathcal{E} = 82$ %. Предел прочности модифицированного литого асфальтобетона в сравнении с немодифицированным при 50 °С возрастает на 10...15 %, предел прочности на сдвиг при 60 °С на 10...25 %.

Одним из наиболее эффективных способов повышения качества бетонов на органических вяжущих является комплексная модификация их микроструктуры введением в нефтяной дорожный битум комплексной добавки (бутадиенметилстирольный каучук СКМС-30 (2 %) + техническая сера (30...40 %) с одновременной механоактивацией поверхности минерального порошка бутадиенметилстирольным каучуком (05 %) из раствора в низкокипящих углеводородах [1]. При оптимальной концентрации активатора (0,5 % СКМС) на поверхности минерального порошка формируется структурированный слой модификатора, приводящей к усилению межмолекулярного взаимодействия на поверхности раздела фаз «модифицированное органическое вяжущее – минеральный материал».

Это приводит к тому, что асфальтополимерсеробетонные смеси с комплексно-модифицированной микроструктурой отличаются повышенной удобоукладываемостью и уплотняемостью в диапазоне температур 60...130 °С. Асфальтополимерсеробетоны отличаются широким интервалом вязкоупругого поведения в покрытии дорожной одежды (температура стеклования – минус 32,5 °С, температура перехода в вязкотекучее состояние 75 °С), повышенным сопротивлением сдвига (устойчивость по Маршаллу 23 кН). Они устойчивы к старению ($K = 1,25$), водостойчивы $K = 0,75$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инновационные технологии ямочного ремонта покрытий внутригородских асфальтобетонных дорог литыми асфальтополимерсеробетонными смесями [Текст] / В. И. Братчун, Д. В. Гуляк, В. Л. Беспалов, В. В. Горяинов, Р. В. Парашевин // Строительный комплекс и ЖКХ: развитие и эффективность в условиях нестабильной среды деятельности : материалы научно-практического круглого стола с международным участием, г. Макеевка, 25 нояб. 2016 г. / редкол.: Е. В. Горохов [и др.]. – Макеевка : ДонНАСА, 2016. – С. 8–10.
2. Галдина, В. Д. Модифицированные битумы [Текст] : учебное пособие / В. Д. Галдина. – Омск : СИБАДИ, 2009. – 230 с.
3. Гохман, Л. М. Комплексные органические вяжущие материалы на основе блоксополимеров типа СБС [Текст] : учеб. пособие / Л. М. Гохман. – М. : ЗАО «ЭКОНИНФОРМ», 2004. – 584 с.
4. Производство нефтяных битумов [Текст] / А. А. Гуреев, Е. А. Чернышева, А. А. Коновалов, Ю. В. Кожевникова. – М. : РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2007. – 103 с.
5. Евдокимова, Н. Г. Разработка научно-технологических основ производства современных битумных материалов как нефтяных дисперсных систем [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук / Н. Г. Евдокимова. – Москва, 2015. – 417 с.
6. Золотарев, В. А. Оценка продолжительности жизни асфальтобетона под действием статистического нагружения [Текст] / В. А. Золотарев // Автомобільні дороги. – 2013. – № 31. – С. 25–33.
7. Золотарёв, В. А. Щебёночно-мастичный асфальтобетон – французский взгляд [Текст] / В. А. Золотарёв // Автошляховик України. – 2005. – № 6. – С. 31–32.
8. Нефтяные битумы с поверхностно-активными добавками, полученными на основе низкомолекулярного полиэтилена [Текст] / Е. О. Колышева, Н. Г. Евдокимова, Р. Н. Гайнанова, В. Ф. Нигматуллин // Наука. Технология. Производство : Тезисы докладов межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / редкол.: Евдокимова Н. Г. [и др.]. – Уфа : УГНТУ, 2012. – С. 25–27.
9. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы с добавками в дорожном строительстве [Текст] / Всемирная дорожная ассоциация. Технический комитет «Нежесткие дороги» (S8) ; Пер. с франц. В. А. Золотарева, инж. Л. А. Беспаловой ; под общ. ред. д. т. н. В. А. Золотарева, д. т. н. В. И. Братчуна. – Харьков : ХНАДУ, 2003. – 229 с.
10. Прогрессивные технологии капитального ремонта дорожных одежд [Текст] / В. В. Мозговой, А. Е. Мерзликин, Л. А. Мозговая [и др.] // Дорожная техника : Каталог-справочник. – Санкт-Петербург : ООО «Славутич», 2007. – С. 126–139.
11. Радовский, Б. С. Проектирование состава асфальтобетонных смесей в США по методу Суперпейв [Текст] / Б. С. Радовский // Дорожная техника : Каталог-справочник. – Санкт-Петербург : ООО «Славутич», 2007. – С. 86–99.
12. Соломенцев, А. Б. Классификация и номенклатура модифицирующих добавок для битума [Текст] / А. Б. Соломенцев // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2008. – № 1. – С. 14–16.

Получено 25.01.2018

А. В. ЗАГОРОДНЯ ^а, О. М. ВОЛЧКОВ ^б, О. О. ПШЕНИЧНИХ ^б ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ МОДИФІКУВАННЯ НАФТОВИХ БІТУМІВ ДОРОЖНІХ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ

^а ДООУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет», ^б ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Показано, що для забезпечення асфальтобетонних покриттів протистояти колійності, тріщинам і старінню нафтові дорожні бітуми необхідно модифікувати термоеластопластами, комплексними добавками, які містять термоеластоласт і технічну сірку, дисперсно армувати. Комплексно-модифіковані асфальтобетони характеризуються підвищеною зсувостійкістю, здатністю протистояти старінню і тріщинам, а асфальтополімерсіркобетонні суміші широким інтервалом щільності (70...130 °С) і низькою енергією щільності, в два рази нижче, ніж для стандартних гарячих асфальтобетонних сумішей.

Ключові слова: асфальтобетон, бітумополімерне в'язуче, транспортні та кліматичні впливи, модифікація, довговічність асфальтобетону.

ANASTASIA ZAGORODNYAYA ^a, ALEXANDER VOLCHKOV ^a,
OLEG PSHENICHNIY ^b

THE CHARACTERISTIC OF STRUCTURE MODIFIED POLYMERIC AND
BITUMINOUS BINDER IN ASPHALT CONCRETE TAKING INTO ACCOUNT
REGIONAL FEATURES OF DONBASS

^a Lugansk National Agrarian University, ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. It is shown that to ensure asphalt-concrete coatings to resist rutting, fissuring and aging, oil road bitumen must be modified with thermoplastic elastomers, complex additives containing thermoplastic elastomer and technical sulfur, dispersed reinforcing. Complex-modified asphalt concretes are characterized by increased shear stability, the ability to withstand aging and cracking, and asphalt-polymer-sulfur-concrete mixtures with a wide compaction interval (70–130 °C) and low compaction energy, is half that of standard hot asphalt mixtures.

Key words: asphaltic concrete, bituminopolymer binders, transport and climatic effects, modification, durability of asphalt concrete.

Загородняя Анастасия Викторовна – аспирант кафедры землеустройства, строительства автомобильных дорог и геодезии ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». Научные интересы: исследование эффективности применения различных типов модификаторов и видов заполнителей для получения асфальтобетонных смесей и их применения для ремонта и строительства автомобильных дорог.

Волчков Александр Николаевич – старший преподаватель кафедры автоматизации и электроснабжения в строительстве ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Пшеничных Олег Александрович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Загородня Анастасія Вікторівна – аспірант кафедри землеустрою, будівництва автомобільних доріг і геодезії ДОУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет». Наукові інтереси: дослідження ефективності застосування різних типів модифікаторів і видів наповнювачів для отримання асфальтобетонних сумішей і їх застосування для ремонту і будівництва автомобільних доріг.

Волчков Олександр Миколаєвич – старший викладач кафедри автоматизації і електроснабження в будівництві ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Пшеничних Олег Олександрович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Zagorodnyaya Anastasia – postgraduate student, Land Management, Road Construction and Geodesy Department, Lugansk National Agrarian University. Scientific interests: study the effectiveness of various types of modifiers and types of aggregates for asphalt mixtures and their use for the repair and construction of roads.

Volchikov Alexander – senior lectures, Electrical Technology and Automatics in Engineering Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective technologies for processing man-made materials in the components of the composite materials.

Pshenichniy Oleg – master's student, Highways and Air Fields Department. Scientific interests: development of effective technologies for processing man-made materials in the components of the composite materials.