

Министерство образования Украины
УКРАИНСКИЙ ТРАНСПОРТНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 625.712.63

На правах рукописи

БОГДАНОВ БРИИ ВАСИЛЬЕВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ

РЕГЕНЕРАЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИИ ПРОПИТКОЙ

Специальность 05.22.11 - Автомобильные дороги и
аэродромы

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Киев - 1996



00754324 (P)

Диссертацией является рукоп

Работа выполнена в Харьковском государственном
автомобильно-дорожном техническом университете.

Научные руководители -
заслуженный работник народного образования Украины,
канд. техн. наук, профессор - С.И.Михович
канд. техн. наук, доцент - М.С.Стороженко

Официальные оппоненты -
докт. техн. наук, профессор, академик Транспортной Академии
Украины - Заворицкий Владимир Иосифович.
канд. техн. наук, заслуженный строитель Украины -
Тарасенко Леонид Петрович.

Ведущая организация - Харьковское областное производственное
управление строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

Защита состоится "24" апреля 1996г. в 10 часов
на заседании специализированного Совета Д.01.27.03 при Украинском
транспортном университете по адресу: 252601 г.Киев - 10,
ул.Суворова I, ауд.333а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Украинского
транспортного университета.

Автореферат разослан "24" марта 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного
ученого Совета,
кандидат технических наук

А.М.Пальчик

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время происходит принципиальное изменение технической и инвестиционной политики в дорожной отрасли. Оно характеризуется переходом от преимущественного строительства новых дорог к содержанию и ремонту существующих. Основной проблемой в области ремонта является разработка ресурсосберегающих технологий.

Опыт эксплуатации нежестких дорожных одежд показывает, что одной из основных причин разрушения асфальтобетонных покрытий в 3 и 4 дорожно-климатических зонах является старение битума в асфальтобетоне и обусловливаемое им снижение деформативности. Эти факторы являются причиной образования трещины на покрытии. При выполнении ремонтных работ не всегда учитываются изменения физико-механических свойств в результате старения, вследствие чего эффективность ремонтов снижается. В связи с этим в настоящей работе рассмотрены пути восстановления асфальтобетона покрытия, позволяющие повысить трещиностойкость и деформативность материала покрытия, замедлить процессы старения.

Цель работы. Разработка технологии регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой регенерирующими составами, позволяющей восстановить и стабилизировать эксплуатационные и физико-механические свойства асфальтобетона, повысить трещиностойкость покрытия.

Научная новизна работы заключается в исследовании комплексного восстановления пластичных и гидрофобных свойств асфальтобетонных покрытий и разработке на этой основе технологии регенерации их пропиткой. При этом технологические воздействия направлены на восстановление и стабилизацию свойств асфальтобетона во времени.

Практическая ценность работы заключается в разработке рекомендаций по технологии регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой регенерирующими составами, позволяющей восстанавливать эксплуатационные и физико-механические свойства асфальтобетона покрытия, замедлять процессы старения, т.е. добиваться стабилизации свойств асфальтобетонных покрытий. Применение предложенной технологии позволяет продлить долговечность асфальтобетонных покрытий, сократить объемы ремонтных работ, сэкономить материально-технические и трудо-

вые ресурсы.

Внедрение. Опытная проверка результатов исследования проводилась на дорогах Украины (г. Харьков и а/д Каховка-Геническ) и России (а/д Ростов-Баку). Разработанная технология регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой внедрена в Управлении "Севкававтодорога". Результаты настоящих исследований использованы в проекте "Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог Украины". Внедрение результатов исследований в дорожно-эксплуатационных организациях Украины позволит получить экономический эффект 6790120 крб. на 1000 м² (в ценах января 1994г.).

Апробация. Материалы диссертации обсуждались на научно-технических конференциях в г. Владимир, Суздаль, Ростов.

Публикации. По результатам исследования опубликовано 7 печатных работ и подготовлена 1 заявка на предполагаемое изобретение.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы из 151 наименований и 5 приложений. Работа изложена на 241 страницах, в том числе 146 основного текста, 58 рисунков и 46 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведен обзор и анализ состояния исследований по технологии регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой. Проанализированы причины образования трещин на асфальтобетонных покрытиях и существующие способы повышения деформативности и трещиностойкости асфальтобетона в покрытиях. На основе анализа работ Бахраха Г.С., Бируля А.К., Глетьа В., Золотарева В.А., Ильева Э.Б., Лупанова Л.П., Матросова А.П., Михеевой О.В., Миховича С.И., Мозгового В.В., Пиппики И., Радовского Б.С., Руденского А.В., Стороженко М.С., Сюньи Г.К. и др. ученых к настоящему времени разработан ряд предложений по восстановлению трещиностойкости и повышению деформативности асфальтобетонных покрытий.

Эффективным способом восстановления асфальтобетонных покрытий является регенерация асфальтобетона. Различают регенерацию асфальтобетонного покрытия и регенерацию собственно асфальтобетона в покрытии.

На основе критического анализа состояния вопроса ус-

тановлено, что существующие способы ремонта асфальтобетонных покрытий не всегда учитывают изменения физико-механических свойств, являющихся результатом старения асфальтобетона. Ряд способов (Remix, термопластификация), учитывающие восстановление свойств асфальтобетона, являются достаточно трудоемкими и материалоемкими, требуют применения дорогостоящих машин. Выполнение работ указанными способами оправдано при наличии на покрытии значительных деформаций. Регенерация асфальтобетонных покрытий способом пропитки поверхностного слоя асфальтобетона регенерирующим составом является эффективной технологией, применяемой непосредственно на дороге. К настоящему времени предложено большое количество регенерирующих веществ, основной задачей которых является восстановление пластичных свойств битума асфальтобетона. Несмотря на большой перечень веществ, рекомендуемых в качестве пластификаторов, применение многих из них ограничено их высокой стоимостью (моторная нефть, зеленое и антраценовое масла, керосин, дизельное топливо). Эффективность некоторых рекомендуемых регенерирующих веществ (дизельное топливо, нефтяной гудрон, жидкий битум, керосин) невысокая.

За рубежом существует множество "омолаживающих" составов: "Рекламайт", "Циклоген", "Жильбинд" и др. Однако состав пластификаторов, применяемых за рубежом, технологические режимы и параметры регенерации асфальтобетонных покрытий этими пластификаторами, не известны.

Будучи простым и эффективным способом восстановления свойств асфальтобета в покрытии, в нашей стране не получил до настоящего времени распространения, что связано с отсутствием научных разработок по технологии регенерации асфальтобетонных покрытий пластификаторами с целью восстановления и стабилизации эксплуатационных свойств асфальтобетонных покрытий и оптимизации технологических режимов и параметров.

Появилась необходимость разработать на основе исследования комплексного воздействия относительно недорогих регенерирующих веществ на эксплуатационные свойства асфальтобетонных покрытий эффективную технологию регенерации с применением этих веществ.

В соответствии с поставленной целью сформулированы задачи исследования:

1 - исследование физической сущности технологии регене-

рации асфальтобетонных покрытий пропиткой:

2 - исследование влияния пропитки различными регенерирующими составами на эксплуатационные свойства асфальтобетонных покрытий;

3 - обоснование рациональных технологических режимов пропитки асфальтобетонных покрытий различными регенерирующими составами;

4 - разработка практических рекомендаций по технологии регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой.

Во второй главе рассмотрена физическая сущность регенерации асфальтобетонных покрытий, исследованы основные технологические параметры, определяющие эффективность мероприятий и вопросы надежности восстановления.

Как правило, в начальный период эксплуатации асфальтобетонного покрытия свойства асфальтобетона удовлетворяют требованиям климатических условий, транспортных нагрузок и т. д. В процессе эксплуатации битум стареет. Основной причиной старения битумов является полиоксиконденсация, связанная с протеканием окислительных процессов с образованием из смол асфальтенов и переходом последних в карбены и карбоиды, и испарение летучих составляющих битума из поверхностного слоя асфальтобетонного покрытия. Старение битума приводит к ухудшению физико-механических свойств асфальтобетона в покрытии, повышает хрупкость, снижает деформативность и трещиностойкость. Для восстановления и стабилизации первоначальных ценных свойств покрытие обрабатывается пластифицирующими составами.

Под пластификацией понимаем явление, связанное с увеличением подвижности структурных элементов при введении в нее растворителя. Пластификация битума осуществляется веществами, близкими по химической природе.

При введении пластификатора наблюдается его диффузное проникновение в битум. Вязкость битума снижается, изменяется количественное соотношение составляющих группового химического состава. В коагуляционной структуре асфальтобетона увеличивается содержание дисперсной среды, что приводит к повышению его пластичности. Эти факторы обуславливают повышение деформативности и трещиностойкости асфальтобетона при отрицательных температурах, снижение температуры хрупкости.

Работы по регенерации асфальтобетонных покрытий пропит-

кой следует выполнять на стадии, которая характеризуется изменением свойств битума в асфальтобетоне, но цепной механизм реакции окисления еще не привел к заметным разрушениям асфальтобетонного покрытия.

Результатом старения асфальтобетона является и снижение его гидрофобных свойств. При этом усиливается негативное влияние воды и растворов хлоридов на асфальтобетон, а также повышается вероятность гололедаобразования и увеличиваются силы смерзания льда с покрытием.

При нанесении на покрытие кремнийорганических жидкостей на поверхности образуется тонкий слой с оболочкой из углеводородных радикалов, который обуславливает гидрофобизацию покрытия, уменьшает интенсивность проникания в покрытие растворов хлоридов, воды, кислорода воздуха, и интенсивность испарения легких фракций битума, т.е. замедляет процесс старения.

Пластификация и гидрофобизация осуществляются по способу пропитки. Основными технологическими операциями пластификации являются очистка покрытия от пыли и грязи; нанесение смачивателя на покрытие; распределение регенерирующего вещества.

Эффективность пропитки определяется степенью смачиваемости асфальтобетонного покрытия пластификатором, характеризующее величиной косинуса краевого угла смачивания. Величина этого угла определяется полем поверхностных сил — энергией взаимодействия пластификатора с поверхностью покрытия. Сильное взаимодействие приводит к растеканию жидкости по поверхности. Растекание зависит от вязкости жидкости, состояния поверхности, характера технологических воздействий. Улучшению растеканию способствует модификация поверхности до устройства пропитки обработкой смачивателем, повышение давления распыления и снижение вязкости пластификатора.

После смачивания пластификатором поверхности асфальтобетонного покрытия в результате гидростатического давления и под действием капиллярных сил начинается его проникновение в материал. Основным фактором, определяющим движение пластификатора вглубь покрытия, является пористость асфальтобетона. Сначала пластификатор поступает в основном в наиболее широкие капилляры, затем заполняются и более узкие. В случае очень тонких капилляров возможна их закупорка. Дальнейшее

вязкое течение существенным образом зависит от условий смачивания, которое определяется соотношением сил взаимодействия молекул пластификатора друг с другом и с молекулами вещества стенок пористого тела асфальтобетона.

По мере проникновения регенерирующего вещества вглубь покрытия происходит частичное растворение битума, вязкость пластификатора повышается, растворяющая способность снижается. Скорость фильтрации замедляется и в определенный момент времени практически прекращается. К этому моменту обычно полностью завершаются процессы структурообразования в регенерированном асфальтобетоне.

Глубина пропитки является важнейшим фактором, определяющим ее эффективность. Для достижения требуемого эффекта необходимо проникновение пластификатора на глубину 2...4 см, т.к. основная часть состарившегося битума находится в верхнем слое толщиной 1...3 см.

Под скоростью пропитывания понимается изменение глубины пропитки за определенное время.

Скорость впитывания наряду с количеством пластификатора определяет время впитывания. Время впитывания является функцией, зависящей от количества пластификатора, вязкости и температуры нагрева пластификатора, вязкости битума, температуры асфальтобетонного покрытия и воздуха в момент пропитывания, пористости асфальтобетона, количества растворителя в пластификаторе, степени старения асфальтобетона и смачиваемости покрытия.

Вязкость пластификатора является одним из решающих факторов, определяющих время впитывания и глубину пропитки, и, в конечном итоге, эффективность пластификации. Для снижения вязкости в пластификатор вводят растворитель (дизельное топливо, керосин, толуол) и (или) нагревают.

Количество пластификатора назначается исходя из степени изменения свойств битума и асфальтобетона в покрытии в результате старения. Степень старения можно оценить по изменению пенетрации битума и остаточной пористости асфальтобетона, а также по изменению физико-механических свойств асфальтобетона.

Работы по пластификации и гидрофобизации можно объединить. Покрытие обрабатывается комплексным регенерирующим составом (КРС), основными частями которого являются пласти-

фицирующие и гидрофобизирующие вещества.

В третьей главе приведены методика и результаты экспериментальных исследований по технологии регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой.

Основные требования, предъявляемые к пластификаторам — хорошее совмещение с битумом, содержание большого количества ароматических углеводородов, экологическая безопасность, технологичность и низкая стоимость. Этим требованиям удовлетворяют в достаточной мере масла моторные отработанные (ММО), нормируемые ГОСТ 21.046-86.

В качестве гидрофобизирующего вещества приняты кремнийорганические жидкости ГКЖ-12 и ГКЖ-20.

В качестве растворителей пластификатора принят керосин. Испытания проводились на асфальтобетонах типа А и Б.

В качестве регенерирующих веществ приняты ММО, разжиженные керосином и КРС, представляющий собой смесь ММО и ГКЖ, разжиженный керосином.

Как показали результаты экспериментальных исследований, введение в битум, состаренный в течении 5 часов при температуре 180 °С, регенерирующее вещество в количестве 7% от массы битума приводит к уменьшению содержания количества асфальтенов с 28% до 18%, увеличению масел с 42% до 50% и смол с 30% до 32%. Пенетрация увеличивается с 27х0,1мм до 47х0,1мм. Температура крупкости понижается от -14,5 С до -20 °С, а температура размягчения уменьшается от 63 °С до 58 °С.

Результаты ИК-спектроскопии показали, что при введении в битум регенерирующих веществ в спектрах не появляются новые полосы, а наблюдается лишь изменение интенсивности пропускания. Усиление полосы 740 см^{-1} должно привести к снижению температуры крупкости восстановленного битума.

Основным критерием, характеризующим устойчивость асфальтобетона к образованию трещин при отрицательных температурах, являются его деформативные свойства. Для оценки использовали предельную деформацию (предельный упругий прогиб балочки-образца) и предел прочности на растяжение при изгибе при отрицательных температурах.

Большинство экспериментальных исследований проводилось на стандартных балочках с размерами 4х4х16см, уплотненных в течении 3 минут под давлением 20 МПа, что позволило получить плотность образцов 2,15...2,18 г/см³. Эта плотность

близка к плотности асфальтобетона в покрытии, находящегося в эксплуатации в течении 3 лет. Старение осуществляли в сушильном шкафу, выдерживая при температуре 180 °С в течении различного времени. Критерием старения являлось изменение пенетрации битума в асфальтобетоне.

Результаты эксперимента показывают, что обработка асфальтобетонного покрытия пластификатором повышает деформативность асфальтобетона и снижает его температуру хрупкости от -13 °С до -20 °С. Критерием оптимального количества пластификатора (концентрационный порог) является максимальное значение предельного прогиба. Для асфальтобетона с пенетрацией битума 30 * 0,1мм, максимальное значение предельного прогиба 0,047 см соответствует количеству пластификатора 375 г/м² (рис.1). С ростом количества пластификатора ухудшаются значения прочности на растяжение при изгибе. Однако в интервале [0; 450] г/м² это ухудшение незначительно (рис.1).

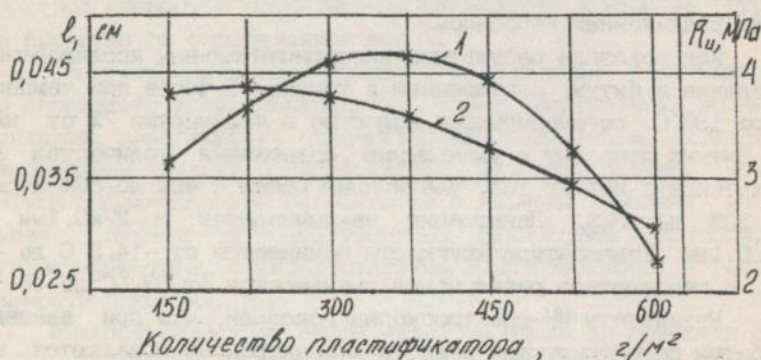


Рис. 1. Зависимости предельного прогиба l (1) и предела прочности на растяжение при изгибе R_u (2) от количества пластификатора V_n .

Обработка асфальтобетона КРС позволила повысить морозостойкость (после 25 циклов с 0,88 до 0,91), уменьшить силы смерзания льда с покрытием в 2,54 раза. Уменьшение водопоглощаемости обработанного покрытия позволило повысить деформативность водонасыщенных образцов (при водонасыщении в течении 1 суток в 2,38 раза).

К основным технологическим параметрам регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой относятся: количество ре-

генерирующего вещества, время впитывания, скорость пропитывания, пористость асфальтобетона, вязкость и температура нагрева пластификатора, температура асфальтобетонного покрытия и воздуха, количественное соотношение составляющих регенерирующего вещества, количество растворителя, степень смачиваемости покрытия пластификатором, время стабилизации регенерированного асфальтобетона в покрытии, регулярность проведения работ.

Вязкость пластификатора уменьшали двумя способами: путем нагрева и введением в него растворителя. Зависимости времени впитывания и глубины пропитки за 60 суток от количества растворителя и температуры нагрева приведены на рис. 2.



Рис. 2. Зависимости времени впитывания t_b (1, 2, 3) и глубины пропитки h_n (4) от содержания керосина.

1, 2, 3 - соответственно температура нагрева 25, 50, 75 °С

Скорость фильтрации пластификатора в покрытии определяется глубиной пропитки за определенное время. Для определения глубины пропитки использовали разрушающий метод, по контрасту цветов пропитанного и сухого асфальтобетонного покрытия. В конечном итоге глубина пропитки зависит от пористости пропитываемого материала и вязких свойств пластификатора. Увеличение глубины проникания приводит к повышению эффективности пластификации.

Увеличение глубины пропитки с целью достижения максимальной эффективности пластификации возможно за счет снижения вязкости пластификатора. Для оптимизации технологических параметров были выполнены два планирования эксперимента.

В первом планировании в качестве варьируемых факторов принималось: пенетрация битума в асфальтобетоне балочек в пределах 21...39 * 0,1 мм, время от обработки до испытания в пределах 2...58 суток, количество масел моторных отработанных в пределах 0...640 г/м² и количество керосина в пределах 0...256 г/м². Во втором планировании варьировались время от обработки до испытания в пределах 1...59 суток, температура нагрева покрытия в пределах 20...80 °С, температура нагрева пластификатора в пределах 20...80 °С.

При планировании экспериментов в качестве критерия оптимизации принят предельный упругий прогиб балочки-образца при температуре испытания -2 °С.

Результаты экспериментов показывают, что все варьируемые факторы оказывают влияние на величину предельного прогиба. По результатам первого эксперимента была получена зависимость предельного прогиба l от количества ММО, керосина и времени от обработки до испытания. Максимальное значение предельного прогиба 0,044 см для асфальтобетона с пенетрацией 30 * 0,1 мм соответствует оптимальное количество керосина - 75 г/м² и ММО - 375 г/м² (рис.3). Стабилизация структурообразования наступает через 30 суток после обработки.

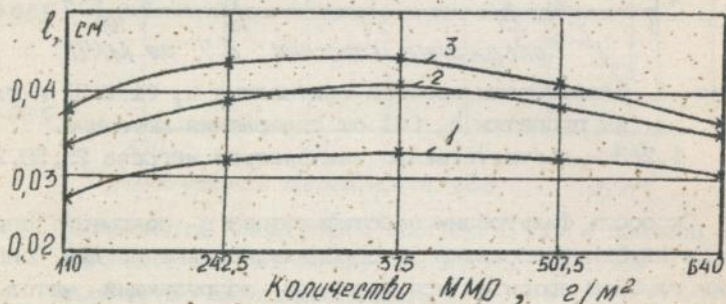


Рис. 3. Зависимость предельного прогиба l от количества ММО
1, 2, 3 - соответственно пенетрация битума 39, 30 и 21 * 0,1 мм

После обработки на ЭВМ результатов второго планирования эксперимента было получено следующее уравнение:

$$l = 0,008X_1 + 0,001X_2 + 0,003X_3 - 0,004X_1^2 - 0,001X_2^2 - 0,002X_3^2 + 0,054 \quad (1)$$

Нагрев пластификатора перед пропиткой повышает эффективность метода, в то же время нагрев покрытия малоэффективен.

вен. Оптимальная температура нагрева пластификатора находится в интервале [60...90°C]. Максимальное значение ограничивается температурой вспышки ММО - 100°C.

Экспериментально установлены зависимости расхода пластификатора от остаточной пористости асфальтобетона (рис. 4).



Рис. 4. Зависимость расхода пластификатора V_p от остаточной пористости асфальтобетона $V_{пор}$.

Критерием оптимального количества гидрофобизирующей добавки ГЖ-12 в КРС является минимальные значения водопроницаемости и сил смерзания льда с покрытием в зависимости от количества ГЖ в КРС. Результатами исследования установлено оптимальное значение - 40 г/м². При введении этого количества ГЖ в состав пластификатора достигалось снижение сил смерзания льда с покрытием в 2,7 раза.

При оптимизации количественного соотношения составляющих КРС применялся метод математического планирования эксперимента. В качестве варьируемых факторов принималось: степень старения асфальтобетона (пенетрация битума в пределах 21...39 * 0,1 мм, время от обработки до испытания в пределах 2...58 суток, количество ММО в пределах 0...640 г/м², количество керосина в пределах 0...255 г/м². Количество ГЖ-12 было принято постоянным - 40 г/м². По результатам реализации ортогонального центрального композиционного плана второго порядка на ЭВМ была получена регрессионная модель влияния факторов на деформативность:

$$1 = 0,039 - 0,004X_1 + 0,002X_2 - 0,001X_3 + 0,002X_1X_2 + 0,001X_1X_3 + 0,001X_1X_4 + 0,003X_2X_3 + 0,001X_2X_4 + 0,003X_3X_4 - 0,001X_1^2 - 0,002X_2^2 - 0,006X_3^2 - 0,004X_4^2 \quad (2)$$

Анализ регрессионной модели выполняли по методике Вознесенского В. А. Кривые влияния количества ММО и керосина имеют максимумы - оптимальное значение (рис. 5).

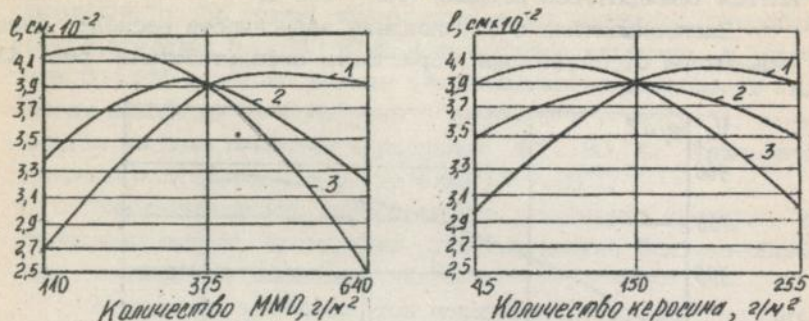


Рис. 5. Зависимости предельного прогиба l от количества ММО $V_{\text{ММО}}$ и керосина $V_{\text{к}}$ в пластификаторе.

1, 2, 3 - соответственно максимальное, среднее и минимальное значение варьируемых факторов.

Учитывая дефицитность ММО, была исследована возможность применения в качестве пластификатора отработку от регенерации ММО. В табл. 1 представлены значения предельного прогиба балочек-образцов, обработанных ММО и остатками от регенерации ММО.

Таблица 1

Значения предельных прогибов при обработке ММО и остатками от регенерации ММО

Применяемый пластификатор	Пред. прогиб при кол-стве пласт-тора, см			
	200 г/м ²	300 г/м ²	400 г/м ²	500 г/м ²
ММО	0,041	0,0459	0,0464	0,0420
Отработка от регенерации	0,035	0,0390	0,0390	0,0310

Таким образом при отсутствии ММО можно использовать отработку от регенерации ММО.

Для подтверждения адекватности полученных результатов

были выполнены экспериментальные исследования на асфальтобетонных балочках 4x4x16 см, вырезанных из состарившегося и восстановленного асфальтобетонного покрытия. Результаты подтвердили эффективность метода (табл. 2). Деформативность асфальтобетона через месяц увеличилась в 2,2 раза. Сравнение свойств битума и деформативности асфальтобетона, восстановленных ММО и КРС, показывает, что на покрытии, обработанном КРС, изменения свойств во времени происходит менее интенсивно, что говорит о замедлении процесса старения. Теоретические предпосылки о возможности замедления процессов старения введением в пластификатор гидрофобизирующей добавки подтвердились экспериментальными исследованиями.

Таблица 2
Сравнение свойств старого и регенерированного асфальтобетона

N п/п	Наименование материала	Характеристика					
		Ризг, МПа	Предел. прогиб, см	Пенет- рация битума мм*10-1	Содержание		
					асфаль- тенов %	смола %	масел %
1	Старый асфальтобетон, 3 года службы	4,6	0,0191	33	28,0	27,0	45,0
2	Обработанный ММО 400 г/м ²						
	Испытание через месяц:	3,8	0,0400	50	22,3	25,3	52,4
	через 1 год	4,15	0,0305	43	25,1	29,2	45,7
3	Обработанный КРС 400 г/м ²						
	через месяц:	3,8	0,0405	51,5	21,1	25,9	53,0
	через 1 год	4,1	0,0351	47	23,5	28,5	48,0

На покрытии, обработанном регенерирующим составом, на первоначальном этапе снижается коэффициент сцепления от 0,5 до 0,30. Однако спустя 3...7 суток он практически восстанавливается и затем даже несколько выше исходного (0,52). Это

объясняется тем, что битум на поверхности покрытия растворяется и под воздействием колес автотранспорта излишки его уносятся.

В четвертой главе показаны результаты опытно-производственной проверки по технологии регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой. Для уточнения технологических параметров в 1991-1992г.г. на дорогах Украины (г. Харьков и а/д Каховка-Геническ) и России (а/д Ростов-Баку) были созданы опытные участки, обработанные ММО и КРС. Параллельно были подготовлены контрольные участки, где покрытие не обрабатывалось.

Покрытия, находящиеся в эксплуатации 3...4 года, обрабатывались ММО и КРС с расходом 300...400 г/м².

Результаты оценки состояния опытных и контрольных участков показали, что на обработанных покрытиях в течении года эксплуатации практически не появились новые трещины, в отличие от контрольных участков, где наблюдался процесс зарождения и распространения трещин. Деформативность восстановленного асфальтобетона повысилась в 2,4 раза. Силы смерзания льда с покрытием, обработанным ММО, уменьшились в 1,4 раза, а на обработанном КРС - в 2,5 раза, что является подтверждением улучшения гидрофобных свойств покрытия.

В пятой главе по результатам исследований сформулированы научные и производственные рекомендации по технологии регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой.

Показано, что основной задачей пластификации является снижение хрупкости, повышение деформативности асфальтобетона в покрытии и, соответственно снижение напряжений, возникающих при механических и температурных воздействиях, с целью предупреждения хрупкого разрушения при отрицательных температурах. Критерием необходимости выполнения работ по пластификации является снижение пенетрации битума ниже нормативной, но не менее 20*0,1 мм. При пенетрации менее 20*0,1мм пропитка экономически и технологически не целесообразна.

До выполнения работ по регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой лабораторные службы визуально оценивают состояние покрытия, отсутствие трещин и прочих деформаций. По вырубке из покрытия оцениваются деформативные свойства асфальтобетона, его остаточная пористость, и пенетрация битума в асфальтобетоне и назначается предварительное коли-

чество регенерирующего вещества (рис. 6).

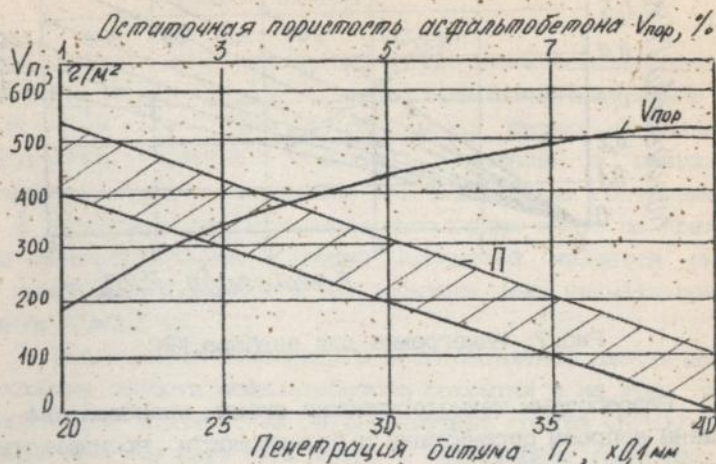


Рис. 6. Номограмма для определения количества пластификатора $V_{п}$ от пенетрации битума Π и остаточной пористости асфальтобетона покрытия $V_{пор}$.

Критерием оптимизации количества является максимальное значение предельного прогиба асфальтобетонной балочки при отрицательной температуре. Разовый расход определяется, исходя из возможного времени задержки движения транспорта.

Регенерация асфальтобетонных покрытий пропиткой выполняется при температуре воздуха не ниже $+15^{\circ}\text{C}$ на сухой ремонтируемой поверхности.

Для улучшения процесса растекания и уменьшения времени впитывания ремонтируемое покрытие предварительно обрабатывается смачивателем (водным раствором моющего средства) с расходом 200 г/м².

Регенерирующий состав перед нанесением на покрытие предварительно нагревают до температуры $70...90^{\circ}\text{C}$, в зависимости от температуры воздуха. Для снижения вязкости в регенерирующее вещество вводится растворитель (керосин) в количестве 20 % от массы ММО. Для подбора КРС составлена номограмма (рис. 7).

После впитывания регенерирующего вещества покрытие посыпается песком из расчета $0,3...0,5 \text{ кг/м}^2$ и затем вместе с излишками регенерирующего вещества удаляют на базу.

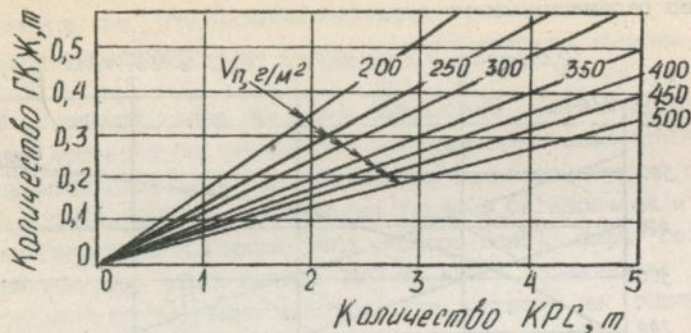


Рис. 7. Номограмма для подбора КРС

Разработаны технологические схемы производства работ. Решены вопросы организации и безопасности производства работ по регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой, а также вопросы контроля качества, охраны труда и окружающей среды. Приведены схемы движения транспорта при производстве работ и временные режимы.

Регулярность проведения работ по регенерации пропиткой раз в 1...2 года.

Выполнен расчет экономической эффективности рекомендуемых мероприятий. Применение рекомендуемой технологии позволяет сэкономить 5,7 т асфальтобетонной смеси, 640 кг битума, 51 кг мазута, 50,4 кг дизтоплива и 72,7 кг бензина при расходе 100 кг ММО и 20 кг керосина на каждые 1000 м². Улучшение эксплуатационного качества асфальтобетонного покрытия позволит сэкономить свыше 1500 л топлива на 1 км дороги. Экономический эффект составил 6790120 крб. на 1000 м² покрытия в ценах 1.01.94г.

При расчете экономической эффективности регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой КРС определяли значения дополнительной прибыли, полученные за счет снижения затрат по содержанию и ремонту, по методу текущей дисконтированной стоимости. Учитывая то, что рекомендуемая технология не требует дополнительных капитальных вложений на приобретение дорожных машин, значение чистой дисконтированной стоимости дополнительной прибыли численно равно текущей и составило 243,353 млн.крб. на 1000 м² в ценах 1.01.96 г.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Установлено, что межремонтные сроки асфальтобетонного покрытия и долговечность самого асфальтобетона можно увеличить путем регулярного восстановления физико-механических свойств асфальтобетона в покрытии, утерянных в результате старения во времени, пропиткой регенерирующими составами.

2. Критерием необходимости выполнения работ по регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой является снижение пенетрации битума в асфальтобетоне ниже нормативной, но не менее $20 \times 0,1$ мм.

3. Исследовано комплексное восстановление пластичных и гидрофобных свойств асфальтобетона покрытия и на этой основе разработан комплексный регенерирующий состав (КРС), позволяющий восстановить пластичные и гидрофобные свойства асфальтобетона, замедлить интенсивность его старения. Основой КРС являются пластифицирующая добавка ММО и гидрофобизирующая ГЖ-12.

4. На основании результатов исследования влияния КРС на свойства асфальтобетона в покрытии установлено, что увеличивается пенетрация битума в асфальтобетоне, повышаются его пластичность, деформативность, трещиностойкость, морозо- и водостойкость, гидрофобность, снижается водопроницаемость, уменьшаются силы смерзания льда с покрытием, вероятность гололедообразования, существенно замедляется интенсивность старения.

5. Обоснованы рациональные технологические режимы и параметры регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой ММО и КРС. Разработаны номограммы для определения количества пластификатора, времени впитывания и температуры нагрева регенерирующего вещества, подбора КРС. Решены вопросы организации производства работ, контроля качества, охраны труда и окружающей среды.

6. Результаты исследования были рекомендованы для использования в проекте "Технических правил ремонта и содержания автомобильных дорог Украины".

Экономическая эффективность регенерации асфальтобетонных покрытий пропиткой КРС составила 6790 тыс. крб на 1000 м² в ценах 1.01.94 г.

Расчет экономической эффективности, выполненный по ме-

тоту определения текущей и чистой дисконтированной стоимости, показал, что величина текущей дисконтированной стоимости дополнительной прибыли в результате внедрения рекомендованной технологии численно равна чистой дисконтированной стоимости и составляет 243,353 млн.крб. на 1000 м² асфальтобетонного покрытия в ценах 1.01.96 г.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Богданов Ю.В. Повышение деформативной способности асфальтобетонного покрытия в интервале отрицательных температур. - Материалы Всесоюзной научно-технической конференции по применению отходов промышленности и местных строительных материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. - Владимир, 1991. - с. 128.

2. Богданов Ю.В., Стороженко М.С., Михович С.И. Профилактика дорог методом пластификации покрытий. - В кн. "Проблемы строительства и эксплуатации автомобильных дорог". Тезисы межреспубликанской НТК. - Суздаль. - 1992. - с. 28.

3. Михович С.И., Стороженко М.С., Богданов Ю.В. Стабилизация эксплуатационных свойств асфальтобетонных покрытий. - В кн. "Применение отходов промышленности и местных строительных материалов при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог". - Владимир, 1990. - с.

4. Прусенко Е.Д., Богданов Ю.В. Исследование способов профилактики зимней скользкости побочными продуктами кремнийорганического производства. - Материалы Всесоюзной научно-технической конференции по применению отходов промышленности и местных строительных материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. - Владимир, 1991. - с. 18.

5. Стабилизация асфальтобетона в покрытии пропиткой регенерирующими составами /Михович С.И., Стороженко М.С., Богданов Ю.В., Чайка А.Т.: Харьк. гос. автомоб.-дор. техн. университет - Харьков, 1994. - 13 с. - Деп. в ГНТБ Украины 21.06.94, N 1208-Ук 94.

6. Стороженко М.С., Богданов Ю.В. Восстановление физико-механических свойств асфальтобетона в покрытии. - В кн. "Нетрадиционные материалы для дорожного строительства". - Ростов, 1993. - с. 83...86.

7. Улучшение эксплуатационного состояния дорожных пок-

рытий импрегнированием. (Ю.В. Богданов, М.С. Стороженко). - Харьков: ХАДИ, 1990. - с. 191. - (Областная конференция. Достижения ученых - народному хозяйству: Тезисы докладов).

Богданов Ю.В. Удосконалення технології регенерації асфальтобетонних покриттів просочуванням.

Дисертація на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук за фахом 05.22.11 - автомобільні дороги та аеродроми, Харківський державний автомобільнодорожній технічний університет, 1996 р.

Захищається праця, яка містить теоретичні дослідження по регенерації асфальтобетонних покриттів просочуванням, а також результати експериментальних робіт.

Встановлено, що просочування асфальтобетонних покриттів маслом моторним відпрацьованим (ММВ) і комплексним регенеруючим складом (КРС), основою якого є ММО і гідрофобізуюча добавка ГКЖ-12, дозволяє відновити пластичні і гідрофобні властивості асфальтобетонних покриттів, підвищити деформативність і тріщиностійкість, загальмувати процес старіння асфальтобетону у покритті з фасом.

Кількість регенеруючої речовини визначається по фактичній пенетрації бітуму, залишковій пористості асфальтобетону покриття, а також максимальному значенню деформативності регенерованого матеріалу при $T = 0^{\circ}\text{C}$.

Технологія регенерації асфальтобетонних покриттів просочуванням ММВ і КРС, що була розроблена, впроваджена в Управлінні "Севкавказдороба". Результати дослідження використані у проекті "Технічні правила ремонту і утримання автомобільних шляхів України". Застосування рекомендованої технології дозволяє одержати економічний ефект 6790120 крб. на 1000 м² асфальтобетонного покриття у цінах на 1.01.94 р.

Ключові слова: старіння, регенерація, деформативність, пластифікатор, комплексний регенеруючий склад.

Bogdanov. Y.V. The perfection of the tehnology of asphalt pavement regeneration by impregnation.

The thesis is written for a doctor's degree by the speciality 05.22.11 - Highways and airdromes.

Kharkov State Automobile and Highway Technic University, 1994

The author is defending a work which contains theoretical investigations about the regeneration experimental works.

It is established that the impregnation of asphalt pavement by treated motor oils with complexe regenerating compound /CRC/ which is meanly made of treated oil and hydrophobising additve GKJ-12, help to restanre plastic and hydrophobising properties of asphalt pavement to increase its deformation ability and its ability against cracks, to decrease the deterioration process of asphalt pavement as the time goes on.

The quantity of regenerated substance is determined by knowing the actual penetration of bitumen, residual porosity of asphalt pavement, and the maxima value obtained by the deformation ability of regenerated material at 0°C.

It has been elaborated the tehnology of asphalt pavement regeneration by impregnation CRC which has been recommended for use at the Direction of "Sevkavavtodoroga". The resultof investigations have been used in the projet: The Technical rules of repairs and maintenance of UKRAINE Hihgways. The use of the recommended technology allous to have an economic effect of 6790120 krb. per 1000 m of asphalt pavement according to the calculation made the 1.01.94

Key words: deterioration with time, regeneration, deformation ability, platifizer, complexe regeneration product.

AB 34.418