

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ

УДК 625.7

Т. В. Скрыпник, канд. техн. наук, А. В. Хоролец

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГЕНЕРИРОВАННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ ДЛЯ РЕМОНТА ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Приведен анализ существующих методов ремонта дорожных покрытий нежесткого типа с использованием регенерированной асфальтобетонной смеси. Определены возможности повторного использования старого асфальтобетона. Рассмотрен опыт применения пластификаторов для восстановления свойств битума и особенности процесса модификации битума полимером в регенерированной асфальтобетонной смеси.

Ключевые слова: модифицированное битумное вяжущее, регенерированная асфальтобетонная смесь, ремонт асфальтобетонного покрытия, полимер-битумное вяжущее

Введение

Самым распространенным материалом для устройства усовершенствованных покрытий на автомобильных дорогах является асфальтобетон. Проблема повторного использования старого асфальтобетона возникла с момента появления первых асфальтобетонных покрытий и в настоящее время становится все более актуальной. Это вызвано тем, что по окончании срока службы в покрытии сохраняется до 80–90 % полезной массы асфальтобетона, пригодной для дальнейшего использования.

Расчетный срок службы (период времени, на протяжении которого в асфальтобетоне не возникают дефекты, снижающие эксплуатационные свойства покрытия) верхнего слоя асфальтобетонных покрытий, устроенных на качественном основании, составляет до 10 лет. Для более длительного срока службы дорожного покрытия в условиях интенсивной эксплуатации необходимо повышение прочности асфальтобетона [1].

Цель работы

Целью исследования является определение преимуществ и недостатков использования регенерированной асфальтобетонной смеси с битумом, модифицированным полимером.

Основная часть

Рост интенсивности движения и особенно увеличение максимальных осевых нагрузок в связи с появлением большегрузных транспортных автомобилей способствует ускорению разрушения дорожных конструкций и образованию трещин на асфальтобетонных покрытиях [2–4].

В результате многих сотен и тысяч нагрузок, а порой и перегрузок покрытия, износа и старения его материалов, а иногда и не очень высокого начального их качества или неполноценного и неравномерного выполнения отдельных дорожно-строительных операций, особенно уплотнения, на нем со временем возникают различные дефекты, деформации и разрушения [1].

На дорожное асфальтобетонное покрытие влияет большое количество факторов, основными из которых являются: ударные нагрузки в зонах контакта колес с покрытием; попеременное замораживание-оттаивание и увлажнение-высыхание; действие солнечной радиа-

ции и других элементов окружающей среды. Это приводит к большому количеству дефектов, образующихся на дорожном покрытии: трещины, выбоины, выкрашивания, шелушения, сдвиги, наплывы, волны, колейность и др. [1, 5, 6]. Рассматривая влияние этих факторов, можно выделить три вида напряженно-деформационного состояния асфальтобетона и связанные с этим три вида возможных дефектов и разрушений покрытия.

Первый – напряжения на сдвиг под действием нагрузки. В условиях высокой температуры под влиянием этих напряжений могут появляться опасные смещающие деформации асфальтобетона, снижающие скорость движения и приводящие в отдельных случаях к преждевременному разрушению покрытия.

Второй – возникновение напряжений на растяжение при снижении температуры в холодное время года и образование вследствие этого трещин, что приводит во многих случаях к преждевременному разрушению покрытия и снижению его долговечности.

Третий – работа асфальтобетона на износ под воздействием транспортной нагрузки в сочетании с влиянием переменных климатических факторов. Все это в значительной мере определяет показатели транспортно-эксплуатационных свойств и долговечность дорожного покрытия в целом.

В дорожных покрытиях, при движении современных автомобилей, возникают значительные горизонтальные (сдвиговые) усилия, достигающие величины вертикальных и составляющие 0,6–0,8 МПа. Горизонтальные усилия возникают при торможении, трогании с места и изменении скорости движения. Эти усилия вызывают на асфальтобетонном покрытии напряжения смещения и сопутствующие им деформации – волны, наплывы и колейность.

Напряжения, возникающие в дорожной одежде при проезде автомобиля от воздействия нормального и тангенциального усилий, затухают по глубине [7].

Показатели автомобильных нагрузок определяют их влияние на дорожную одежду, ее напряженно-деформированное состояние, износ, работоспособность и срок службы [7].

Опыт показывает, что с уменьшением прочности дорожной одежды площадь ямочности в процессе эксплуатации резко увеличивается.

В любом случае выбоины и ямы необходимо устранять на ранней стадии их образования. Опыт показывает, что каждая одиночная не устраненная выбоина увеличивается в размерах и способствует появлению новых выбоин. Вначале этот процесс проходит медленно, а затем приобретает лавинообразный характер. Если стоимость ямочного ремонта, выполненного ранней весной, принять за единицу, то с опозданием на 2–3 месяца стоимость ремонтно-восстановительных работ может вырасти в 3–5 раз [2, 5].

Характерная особенность асфальтобетона, как материала на термопластичных органических вяжущих, не позволяет однозначно идентифицировать его как вязкоупругое или твердое (хрупкое) тело [5]. При отрицательных температурах испытания, близких к температуре стеклования органического вяжущего, и при воздействии циклических нагрузок большой величины асфальтобетон ведет себя как хрупкое тело, при этом разрушающая трещина очень четкая и полностью обозначена. При положительных температурах материал ведет себя уже как вязко-упруго-пластическое тело, при этом процесс начала разрушения проявляется раньше и разрушения нечетко выражены [4, 8].

Исследованиями установлено, что поверхность покрытия автомобильной дороги, которая требует локального текущего ремонта, ежегодно может составлять до 2–3 % от общей площади покрытия дороги или ее участка. А когда повреждения значительные и дефекты достигают 12–15 %, принято выполнять ремонт на 100 % площади [1].

В процессе эксплуатации дороги снижается прочность дорожной одежды, ухудшается ровность и целостность покрытия. Традиционно ремонт покрытия проводят путем устройства выравнивающего слоя из асфальтобетонной смеси с укладкой дополнительного слоя износа. Этот способ имеет существенные недостатки: образование во вновь уложенных или

восстановленных слоях покрытия отраженных трещин и, в конечном итоге, сокращение срока службы отремонтированного покрытия по сравнению с расчетным сроком его службы [2, 5]. С появлением дорожных фрезерующих машин (холодных фрез) стал широко применяться способ «переукладки», который заключается в удалении слоев асфальтобетона, которые имеют значительное количество трещин или потеряли несущую способность, и дальнейшего устройства новых монолитных слоев. Этот способ ремонта позволяет получить дорожную одежду со сроком службы как при новом строительстве [5].

В зарубежной практике переработку старого асфальтобетона начали широко применять в конце 70-х гг. [2]. Тогда была изучена и введена регенерация на дороге (горячая и холодная); фрезерование покрытия (горячее и холодное); переработка старого асфальтобетона на базе существующего АБЗ. В настоящее время для переработки старого асфальтобетона выпускаются специальные дорожные машины и установки. Они стали неотъемлемой составной частью машинно-дорожных отрядов для выполнения дорожно-ремонтных работ во всех развитых странах мира.

В Украине переработка старого асфальтобетона внедряется с начала 80-х гг. Регенерация на дороге (термопланирование, термоусиление) выполняется с использованием зарубежных машин, в основном производства Германии (в частности, ремиксер фирмы «Wirtgen»). Применяются также машины для фрезерования покрытий («Wirtgen», «Robot», «Vogel») [2, 9].

На сегодняшний день в ДНР при резком увеличении стоимости и дефицитности дорожно-строительных материалов, особенно органических вяжущих, создаются условия, при которых традиционный ремонт улиц и дорог с постоянным наращиванием дорожных одежд за счет устройства новых слоев асфальтобетона не является экономичным. Требования к капитальному ремонту автомобильных городских дорог в настоящее время заключаются в следующем:

- расход новых дорожно-строительных материалов, особенно органических вяжущих, должен быть минимальным;
- надежность и прочность отремонтированного покрытия должна соответствовать показателям покрытия, которое построено из новых материалов;
- в процессе выполнения капитального ремонта препятствия движущемуся транспорту должны быть сведены к минимуму.

Рациональное применение старого асфальтобетона, в результате которого удастся использовать имеющиеся в нем материалы, в том числе дефицитный битум, представляет одну из важнейших научно-технических проблем. Ее решение позволит резко снизить потребность дорожного хозяйства в асфальтобетоне и в битуме [2, 3, 8, 10].

Существуют два способа использования старого асфальтобетона: повторное использование и регенерация.

Повторное использование предполагает использование старого асфальтобетона после несложной переработки (или без нее) в несвязных слоях дорожной одежды и для укрепления обочин. Возможно его применение вместо черного щебня, а также для изготовления штучных изделий (плит, камней для мощения и др.) [5].

Регенерация старого асфальтобетона предусматривает его переработку различными методами с целью возвращения ему первоначальных свойств [5]. Обычно для восстановления старого асфальтобетона рекомендуют вводить органические вяжущие: жидкий битум, битумную эмульсию, отработанные масла и т. п. [4].

Учитывая, что старый асфальтобетон является ценным сырьем, следует признать наиболее предпочтительным его регенерацию с последующим использованием в покрытии и верхнем слое основания.

Различают холодное и горячее фрезерования покрытий в зависимости от использованных средств механизации. Холодное фрезерование в зарубежной практике выполняют

специальными дорожными фрезами, рабочими элементами которых являются резцы из высокопрочных материалов. Ассортимент фрез огромен: фирма «Wirtgen» (Германия) выпускает фрезы с шириной фрезерования от 0,3 до 4,2 м, которые автоматически обеспечивают фрезерование на заданную глубину, выполняют заданные продольный и поперечный уклоны. Горячее фрезерование выполняют фрезами, которые представляют собой машины со сменными нагревателем и оборудованием для фрезерования – например, на базе машины «Unimog» производства Германии [5, 10].

Виды регенераций дорожного покрытия и их методы применения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Виды регенераций дорожного покрытия и их методы применения [5, 10]

Вид регенерации	Методы применения
Холодная регенерация	<p>Холодное фрезерование применяют для: снятия старого покрытия с трещинами, чтобы предупредить их выход на новое покрытие при усилении дорожной одежды; для восстановления поперечного профиля дорожной одежды и устранения колеи, выбоин и других деформаций; увеличения вертикального габарита путепровода над дорогой; уменьшения собственного веса дорожной одежды на мостах и путепроводах; сохранения высоты бордюров и отметок водосборных, водоотводных и дренажных систем в населенных пунктах, на городских улицах и в других случаях.</p> <p>Методы холодной регенерации включают в себя снятие и дробление материала слоев асфальтобетонного покрытия, их обработку органическим или минеральным вяжущим с добавлением или без добавления новых минеральных материалов, укладку и уплотнение [4, 6, 7]</p>
Горячая регенерация	<p>При горячем фрезеровании смесь можно применять для устройства оснований тротуаров и дорог с незначительной интенсивностью движения.</p> <p>Для горячей регенерации одной из основных операций является разогрев старого асфальтобетонного покрытия. Задача состоит в том, чтобы плавно разогреть обрабатываемый слой асфальтобетона до температуры его переработки и при этом не перегреть вяжущее, которое при высокой температуре ухудшает свои свойства за счет испарения легких фракций и выгорает, если нагрев превышает температуру вспышки вяжущего, равной 180–220 °С для вязких и 45–110 °С для жидких битумов [4, 6, 7]</p>

Температура переработки асфальтобетона на вязких битумах колеблется от 100 °С до 150 °С, в отдельных случаях до 180–200 °С. Экономические расчеты показывают, что использование регенерированного асфальтобетона может дать народному хозяйству значительную экономию денежных и материальных средств, а также быть дополнительным источником материалов для устройства оснований и покрытия автомобильных дорог.

Одним из путей регенерации (восстановления) асфальтобетона является его пластификация. Как пластификаторы битума можно применять госсиполовую смолу, моторную нефть, экстракты селективной очистки масляных фракций нефти, антраценовое масло, мазут, которые сочетаются с высокомолекулярными связями и предоставляют им определенные физические свойства (пластичность и эластичность), а также уменьшают вязкость и хрупкость. Все модификаторы, которые применяются для регенерации старого асфальтобетона, должны хорошо сочетаться с битумом, иметь малую летучесть и достаточную стабильность состава во времени. Кроме того, технологический процесс регенерации с использованием

модификаторов должен быть простым, а сами модификаторы – доступны по цене и недефицитны. Они не должны оказывать вредного воздействия на людей в процессе производства работ.

Свойства битума при холодном фрезеровании, в отличие от горячего фрезерования, не изменяются. Однако следует учитывать, что фрезерование производят на старых асфальтобетонных покрытиях, битум в которых за годы эксплуатации значительно постарел в результате сложных структурных и химических превращений под воздействием на материал различных факторов: кислорода и температуры воздуха, солнечной радиации, воды и т. п.

В процессе старения в битумах происходит интенсивное накопление асфальтенов, при этом доля ароматических углеводородов уменьшается. Все это приводит к ухудшению коллоидной стабильности битумов и их физико-механических свойств: нарастанию вязкости, снижению пластичности и деформативности, повышению хрупкости. Таким образом, использование фрезерованного асфальтобетона без проведения мероприятий по восстановлению свойств битума способствует повышенной хрупкости, склонности к трещинам материалов, изготовленных на его основе [4, 6, 7].

Улучшение деформативных свойств битума при модификации объясняется частичным восстановлением коллоидной структуры битума. При этом имеет место внешняя пластификация асфальтенов и твердых смол, входящих в состав битума под действием углеводородов пластификатора [4, 6].

Анализ теоретических исследований [2, 5, 9] показал, что для более полного восстановления коллоидной структуры постаревшего битума следует использовать катионактивные ПАВ (поверхностно-активные вещества). Известно, что стабильность битума определяется совместимостью асфальтенов и мальтенов (углеводородов, смол). Совместимость может быть улучшена путем повышения лиофильности асфальтенов и диспергирующей способности мальтенов. Введение катионактивных ПАВ позволяет повысить коллоидную стабильность битума и сохранить ее в процессе старения. Оптимальное количество вводимых ПАВ колеблется от 0,5 % до 1,5 %.

Поэтому необходимо подобрать такое оптимальное концентрационное соотношение полимера в битуме, при котором его влияние на комплекс положительных реологических и деформационно-прочностных характеристик вяжущего было бы максимальным [3, 4, 6, 7, 8].

При этом повторное использование старого асфальтобетона дает экономический эффект, тем более что необходимость в дополнительных расходах определяется только средствами, которые используются на непосредственный процесс его переработки. Материал, его подготовка и транспортировка не требуют дополнительных затрат.

Выводы

В условиях ограниченного финансирования дорожно-эксплуатационной службы и повышения требований к транспортно-эксплуатационному состоянию автомобильных дорог, увеличение продолжительности срока службы отремонтированных покрытий возможно за счет разработки специальных материалов для ремонта покрытий автомобильных дорог.

Одним из таких материалов является асфальтобетонная смесь на основе регенерированного асфальтобетона с битумом, модифицированным полимером.

Преимущества регенерированной асфальтобетонной смеси с битумом, модифицированным полимером, соответствуют особенностям технологии ремонтных работ дорожных покрытий и условиям их дальнейшей эксплуатации.

Список литературы

1. Костельов, М. П. Современные методы и средства ямочного ремонта дорожных покрытий / М. П. Костельов // Каталог-справочник «Дорожная техника – 2001». – Санкт-Петербург, 2001. – С. 16–19.
2. Братчун, В. И. Модифицированные дегти и дегтебетоны повышенной долговечности / В. И. Братчун, В. А. Золотарев. – Макеевка : МИСИ, 1998. – 226 с.
3. Caudenberg, Sharlede / Nice, France, German Patent, De-semwer 10. – № 116 –1989. – 126 p.
4. Рыбьев, И. А. Асфальтовые бетоны / И. А. Рыбьев. – Москва : Высшая школа, 1969. – С. 221–229.
5. Максименко, В. А. Ремонт трещин асфальтобетонных покрытий с использованием органоминеральных смесей на основе сфрезерованного асфальтобетона / В. А. Максименко, Е. В. Углова, А. В. Пасечников // Сборник трудов Международной НПК «Строительство-2001». – Ростов-на-Дону, 2001. – С. 8–10.
6. Уменьшение трещинообразования покрытий на цементогрунтовой основе / Ю. М. Васильев, А. А. Надежко [и др.]. – Москва : Автомобильные дороги. – 1979. – № 8. – С. 14–16.
7. Губа, В. В. Дефекты асфальтобетонного покрытия / В. В. Губа, Д. С. Рыжикова // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса : материалы V международной научно-практической конференции, 22 мая 2019 г. – Горловка : АДИ ГОУВПО «ДОННТУ», 2019. – С. 251–255.
8. Robson, J. City Investigates Different Roadway Repair Methods / J. Robson, M. Cohen // Public Work, 1984. – № 115(4). – P. 70–71.
9. Васильев, А. П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения / А. П. Васильев, В. М. Сиденко ; под редакцией А. П. Васильева. – Москва : Транспорт, 1980. – 234 с.
10. Бахрах, Г. С. Регенерация покрытий и дорожных одежд нежесткого типа / Г. С. Бахрах // Наука и техника в дорожной отрасли. – 1998. – № 3. – С. 18–21.

Т. В. Скрыпник, А. В. Хоролец

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

Опыт применения регенерированной асфальтобетонной смеси

для ремонта покрытия автомобильных дорог

Рациональное применение старого асфальтобетона, в результате которого удастся использовать имеющиеся в нем материалы, в том числе дефицитный битум, представляет одну из важнейших научно-технических проблем. Ее решение позволит резко снизить потребность дорожного хозяйства в асфальтобетоне и в битуме. Учитывая, что старый асфальтобетон является ценным сырьем, следует признать наиболее предпочтительным его регенерацию с последующим использованием в покрытии и верхнем слое основания. В статье определены существующие методы ремонта дорожных покрытий нежесткого типа с использованием регенерированной асфальтобетонной смеси. Рассмотрен опыт применения модификаторов для восстановления свойств битума в регенерированном асфальтобетоне.

Одним из путей регенерации (восстановления) асфальтобетона является его пластификация. Пластификаторы, которые применяются для регенерации старого асфальтобетона, должны хорошо сочетаться с битумом, иметь малую летучесть и достаточную стабильность состава во времени. Анализ теоретических исследований показал, что для более полного восстановления коллоидной структуры постаревшего битума следует использовать катионактивные ПАВ (поверхностно-активные вещества). Введение катионактивных ПАВ позволяет повысить коллоидную стабильность битума и сохранить ее в процессе старения.

Установлено, что в условиях ограниченного финансирования дорожно-эксплуатационной службы и повышения требований к транспортно-эксплуатационному состоянию автомобильных дорог, увеличение срока службы отремонтированных покрытий является актуальной и важной задачей дорожной отрасли.

Повысить качество ремонтных работ и продолжительность безотказной работы дорожных покрытий после ремонта возможно на основании разработки специальных материалов для ремонта покрытий автомобильных дорог. Одним из таких материалов является пластифицированная асфальтобетонная смесь на основе регенерированного асфальтобетона.

Таким образом, можно сделать вывод, что повторное использование старого асфальтобетона дает экономический эффект, тем более что необходимость в дополнительных расходах определяется только средствами, которые используются на непосредственный процесс его переработки. Материал, его подготовка и транспортировка не требуют дополнительных затрат.

МОДИФИЦИРОВАННОЕ БИТУМНОЕ ВЯЖУЩЕЕ, РЕГЕНЕРИРОВАННАЯ АСФАЛЬТОБЕТОННАЯ СМЕСЬ, РЕМОНТ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ, ПОЛИМЕР-БИТУМНОЕ ВЯЖУЩЕЕ

T. V. Skrypnik, A. V. Khorolets
Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka
Experience of Using Reclaimed Road Concrete Mix for Road Pavement Repair

The rational use of old asphalt concrete, as a result of which it is possible to use the materials available in it, including scarce bitumen, is one of the most important scientific and technical problems. Its solution will dramatically reduce the need of road facilities in asphalt concrete and bitumen. Considering that old asphalt concrete is a valuable raw material, it should be recognized as the most preferable for its regeneration with subsequent use in the coating and the upper layer of the base. The article identifies existing methods for repairing non-rigid pavements using reclaimed road concrete mixes. The experience of using modifiers to restore the properties of bitumen in reclaimed asphalt concrete is considered.

One of the ways of reclaiming (recovery) of asphalt concrete is its plasticization. Plasticizers, which are used to reclaim old asphalt concrete, should be well combined with bitumen, to have low volatility and sufficient stability of the composition over time. An analysis of theoretical studies has shown that for a more complete recovery of the colloidal structure of aged bitumen, cationic surface-active substances (surfactants) should be used. The introduction of cationic surfactants can increase the colloidal stability of bitumen and maintain it during ageing process.

It is established that in the conditions of limited funding of road maintenance services and increasing requirements for the transport and operational condition of roads, increasing the service life of repaired pavements is an urgent and important task of the road industry.

It is possible to improve the quality of repair work and the duration of no-failure operation of road pavements after repair based on the development of special materials for repairing road pavements. One of these materials is a plasticized road concrete mixture based on the reclaimed asphalt concrete.

Thus, it can be concluded that the reuse of old asphalt concrete gives an economic effect, especially since the need in additional costs is determined only by the funds that are used for the direct process of its processing. The cost of the material, its preparation and transportation do not require additional costs.

MODIFIED ASPHALT BINDER, RECLAIMED ROAD CONCRETE MIX, ASPHALT PAVEMENT REPAIR,
POLYMER- ASPHALT BINDER

Сведения об авторах:

Т. В. Скрыпник

SPIN-код: 2966-5060

Researcher ID: G-5121-2016

Телефон: +38 (06242) 4-40-39

Эл. почта: skrypnik_tv@rambler.ru

А. В. Хоролец

Телефон: +38 (071) 367-51-09

Эл. почта: horolecanna001@gmail.com

Статья поступила 07.04.2020

© Т. В. Скрыпник, А. В. Хоролец, 2020

Рецензент: В. В. Губа, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»