

ҚР ҰҒА-ның Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы.
Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. 2012. №5. С. 67–71

УДК 665.775

Е.М. ШАЙХУТДИНОВ¹, С.Ж. КЕНБЕИЛОВА¹, Г.И. БОЙКО¹,
Н.П. ЛЮБЧЕНКО², Е.В. КАГАНОВИЧ³, Г.Г. ИСМАЙЛОВА³, Т.П. МАЙМАКОВ²

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БИТУМПОЛИМЕРНЫХ ВЯЖУЩИХ К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМУ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЮ МЕТОДОМ «SUPERPAVE»

Климаттық қолдану жағдайын есепке ала отырып «Supergravel» өдісі арқылы түрленген битумның физикалық-механикалық қасиеттері зерттелді. Иiletін арқалық реометрде -24 °C-тен -34,9 °C-ке дейінгі өзгеру аралығындағы БДН60/90 маркалы битумның төмен температурадағы жай-күйі мен ТАПП-T3, ТАПП-T4, ТАПП-T5 битумполимер қоспаларының тұтқыр маркаларының RTFOT өдісі арқылы тік айналмалы пештегі бірізді жылдамдатылған тозу үлпісінен кейін және PAV өдісі арқылы қысым мен жоғары температурадағы ыдыстағы ұзак уақытты тозуының салыстырмалы зерттеуді жүргізілді. «Supergravel» техникалық жағдайына сәйкес зерттеу үлгілері -46 °C температурадан басқа барлық есептік төмен температуралық тұрақтылық талаптарын қанағаттандырады.

Проведена модификация окисленного битума отходами производства карбонепенных полимеров. Методом «Supergravel» исследованы физико-механические свойства модифицированного битума с учетом климатических условий эксплуатации.

На реометре с изгибающейся балкой (BBR) в диапазоне изменения температур от -24 °C до -34,9 °C проведено сравнительное исследование низкотемпературного поведения битума марки БНД 60/90 и битумполимерных вяжущих марок БПВ/ОАПП-Н3, БПВ/ОАПП-Н4, БПВ/ОАПП-Н5 после последовательного ускоренного старения образцов в вертикальной вращающейся печи методом RTFOT и долговременного старения в сосуде под давлением и высокой температуры методом PAV. Согласно Техническим условиям «Supergravel» исследуемые образцы удовлетворяют требованиям низкотемпературной устойчивости, при всех расчетных температурах, кроме минус 46 °C.

Oxidized bitumen was modified by carbon-chain polymer manufacture's waste. Physical-mechanical properties of modified bitumen were tested using the «Supergravel» method, with due consideration of climatic service conditions.

Performance characteristics at low temperature of bitumen polymer CB60/90 were studied using bending beam rheometer BBR in the temperature range from minus 24 °C to minus 34.9 °C; the performance characteristics at low temperature of bitumen polymer binders OAPP-N3, OAPP-N4, OAPP-N5 were studies after gradual aging of the samples at Rolling Thin-Film Oven by RTFOT method and long term aging in Pressurized Aging Vessel (PAV). According to the “Supergravel” technical conditions, samples meet all requirements to low temperature resistance at any temperature, except minus 46 °C.

Одним из важнейших условий повышения эксплуатационной надежности асфальтобетонных покрытий является улучшение качества битумов как за счет совершенствования технологических процессов их производства и технических требований к применяемому сырью, так и за счет модификации битумов полимерными добавками. Полимерные модификаторы позволяют значительно повысить адгезионные свойства, прочность и стабильность свойств битумов, придают битумполимерной композиции эластичность, понижают температуру хрупкости, повышают теплостойкость, расширяют температурный интервал работоспособности дорожных покрытий [1-3]. Введение модификатора способствует

изменению структуры нефтяных битумов, при этом отмечается, что молекулы модификатора должны быть способны к взаимодействию с составными частями битума: асфальтенами, смолами и маслами [4].

Одним из способов снижения эксплуатационных затрат актуальным является использование в качестве полимерных модификаторов техногенного сырья – отходов полимерных производств. Уровень применения полимерных отходов остается низким, несмотря на потенциальную пригодность большинства из них для повторного вовлечения в переработку в ценные химические продукты и востребованные виды сырья.

¹Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,

²Высшее учебное заведение «УНАТ»,

³АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», г. Алматы

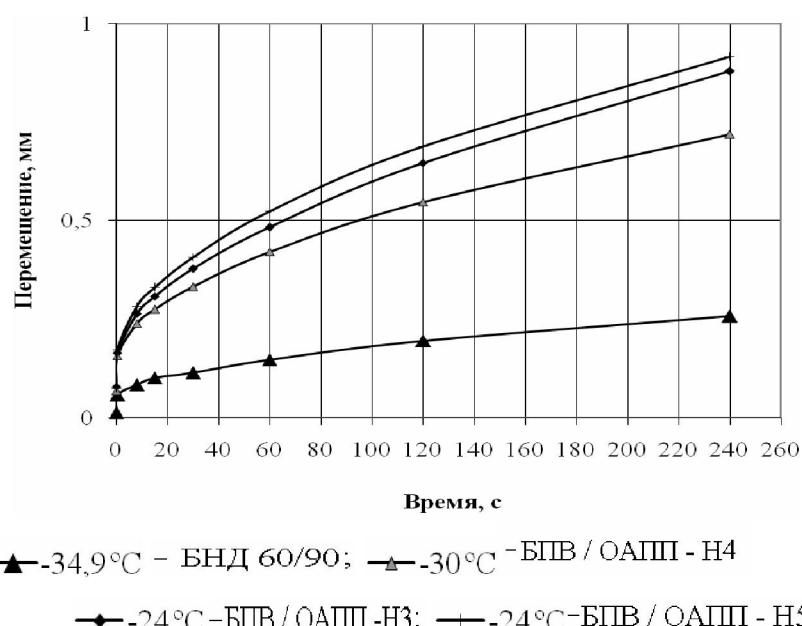


Рис. 1. Изменение перемещения во времени для битума и битумполимерных вяжущих после старения в RTFOT+ PAV

Одним из таких модификаторов является атактический полипропилен – побочный продукт при производстве изотактического полипропилена.

В ряде работ отмечается высокая технологичность АПП при приготовлении асфальтобетонных смесей [3-4]. Кроме того, атактический полипропилен легко поддается химической и радиационно-химической модификации, что позволяет получать новые химические продукты с необходимым комплексом физико-химических свойств.

Практическое значение для модификации АПП имеют технологии термического окисления, радиационно-прививочной полимеризации, позволяющие регулировать гидрофобно-гидрофильный баланс и поверхностно-активные свойства полиолефина за счет введения в макромолекулу полярных функциональных групп различной химической природы (гидроксильные, карбоксильные, карбонильные, эфирные).

С учетом экономических и экологических факторов функционализированный атактический полипропилен безусловно, представляют значительный интерес для модификации окисленных нефтяных битумов.

Предварительными исследованиями было показано, что модифицированные образцы АПП отвечают требованиям, предъявляемым к модификаторам, хорошо совместимы с битумом при проведении процесса смешения, не разрушаются в условиях приготовления асфальтобетонной смеси, и позволяют получать битумно-полимер-

ные композиции с регулируемыми физико-механическими свойствами [3-5].

Анализ литературных и собственных экспериментальных данных [5,6] по испытанию физико-механических свойств битума Павлодарского нефтехимического завода марки БНД 60/90 модифицированного добавками атактического полипропилена различных окисленных форм свидетельствует об эффективности новых полимерных модификаторов. При использовании модификаторов марок ОАПП-С-ВБЭ/1175, ОАПП-С-ВЭГ/1175 синтезированных радиационно-химической прививкой гидрофильно-гидрофобных мономеров на макромолекулу среднеокисленного атактического полипропилена, получены новые композиционные органические вяжущие (КОВ) с улучшенными физико-механическими свойствами.

В работе изложены результаты по исследованию физико-механических и эксплуатационных свойств дорожного битума марки БНД60/90 производства «Газпромнефть-Омский НПЗ», модифицированного низкоокисленным атактическим полипропиленом марки ОАП-Н производства ООО «Атактика», г. Томск.

Количество модификатора ОАПП-Н варьировалось в пределах 3-5 % мас.

Работы по изучению термоустойчивости битумов, модифицированных ОАПП-Н были проведены в испытательной лаборатории АО «КазДорНИИ» согласно техническим условиям

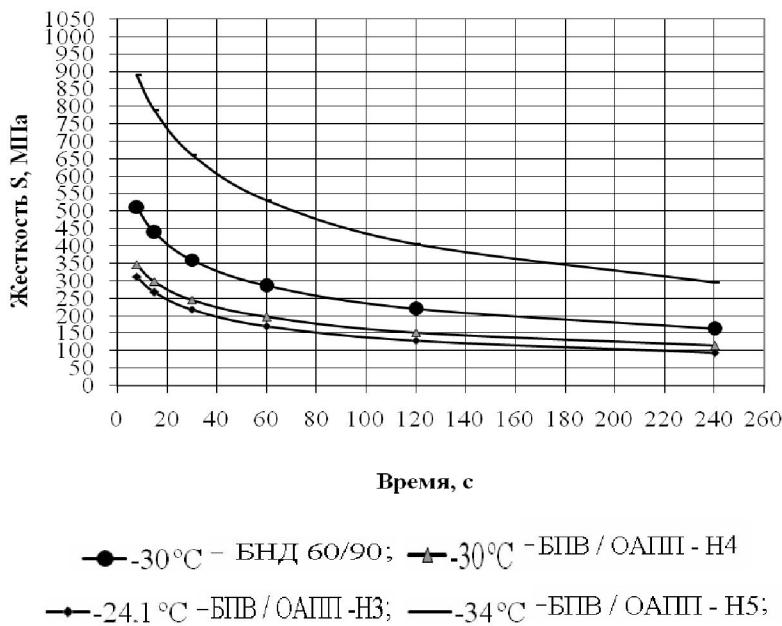


Рис. 2. Изменение жесткости во времени для битума и битумполимерных вяжущих после старения в RTFOT+ PAV

«Supergravel» с применением современных методов и оборудования, позволяющих приблизить условия испытаний к реальным условиям эксплуатации БПВ.

При оценке физико-механических и эксплуатационных свойств асфальтобетонных покрытий важным фактором является температурная устойчивость вяжущих.

Исследования физико-механических свойств образцов битума БНД60/90 и БПВ до и после старения по методу RTFOT (ускоренный метод старения под воздействием высокой температуры и притока воздуха в вертикальной вращающей печи) [7,8] показали, что полипропилен марки ОАПП-Н является эффективным модификатором битума. Изменение массы модифицированных образцов после прогрева находилось в пределах нормы и составляло 0,01-0,02%, показатель остаточной глубины проникания иглы составлял 78% для исходного битума и 84 % для модифицированных образцов. Температура размягчения по методу кольца и шара (КИШ) для исходного битума изменялась от 49 до 52°C, что находится в пределах нормы (± 5). Установлено также, что для модифицированных образцов данная величина остается постоянной (58-59). Полученный результат можно объяснить тем, что окисленный атактический полипропилен, вероятно, является не только стабилизатором коллоидной структуры битума, но и одновременно ингибитором, замедляющим старение БПВ [5].

Исследование устойчивости БПВ марок БПВ/ОАПП-Н3, БПВ/ОАПП-Н4, БПВ/ОАПП-Н5 к низкотемпературному трещинообразованию было осуществлено на реометре с изгибающейся балкой (метод BBR) фирмы «Applied Test Systems» (США), в диапазоне изменения температур от -24°C до $-34,9^{\circ}\text{C}$, что согласно стандарту ASTM D 6648-08 [9,10] соответствует расчетным температурам от -34 до $-44,9^{\circ}\text{C}$.

Образцы вяжущего, состаренные по методу RTFOT подвергали долговременному воздействию в течение 20 часов высокого давления (2,1 МПа) и температуры 100°C методом PAV [11] на оборудовании фирмы производства «Prentex Alloy Fabricators, Inc», США. Метод PAV моделирует эффект долговременного климатического старения вяжущего в процессе эксплуатации покрытия 5–10 летней службы.

Подготовленные к испытанию на BBR образцы являясь результатом воздействия всех трех этапов их службы: в исходном состоянии, после перемешивания и строительства (RTFOT), и после старения в процессе производства и эксплуатации (PAV), были использованы для изготовления битумных балочек и проведения испытаний при низких температурах.

На рисунках 1-2 представлены кривые изменения перемещения и жесткости во времени для образцов исходного битума и битумполимерных вяжущих после последовательного старения методами RTFOT и PAV. Видно, что деформи-

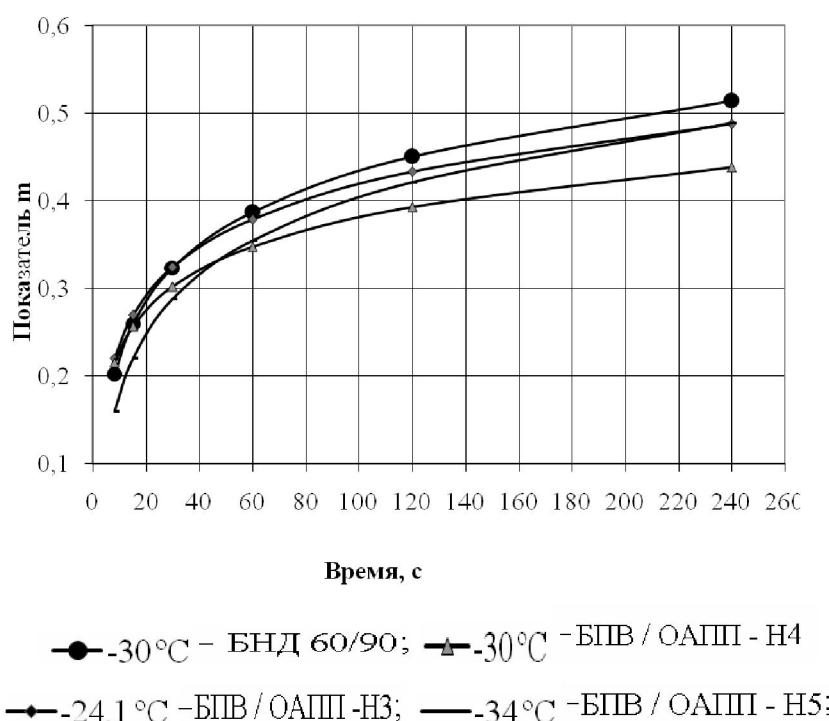


Рис. 3. Зависимость скорости релаксации напряжения (показатель m) во времени для битума и битумполимерных вяжущих после старения в RTFOT+PAV

руемость для всех образцов БПВ, и исходного битума БНД 60/90 с увеличением времени действия нагрузки и температуры повышается, а жесткость $S(t)$, понижается.

Исследование зависимости скорости релаксации напряжения (показатель m) во времени для битума БНД 60/90 и битумполимерного вяжущего марки БПВ/ОАПП-Н5 в диапазоне температур от -24 до $-34,9$ $^{\circ}\text{C}$ показало, что с увеличением времени растет скорость релаксации напряжения $m(t)$ (рис. 3). По способности релаксировать (демпфирировать) возникающие напряжения и предовращать появление остаточных деформаций модифицированные образцы битума практически не отличаются от исходного битума, m – величина больше 0,300, что отвечает требованиям технических условий «Superpave».

На рисунке 4 представлена зависимость модуля жесткости от температуры при длительности нагружения 60с и максимального предела модуля жесткости 300 МПа для битума БНД 60/90 и битумполимерных вяжущих различных марок после старения в RTFOT и PAV. Согласно рисунку 4 модифицированные образцы при низких температурах ($-24,2^{\circ}\text{C}$ до $-31,8^{\circ}\text{C}$) более пластичные по сравнению с исходным окисленным би-

тумом. Низкотемпературное трещинообразование за 60с при жесткости 300МПа наблюдается для исходного битума при температуре $-30,5^{\circ}\text{C}$ в то время как для БПВ, при температуре от $-31,5$ до $-31,8^{\circ}\text{C}$. В ряду изученных марок, лучшим является БПВ/ОАПП-Н4. С дальнейшим понижением температуры низкотемпературное трещинообразование увеличивается. Результаты испытания методом BBR показали, что образцы битумполимерных вяжущих удовлетворяют требованиям низкотемпературной устойчивости при расчетных температурах: -28 , -34 , -40°C . В соответствии с разработанной АО «КазДорНИИ» картой районирования территории Казахстана по эксплуатационным температурам [12,13], асфальтобетонные покрытия могут эксплуатироваться во всех регионах Казахстана, кроме Восточного (-46°C).

Таким образом, изучены эксплуатационные характеристики окисленного битума БНД60/90 и битумполимерных вяжущих на трех этапах их срока службы: в исходном состоянии; после старения в вертикальной вращающей печи (RTFOT); в сосуде старения под давлением при высокой температуре (PAV).

Методом BBR исследована жесткость образцов исходного битума и БПВ на реометре с изгибающей балкой при низких температурах после

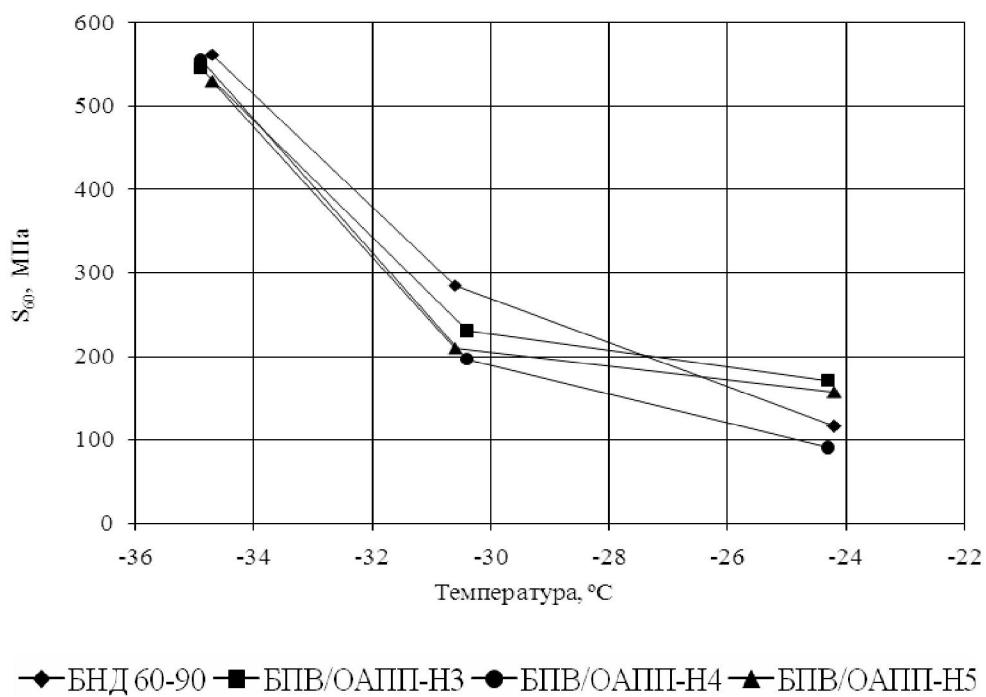


Рис. 4. Зависимость модуля жесткости от температуры для битума БНД 60/90 и битумполимерного вяжущего различных марок после старения в RTFOT+ PAV (длительность нагрузления 60с, максимальный предел модуля жесткости 300 МПа)

последовательного старения методами RTFOT и PAV.

Показано, что испытанные образцы удовлетворяют требованиям низкотемпературной устойчивости при расчетных минимальных температурах: $-28, -34, -40^{\circ}\text{C}$.

ЛИТЕРАТУРА

- Надиров Н.К. Высоковязкие нефти и природные битумы. В 5-ти т. Алматы: Фылым, 2001. Т.3. Нетрадиционные методы переработки. – 414с.
- Ризванов Т.М., Кутьин Ю.А., Теляшев Э.Г., Викторова Г.Н. Полимербитумные вяжущие и полимерасфальтобетоны с применением атактического полипропилена / Нефтепереработка и нефтехимия. Проблемы и перспективы. Материалы секции Д III Конгресса нефтепромышленников. Россия, Уфа.2001. С.71-74.
- Рудненская И.М., Рудненский А.В. Физические свойства битумов // Автомобильные дороги. – 2010. – N 8. – С. 82-87.
- Унгер Ф.Г., Эфа А.К., Цыро Л.В и др. // Автомобильные дороги. – 1998. – № 11 – С. 22-23.
- Нехорошева А.В., Нехорошев В.П. Атактический полипропилен и некристаллические полимеры пропилен: получение, строение, свойства и применение. Монография. Ханты-Мансийск: Полиграфист, 2008. 128 с.
- Кенбейлова С. Ж., Бойко Г.И., Любченко Н. П., Шайхутдинов Е.М., Каганович Е.В., Исмайлова Г.Г. Новые композиционные органические вяжущие для

дорожных покрытий // Доклады девятых международных научных Надировских чтений: Научно-техническое развитие нефтегазового комплекса. Алматы, 2011. С.328-334.

7. ASTM D 2872-08. Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test) 2008.

8. Кенбейлова С. Ж., Бойко Г.И., Любченко Н. П., Шайхутдинов Е.М., Каганович Е.В., Исмайлова Г.Г. Модификация окисленного битума БНД 60/90 отходами производства карбоцепных полимеров // Поиск, № 2(1), 2012.

9. ASTM D 6648-08. Standard Test Method for Determining the Flexural Creep Stiffness of Asphalt Binder Using the Bending Beam Rheometer (BBR). 2008.

10. Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing. Superpave Series № 1. Asphalt Institute, 1999.

11. CASTM D 6521-08. Standard Practice for Accelerated Aging of Asphalt Binder Using a Pressurized Aging Vessel (PAV). 2008.

12. Тельтаев Б.Б., Каганович Е.В., Измайлова Г.Г. Учет климатических условий эксплуатации при выборе битума для асфальтобетонных смесей // Наука и техника в дорожной отрасли. 2008. № 2. С. 17-20.

13. Тельтаев Б.Б., Каганович Е.В., Амирбаев Е.Д. Исследование битумов применительно к условиям резеконтинентального климата Казахстана // сб. докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию СНГ и Независимости Республики Казахстан: «Инновационное развитие международных транспортных коридоров», Астана, 2011. С. 33-42.