

УДК 625.7/8:691.16

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БИТУМОПОЛИМЕРНЫХ ВЯЖУЩИХ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ЗАМОРАЖИВАНИЯХ И ОТТАИВАНИЯХ

Б.Б. Телтаев, проф., д.т.н., Г.Г. Измаилова, директор Департамента дорожных конструкций и материалов, Е.Д. Амирбаев, начальник отдела, Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт, г. Алматы, Республика Казахстан

Аннотация. Представлены результаты определения реологических характеристик (жесткость и скорость релаксации) восьми битумополимерных вяжущих в исходном состоянии и после 25 циклов замораживания-оттаивания при температурах $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ на реометре с изгибающейся балкой (BBR). Установлено, что с понижением температуры жесткость вяжущих существенно повышается.

Ключевые слова: битумополимерные вяжущие, реометр с изгибающейся балкой (BBR), низкие температуры, жесткость, скорость релаксации.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БІТУМОПОЛІМЕРНИХ В'ЯЖУЧИХ ПРИ ЦИКЛІЧНИХ ЗАМОРОЖУВАННЯХ ТА ВІДТАВАННЯХ

Б.Б. Телтаєв, проф., д.т.н., Г.Г. Ізмаїлова, директор Департаменту дорожніх конструкцій та матеріалів, Е.Д. Амірбаєв, начальник відділу, Казахстанський дорожній науково-дослідний інститут, м. Алмати, Республіка Казахстан

Анотація. Подано результати визначення реологічних характеристик (жорсткість і швидкість релаксації) восьми бітумополімерних в'язучих у їх вихідному стані та після 25 циклів заморожування-відтавання за температур $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ на реометрі згину балки (BBR). Встановлено, що з пониженням температури жорсткість істотно підвищується.

Ключові слова: бітумополімерні в'язучі, реометр зі згинальною балкою (BBR), низькі температури, жорсткість, швидкість релаксації.

LOW TEMPERATURE CHARACTERISTICS OF BITUMEN POLYMER BINDERS AT CYCLIC FROSTING AND DEFROSTING

**B. Teltayev, Prof., D. Sc. (Eng.),
G. Izmailova, Director of Road Structures and Materials Department,
Ye. Amirbayev, Head of Division, Kazakhstan Highway Research Institute**

Abstract. The results for determining rheological characteristics (stiffness and relaxation rate) of 8 bitumen polymer binders in their initial condition and after 25 cycles of frosting-defrosting at the temperatures of $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ using the bending beam rheometer (BBR) are presented. It has been established that the stiffness of binders increases considerably with the temperature decrease.

Key words: bitumen polymer binders, bending beam rheometer (BBR), low temperatures, stiffness, relaxation rate.

Введение

Во многих климатических условиях в поздний осенний, зимний и ранний весенний периоды имеют место частые переходы темпе-

ратуры воздуха, соответственно поверхности и верхней части асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог, через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. По некоторым данным, число таких переходов температуры воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в климати-

ческих условиях г. Алматы ежегодно составляет 100–120 и более.

В наиболее тяжелый зимний период 1962–1963 гг. индекс замораживания-оттаивания достигал в Париже 650 (градусо-дней), а на юге Франции – 240 (градусо-дней), при этом глубина промерзания достигала 50–60 см [1]. Согласно [2] за 12–15 лет службы дорожное покрытие в Западной Европе подвергается 500–1200 циклам замораживания-оттаивания (ЦЗО). Ещё в 1949 г. Н.М. Распопов [3] утверждал, что после 8–10 лет ЦЗО приводит к необратимым разрушениям верхних слоёв асфальтобетонных дорожных покрытий.

Анализ публикаций

Общеизвестно, что основными видами разрушения асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог являются колея, усталостные и низкотемпературные трещины. Результаты диагностического обследования автомобильных дорог показали, что температурные трещины на асфальтобетонном покрытии на территории Казахстана встречаются повсеместно. Частое их появление отмечено особенно в северных регионах республики, то есть там, где имеют место существенные низкие температуры. Они также появляются в южных регионах республики, где имеют место частые переходы через 0 °С [4].

Считается, что низкотемпературная устойчивость асфальтобетона определяется, главным образом, свойствами битума в нем и при правильном выборе вяжущего можно существенно сократить количество трещин. Так, в разработанной в США Технической системе Supergravel принято, что низкотемпературная устойчивость битумного вяжущего обеспечена, если при расчетной низкой температуре его жесткость (S) меньше 300 МПа и показатель скорости релаксации (m) больше 0,3 [5].

В системе SHRP Supergravel температуры, отвечающие критическим значениям (S) и (m), используются для выбора оптимального по трещиностойкости битумного вяжущего применительно к дорожно-климатической зоне, для которой оно предназначено. Однако эти температуры относятся к исходному вяжущему, без учёта того, как оно изменяется после циклического замораживания-оттаивания.

Цель и постановка задачи

Целью работы является экспериментальная проверка влияния ЦЗО на реологические характеристики (модули жесткости и скорость релаксационных процессов) битумных вяжущих, модифицированных полимерными добавками.

Результаты экспериментальных исследований

В Казахском дорожном научно-исследовательском институте с 2009 года с помощью реометра BBR систематически изучаются реологические свойства битумных вяжущих, применяемых на автомобильных дорогах республики.

Для исследований использован прибор «Bending Beam Rheometer» (BBR) – реометр с изгибающейся балкой (рис. 1). Прибор предназначен для оценки свойств вяжущего при низких температурах.



Рис. 1. Общий вид реометра с изгибающейся балкой (BBR)

При низкой температуре определяют прогиб образца битумного вяжущего в виде балки на двух опорах под действием постоянной вертикальной нагрузки. Значения температуры в испытаниях зависят от наиболее низкой температуры при эксплуатации покрытия. Вяжущее не должно быть очень жестким при расчетной зимней температуре – оно должно сохранять способность деформироваться. Принцип работы прибора: в течение 240 секунд к балочке прилагается нагрузка 980 мН. Прогиб измеряется с помощью датчика прогиба. В ходе этого испытания на экране компьютера непрерывно строятся графики зависимости нагрузки и прогиба от времени. По истечении 240 секунд испытательная нагрузка автоматически снимается и компьютерная

программа реометра вычисляет жесткость вяжущего и скорость релаксации [6].

Перед испытанием на реометре BBR вяжущее проходит двойное состаривание – кратковременное (по стандарту ASTM D 2872) [7] и длительное (по стандарту ASTM D 6521) [8].

В соответствии с требованиями стандарта ASTM D 6648 [6] перед испытанием образец битумного вяжущего выдерживается при выбранной температуре испытания в течение 1 часа. Но такие условия проведения испытания не учитывают циклическое замораживание и оттаивание, имеющее место в реальных условиях.

Чтобы ответить на вопрос: «Влияет ли циклическое замораживание и оттаивание на реологические показатели битумных вяжущих, характеризующие их низкотемпературную устойчивость?», были проведены следующие испытания.

Для испытания были выбраны 8 битумополимерных вяжущих, приготовленных путем добавления в чистый битум марки БНД 130/200 Павлодарского нефтехимического завода разных полимеров. Чистый битум и битумополимерные вяжущие удовлетворяют требования стандартов СТ РК 1373 [9] и СТ РК 2534 [10] соответственно.

Перед испытанием образцы вяжущих подвергались 25-кратному циклическому замораживанию и оттаиванию [11]. Образцы вяжущих помещали в морозильную камеру, обеспечивающую температуру замораживания до $-(18 \pm 2)^\circ\text{C}$. Началом замораживания считали момент времени, когда в морозильной камере установилась температура -16°C . Продолжительность одного замораживания при установившейся температуре в морозильной камере была не менее 4 часов. Оттаивание образцов после их выгрузки из морозильной камеры проводили в течение 4 часов на воздухе при комнатной температуре. Число циклов замораживания и оттаивания в течение суток было не менее одного раза.

Испытания образцов вяжущих проводились при температурах -24°C , -30°C , -36°C , которые были назначены согласно разработанной в КаздорНИИ карте районирования территории Казахстана по эксплуатационным

температурам асфальтобетонного покрытия [4, 12]. По результатам испытания были построены графики, показывающие жесткость и скорость релаксации вяжущих во времени при разных температурах. В качестве наглядного примера такие графики для битумо-полимерного вяжущего, представляющего собой смесь битума марки БНД 130/200 с полимером SBS, показаны на рис. 2 и 3.

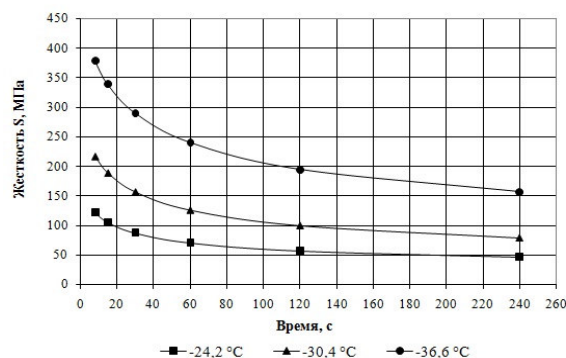


Рис. 2. Жесткость битумополимерного вяжущего (БНД 130/200 + SBS – 5 %) при разных температурах

Как и следовало ожидать, с понижением температуры жесткость вяжущего повышается существенно. Такая закономерность соблюдается всеми испытанными вяжущими. Также следовало ожидать, что с понижением температуры испытания скорость релаксации вяжущих уменьшается. Но, в большинстве случаев, наоборот – было установлено повышение скорости релаксации с понижением температуры.

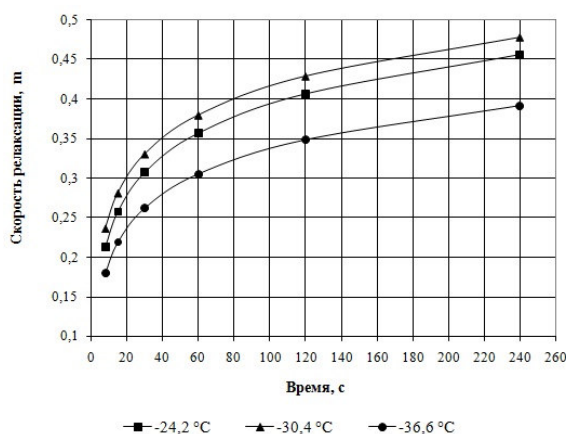


Рис. 3. Скорость релаксации битумополимерного вяжущего (БНД 130/200 + SBS – 5 %) при разных температурах

На рис. 4–6 даны гистограммы, показывающие значения жесткости испытанных вяжущих

щих в исходном состоянии и после 25 циклов замораживания и оттаивания при длительности действия нагрузки $t = 60$ с при температуре -24 °С, -30 °С и -36 °С.

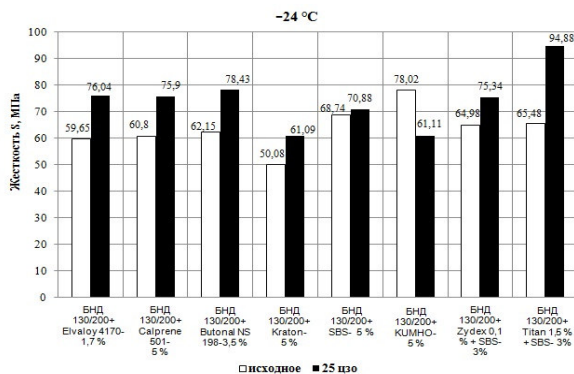


Рис. 4. Жесткость битумополимерных вяжущих ($t = 60$ с) при -24 °С в исходном состоянии и после 25 циклов замораживания-оттаивания

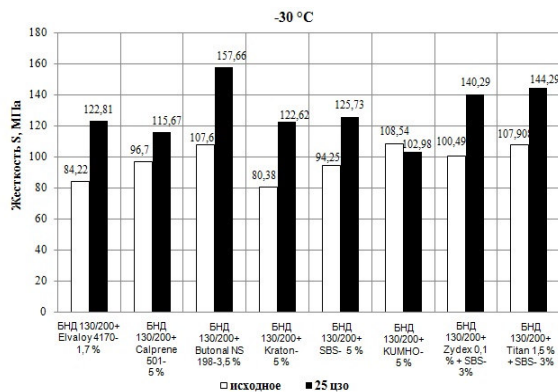


Рис. 5. Жесткость битумополимерных вяжущих ($t = 60$ с) при -30 °С в исходном состоянии и после 25 циклов замораживания-оттаивания

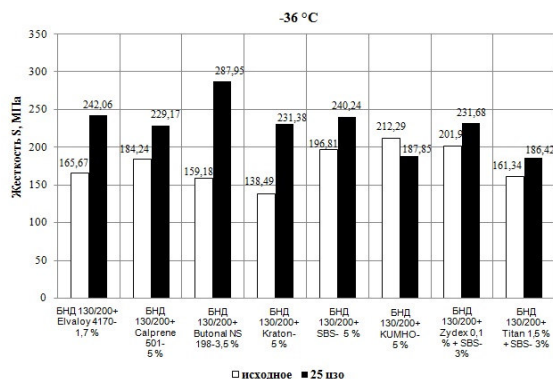


Рис. 6. Жесткость битумополимерных вяжущих ($t = 60$ с) при -36 °С в исходном состоянии и после 25 циклов замораживания-оттаивания

Как видно, за исключением только одного вяжущего (БНД 130/200 + полимер KUM-

НО), все остальные, как в исходном состоянии, так и после 25 циклов замораживания-оттаивания, с понижением температуры показывают повышенную жесткость. Чем ниже температура, тем выше жесткость. Например, у вяжущего (БНД 130/200 + Butonal NS 198) после 25 циклов замораживания и оттаивания по сравнению с исходным состоянием повышение жесткости при температурах -24 °С, -30 °С и -36 °С составило 26,2 %, 46,5 % и 80,9 % соответственно.

Выводы

Получены новые результаты, раскрывающие влияние ЦЗО на модуль жесткости и скорость релаксации. Эти результаты в отношении изменения скорости релаксации после ЦЗО не отвечают общепринятым представлениям.

Установлены новые эффекты, свидетельствующие о необходимости проведения более глубоких экспериментальных исследований и учета циклического замораживания-оттаивания при назначении расчетных реологических характеристик битумных вяжущих.

Литература

- Berthier J. La Route face an probleme du gel et du degel / J. Berthier // Bull. Liaison Labo. P. et Ch. – 1970. – № 43. – P. 57–67.
- Mauduit V. Degradation precessus des couches de roulement bitumineuses a sortie des hivers / V. Mauduit, C. Mauduite // RGRA. – 2007. – № 859. – P. 99–104.
- Распопов Н.М. Исследование морозостойкости асфальтобетонного покрытия / Н.М. Распопов // Труды ДорНИИ. – 1940. – С. 134–158.
- Teltayev V. Bitumen and asphalt concrete requirements improvement for the climatic conditions of the Republic of Kazakhstan / V. Teltayev, E. Kaganovich. – Mexico. – Proceedings of the XXIVth World Road Congress Mexico. – 2011. – 153 p.
- Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing. – Asphalt Institute. – 2003. – № 1. – 60 p.
- ASTM D6648-08(2016) Standard Test Method for Determining the Flexural Creep Stiffness of Asphalt Binder Using the Bending Beam Rheometer (BBR). – West Conshohocken: ASTM International. – PA. – 2008. – P. 15. – Режим доступа до документа: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D6648>.

7. ASTM D2872-12e1 Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test). – West Conshohocken: ASTM International. – PA. – 2012. – P. 6. – Режим доступа до документа: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D2872>.
8. ASTM D6521-08 Standard Practice for Accelerated Aging of Asphalt Binder Using a Pressurized Aging Vessel (PAV). – West Conshohocken: ASTM International – PA. – 2008. – P. 6. – Режим доступа до документа: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D6521>.
9. Битумы и битумные вяжущие. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия: СТ РК 1373-2013. – Астана, 2013. – 16 с.
10. Битум и битумные вяжущие. Битумы нефтяные модифицированные, дорожные. Технические условия: СТ РК 2534-2014. – Астана, 2014. – 30 с.
11. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний: СТ РК 1218-2003. – Астана, 2003.
12. Рекомендации. Районирование территории Казахстана по расчетным температурам асфальтобетонных покрытий: Р РК 218-96-2013. – Астана, 2013. – 36 с.

Рецензент: В.А. Золотарев, профессор, д.т.н., ХНАДУ.
