

УДК 691.16

ВПЛИВ ВМІСТУ ТЕРМОЕЛАСТОПЛАСТІВ НА ВЛАСТИВОСТІ ТА СТАРІННЯ БІТУМІВ РІЗНОГО ВИРОБНИЦТВА

**С.В. Кіщинський, начальник центру асфальтобетонів та органічних в'язучих,
І.В. Копинець, завідувач відділу дорожньо-будівельних матеріалів,
ДП «ДерждорНД», м. Київ**

Анотація. Розглянуто вплив вмісту термоеластопластів на властивості окиснених та дистильційних бітумів. Досліджено зміну властивостей модифікованих бітумів під час їх прогрівання згідно з ГОСТ 18180 та ДСТУ EN 12607-1 (EN 12607-1:2014, IDT). Показано недоцільність використання методу згідно з ГОСТ 18180 для оцінки старіння модифікованих бітумів у процесі приготування асфальтобетонних сумішей.

Ключові слова: бітум, в'язкість, модифікований бітум, старіння, термоеластопласт.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ НА СВОЙСТВА И СТАРЕНИЕ БИТУМОВ РАЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**С.В. Кищинский, начальник центра асфальтобетонных и органических вяжущих,
И.В. Копинец, заведующий отделом дорожно-строительных материалов,
ГП «ГосдорНИИ», г. Киев**

Аннотация. Рассмотрено влияние содержания термоэластопластов на свойства окисленных и дистилляционных битумов. Исследовано изменение свойств модифицированных битумов при их прогреве по ГОСТ 18180 и ДСТУ EN 12607-1 (EN 12607-1: 2014, IDT). Показана нецелесообразность использования метода по ГОСТ 18180 для оценки старения модифицированных битумов в процессе приготовления асфальтобетонных смесей.

Ключевые слова: битум, вязкость, модифицированный битум, старение, термоэластопласт.

INFLUENCE OF THERMOELASTOPLASTS CONTENT ON THE PROPERTIES AND AGEING OF BITUMEN OF DIFFERENT PRODUCTION

**S. Kischynskyi, Head of Asphalt and Organic Binders Center,
I. Kopynets, Head of Department of Road-Building Materials, «DerzhdorSRI» SE, Kyiv**

Abstract. The influence of the content of thermoelastoplasts on the properties of oxidized and distillation bitumen is considered in the article. The change in the properties of modified bitumen during its heating according to GOST 18180 and DSTU EN 12607-1 (EN 12607-1: 2014, IDT) is studied. The inexpediency of using the method in accordance with GOST 18180 for estimating the ageing of modified bitumen during the preparation of asphalt mixtures is shown.

Key words: bitumen, viscosity, modified bitumen, ageing, thermoelastoplast.

Вступ

Якість асфальтобетону значною мірою визначається властивостями бітуму, що відіграє роль зв'язуючого елемента, який забезпечує об'єднання окремих мінеральних зерен у монолітний матеріал.

Бітум має ряд природних властивостей, які, з одного боку, зробили його фактичним монополістом серед в'язучих, з іншого – обумовлюють виникнення деформацій і руйнувань дорожнього покриття під дією транспорту та природних умов.

Розм'якшення бітуму за підвищених літніх температур призводить до утворення на покритті під дією транспорту колій, напливів та зсувів. За низьких зимових температур бітум стає твердим та крихким і, як наслідок низькотемпературного стиску, на покритті виникають поперечні тріщини.

Підвищити тріщиностійкість асфальтобетону можна шляхом використання малов'язкого бітуму, але це призведе до надмірного колієутворення у спекотну погоду. І навпаки, використання більш в'язкого бітуму дозволяє підвищити опір асфальтобетону колієутворенню, але при цьому погіршиться його тріщиностійкість за низьких температур.

Високі технологічні температури та погоднокліматичні фактори призводять до інтенсивного старіння бітумів. Як наслідок, бітуми стають жорсткими та крихкими, втрачають свої в'язучі властивості. Це, у свою чергу, прискорює тріщиноутворення та знос покриття. Покращити властивості бітумів і, тим самим, подовжити строк служби покриття, в тому числі й під дією інтенсивних транспортних навантажень та несприятливих погодних умов, можна шляхом використання полімерних добавок.

Аналіз публікацій

Активне дослідження впливу полімерних добавок в бітуми на властивості останніх розпочалося у кінці 60-х років минулого сторіччя [1]. У 1972 р. Л.М. Гохманом була захищена перша кандидатська дисертація, об'єктом вивчення якої були бітуми модифіковані дивінілстирольними еластопластами (СБС). У зв'язку з відсутністю спеціальних полімерів у дослідженнях було використано відходи виробництва цих полімерів, що викликало необхідність розчинення їх у бензині з подальшим змішуванням отриманого маточного розчину з бітумом. Цей спосіб надовго зберігся у дорожній практиці. Він був достатньо ефективним. Про його корисність свідчить 12-річна служба асфальтополімербетонного покриття на ортотропній плиті Північного моста у м. Києві. В той час на Заході, упевнившись в ефективності дії полімерів, пішли шляхом виготовлення з них спеціальних порошків, а згодом і гранульованих полімерних добавок [2]. При цьому в Західноєвропейських країнах вишукували оптимальний полімер на основі результатів порівня-

льних досліджень термопластів, термоеластопластів, терполімерів, каучуків, латексів. Завдяки цим дослідженням [2, 3, 4] вибір випав на блоксополімери – стирол-бутадієн-стирол (СБС). Ці полімери забезпечували підвищену когезію та більшу тріщиностійкість бітумополімерів. Достовірність цих висновків підтверджувалась також ефективним використанням СБС у різних галузях промисловості [5] (гумова, гумовотехнічна, взуття, фарбова герметизація та ін.).

На сьогодні досконало вивчено закономірності впливу полімерів на технічні характеристики бітумів: penetрацію, температуру розм'якшеності та крихкості, розтяжність [1, 2, 6]. Набагато гірше досліджені фізико-хімічні властивості: адгезія БМП до поверхні кам'яних матеріалів, їх стійкість до старіння. Ці властивості значною мірою залежать від виду полімерів. У [3, 4] доведено, що полімери класу термоеластопластів (наприклад, стирол-бутадієн-стирол) набагато ефективніші, ніж термопласти (наприклад, етиленвінілацетат). Щоб досягти одного рівня покращення бітуму, вміст EVA має бути вдвічі більшим, ніж СБС. Це підтверджується також досвідом використання полімерів за останні 10 років.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є дослідження впливу термоеластопласту на швидкість старіння БМП та визначення шляхів його уповільнення за рахунок регулювання складів та структури в'язучого.

Для досліджень було взято такі матеріали: залишкові бітуми Nynas марок 70/100 та 100/150, окислені бітуми Мозирського НПЗ марок БНД 40/60, БНД 60/90 та БНД 90/130 та окислені бітуми ПАТ «Укртатнафта» марок БНД 60/90 та БНД 90/130 із близькими penetраціями за температури 25 °С; термоеластопласт типу СБС лінійної структури. Вміст термоеластопласту в бітумах марки БНД 60/90 та марки 70/100 становив 3,0 %, в бітумах марки БНД 90/130 та марки 100/150 – 3,0 % та 5,0 %. Досліджувався також високomodифікований бітум Мозирського НПЗ, в якому вміст полімеру становив 9 %. Модифікацію бітуму термоеластопластом виконували за температури (180–185) °С впродовж 2,0 годин.

Експериментальні дослідження, крім стандартних методів (пенетрація, температура розм'якшеності та крихкості, розтяжність та еластичність), включали спеціальні дослідження з визначення стійкості бітумів до старіння шляхом визначення зміни їх властивостей після випробування згідно з ГОСТ 18180 [1] та ДСТУ EN 12607-1 [2]; динамічної в'язкості бітумів, з використанням віскозиметра Brookfield RV DV-III Ultra, в широкому інтервалі температур та швидкостей зсуву, що дозволяло визначити технологічні температури змішування бітуму з мінеральним матеріалом.

Вплив термоеластоласту на властивості бітумів

Результати випробувань бітумів, модифікованих різним вмістом термоеластоласту, наведені в табл. 1. Введення 3,0 % термоеластоласту в бітум Мозирського НПЗ марки БНД 60/90 та марки БНД 90/130 призводить до зниження їх пенетрації за температури 25 °С відповідно в 1,51 та 1,63 рази. Температура розм'якшеності зростає на 12,5 °С та

12 °С. Розтяжність бітумів за температури 25 °С знизилася з 96 см та 104 см до 60 см та 75 см відповідно, за температури 0 °С – зросла з 4,0 см до 9,5 см та з 4,5 см до 17 см. Завдяки введенню термоеластоласту бітуми набувають еластичних властивостей. Еластичність бітумів становить 81 % та 87 %. Температура крихкості обох бітумів не змінюється. За рахунок зростання температури розм'якшеності за стабільної температури крихкості зростає інтервал пластичності бітуму марки БНД 60/90 до 86 °С, а БНД 90/130 – до 85 °С.

Збільшення вмісту термоеластоласту в бітумі Мозирського НПЗ марки БНД 90/130 до 5,0 % та 9,0 % призводить до зниження пенетрації за температури 25 °С в 2 рази та 2,36 рази, зростання температури розм'якшеності на 35 °С та 47 °С, зниження розтяжності за температури 25 °С до 44 см та 38 см, зростання розтяжності за температури 0 °С до 22 см та 25 см, збільшення еластичності за температури 25 °С до 94 % та 96 %, а за температури 0 °С – до 68 % та 72 %.

Таблиця 1 Властивості вихідних та модифікованих бітумів

Бітум	Вміст термоеластоласту, %	Показники						
		Пенетрація за температури 25 °С, 0,1 мм	Температура розм'якшеності за кільцем і кулею, °С	Температура крихкості, °С	Розтяжність, см, за температури		Еластичність, %, за температури	
					25 °С	0 °С	25 °С	0 °С
Мозирського НПЗ марки БНД 40/60	0	58	52,0	-22	60	-	-	-
Мозирського НПЗ марки БНД 60/90	0	77	48,5	-25	96	4	-	-
	3	51	61,0	-25	60	9,5	81	63
Мозирського НПЗ марки БНД 90/130	0	106	46,0	-27	104	4,5	-	-
	3	65	58,0	-27	75	17	87	66
	5	53	81,1	-29	44	22	94	68
	9	45	93,0	-42	38	25	96	72
ПАТ «Укртатнафта» марки БНД 60/90	0	67	49,7	-23,5	68	3	-	-
	3	43	59,0	-22	30	7	64	57
ПАТ «Укртатнафта» марки БНД 90/130	0	110	45,1	-25	80	4	-	-
	3	60	60,0	-25	57	11	83	66
	5	51	74,0	-26	50	17	93	70
Nynas марки 70/100	0	77	46,2	-17	> 150	0,6	-	-
	0	106	42,2	-19	> 150	7,9	-	-
Nynas марки 100/150	3	77	55,0	-18	120	23	85	69
	5	60	74,2	-24	89	29	93	72

За збільшення вмісту термоеластоласту до 9 % відбувається інверсія фаз бітумополімерної системи (окремі фази полімеру стають суцільним середовищем). Як результат, має місце зниження температури крихкості до мінімуму 42 °С. Інтервал пластичності бітуму

збільшується до 110,1 °С та 135 °С (інтервал пластичності вихідного бітуму становить 73 °С). Введення 3,0 % термоеластоласту в окислений бітум марки БНД 60/90 та БНД 90/130 ПАТ «Укртатнафта» призводить до таких змін: пенетрація за температури

25 °С знижується в 1,56 рази та 1,83 рази; температура розм'якшеності зростає на 9,3 °С та 14,9 °С; температура крихкості бітуму марки БНД 60/90 підвищується на 1,5 °С, а БНД 90/130 – не змінюється; розтяжність бітумів за температури 25 °С знижується з 68 см до 30 см та з 80 см до 57 см, за температури 0 °С – зростає з 3,0 см до 7,0 см та з 4,0 см до 11,0 см; еластичність бітумів становить 64 % та 83 %; інтервал пластичності зростає до 81 °С та 85 °С.

Збільшення вмісту термоеластоласту в бітумі ПАТ «Укртатнафта» марки БНД 90/130 до 5,0 % призводить до подальшого зниження пенетрації в 2,17 рази, зростання температури розм'якшеності на 28,9 °С, зниження розтяжності за температури 25 °С до 50 см, зростання розтяжності за температури 0 °С до 17 см, зростання еластичності за температури 25 °С до 93 %, за температури 0 °С – до 70 %, температура крихкості змінюється в межах похибки з тенденцією до зниження; інтервал пластичності бітуму збільшується до 100 °С.

При введенні 3,0 % та 5,0 % термоеластоласту в залишковий бітум марки 70/100: пенетрація за температури 25 °С знижується в 1,37 рази та 1,77 рази; температура розм'якшеності зростає на 12,8 °С та 32,0 °С; температура крихкості при введенні 3,0 % термоеластоласту підвищується в межах похибки експерименту, а при введенні 5,0 % – знижується на 6,0 °С; розтяжність за температури 25 °С знизилася до 120 см та 89, за температури 0 °С зросла з 7,9 см до 23 см та 29 см; еластичність бітумів за температури 25 °С становить 85 % та 93 %, за температури 0 °С – 69 % та 72 %; інтервал пластичності зростає з 61,2 °С до 73 °С та 98,2 °С.

Отримані результати добре узгоджуються з результатами, поданими в [3–5]. Насамперед це стосується більш інтенсивного впливу полімеру зі збільшенням пенетрації бітуму, а також практично незмінної температури крихкості при введенні 3,0 % з наступним її зниженням за збільшення термоеластоласту до 9,0 %. Введення 3,0 % термоеластоласту призводить до меншого зниження пенетрації бітуму Мозирського НПЗ ніж бітуму ПАТ «Укртатнафта» (у 1,51 рази та 1,63 рази проти 1,56 рази та 1,83 рази). Найменша зміна пенетрації має місце при введенні термоеластоласту в дистиляційний бітум (1,38 ра-

зи). Дана тенденція зберігається і при введенні 5,0 % термоеластоласту.

Незважаючи на більше зниження пенетрації бітуму ПАТ «Укртатнафта», зростання його температури розм'якшеності практично у всіх випадках є меншим, ніж при введенні тієї ж кількості термоеластоласту в бітум Мозирського НПЗ та дистиляційний бітум. Винятком є тільки введення 3,0 % термоеластоласту в бітум марки БНД 90/130.

Температура крихкості бітумів при введенні 3,0 % термоеластоласту практично не змінюється. За збільшення вмісту термоеластоласту до 5,0 % температура крихкості дистиляційного бітуму знижується на 5 °С, а окислених бітумів змінюється в межах похибки з тенденцією до зниження. Подальше збільшення термоеластоласту до 9,0 %, в результаті переходу до структури «полімер-бітум», призводить до зниження температури крихкості окисленого бітуму Мозирського НПЗ з мінус 27 °С до мінус 42 °С.

Зміну розтяжності окислених бітумів та дистиляційного бітуму за температури 25 °С важко порівняти, адже розтяжність вихідного дистиляційного бітуму є більшою за 150 см. Навіть при введенні 5,0 % термоеластоласту в дистиляційний бітум, його розтяжність є на рівні розтяжності вихідних окислених бітумів. Введення термоеластоласту призводить до збільшення розтяжності бітуму за температури 0 °С. При цьому чим більшим є підсилення бітуму за пенетрацією (залежно від виробника), тим меншим є збільшення розтяжності. У всіх випадках розтяжність за температури 0 °С модифікованого дистиляційного бітуму є більшою, ніж у модифікованого окисленого бітуму Мозирського НПЗ, і значно більшою, ніж у модифікованого окисленого бітуму ПАТ «Укртатнафта».

Методологічною основою об'єктивної оцінки якості модифікованих бітумів є порівняння їх властивостей із властивостями чистих бітумів однакової пенетрації тієї ж природи і технології отримання [3].

У наших дослідженнях порівнювались бітуми марки БНД 60/90 та БНД 90/130 Мозирського НПЗ, модифікованих 3,0 % термоеластоласту, та бітум марки БНД 40/60 рівної пенетрації цього ж НПЗ. При пенетрації $58 \times 0,1$ мм маємо такі відмінності у власти-

востях бітумів: температура розм'якшеності модифікованого бітуму на $7,5^{\circ}\text{C}$ є вищою; температура крижкості – на 4°C нижчою; розтяжність за температури 25°C та 0°C на 7 см та 13 см – більшою; інтервал пластичності є більшим на 11°C .

Також був виконаний порівняльний аналіз властивостей дистиляційного бітуму марки 70/100 з дистиляційним бітумом марки 100/150, модифікованим 3,0 % термоеласто-пласту (пенетрація обох бітумів становить $77 \times 0,1$ мм). Температура розм'якшеності модифікованого бітуму є на $8,8^{\circ}\text{C}$ вищою, а температура крижкості – нижчою на $1,0^{\circ}\text{C}$, розтяжність за температури 25°C є меншою орієнтовно в 1,5 рази, а за температури 0°C – більшою в 25 разів (15,1 см проти 0,6 см), інтервал пластичності є більшим на 10°C .

Серед бітумів із близькою пенетрацією, але отриманих шляхом введення різної кількості термоеласто-пластів, можна порівняти бітум марки БНД 60/90 Мозирського НПЗ, модифікований 3,0 % термоеласто-пласту, та бітум марки БНД 90/130 Мозирського НПЗ, модифікований 5,0 % термоеласто-пласту. За близьких значень пенетрації ($51 \times 0,1$ мм та $53 \times 0,1$ мм) бітум, модифікований 5,0 % термоеласто-пласту, має на 20°C вищу температуру розм'якшеності, на 4°C нижчу температуру крижкості, на 16 см меншу розтяжність за температури 25°C та на 12,5 см більшу – за температури 0°C , більший на 24°C інтервал пластичності та більшу на 12 % еластичність.

Таким чином, встановлено, що за близьких значень пенетрації бітуми, модифіковані термоеласто-пластами, в порівнянні з немодифікованими бітумами, є більш теплостійкими та мають нижчу температуру крижкості, а отже й більший інтервал пластичності, мають меншу розтяжність за температури 25°C і в рази більшу розтяжність за температури 0°C .

Вплив термоеласто-пласту на стійкість бітумів до старіння

Основний ефект від модифікації бітуму полімерами полягає у збільшенні температурного інтервалу працездатності та появі еластичності. Однак, враховуючи те, що, внаслідок набрякання та розчинення полімеру, відбувається поглинання ним масляних фракцій

бітуму, які потім поступово полімер повертає у бітумне середовище, можна припустити, що полімер підвищує стійкість бітуму до старіння.

При проведенні досліджень моделювання старіння бітуму виконувалось, згідно з ГОСТ 18180, шляхом прогрівання бітуму в тонкому шарі та методом обертання циліндрів згідно EN 12607-1 (метод RTFOT), в яких бітум безперервно переміщується, піддаючись одночасно прогріванню та продуванню повітрям.

На відміну від методу прогрівання бітуму в тонкому нерухомому шарі за температури 163°C , коли старіння починається з поверхні, а його інтенсивність є різною за товщиною шару бітуму, RTFOT забезпечує постійне оновлення поверхні шарів бітуму і контакт усієї його маси з повітрям. В Європейському стандарті технічних вимог метод RTFOT рекомендується для контрольних та арбітражних випробувань технологічного старіння бітумів.

Старіння бітумів оцінювалось за змінами після прогрівання: пенетрації, температури розм'якшеності та маси. Результати досліджень засвідчили, що термоеласто-пласт підвищує стійкість бітумів до старіння (табл. 2).

При введенні 3,0 % термоеласто-пласту в бітум марки БНД 60/90 Мозирського НПЗ його залишкова пенетрація після прогрівання згідно з ГОСТ 18180 зростає з 77 % до 88 %, а при прогріванні згідно з EN 12607-1 – з 74 % до 82 %. Введення тієї ж кількості термоеласто-пласту в бітум марки БНД 90/130 Мозирського НПЗ призводить до зростання залишкової пенетрації з 70 % та 69 % до 89 % та 80 % відповідно. Збільшення вмісту термоеласто-пласту до 5,0 % призводить до подальшого зростання залишкової пенетрації до 96 % та 92 % відповідно. При вмісті в бітумі 9,0 % термоеласто-пласту його залишкова пенетрація становить 98 %, тобто консистенція в'язучого після прогрівання фактично не змінюється.

Введення термоеласто-пласту в бітуми ПАТ «Укртатнафта» призводить до більшого зростання залишкової пенетрації, ніж у бітумах Мозирського НПЗ. Так, для бітуму марки БНД 60/90 ПАТ «Укртатнафта» залишкова пенетрація зростає з 72 % до 93 % при

прогріванні згідно з ГОСТ 18180, та з 60 % до 88 % при прогріванні згідно з EN 12607-1. Тобто зростання залишкової пенетрації становило 21 % та 28 %. У той же час зростання залишкової пенетрації бітуму марки БНД 60/90 Мозирського НПЗ становить 11 % та 8 %. При цьому модифіковані бітуми мають близькі значення залишкової пенетрації. Можна припустити, що незалежно від схильності вихідного окисленого бітуму до старіння, схильність модифікованого бітуму до

старіння залежатиме від вмісту термоеласто-пласту і чим більш схильний до старіння вихідний бітум, тим більшим буде внесок термоеласто-пласту в підвищення його стійкості до старіння. Найменшою стійкістю до старіння, за залишковою пенетрацією, відзначаються дистиляційні модифіковані бітуми. У порівнянні із залишковою пенетрацією, підвищення стійкості бітумів до старіння за зміною температури розм'якшеності є набагато меншим.

Таблиця 2 Зміна властивостей бітумів при прогріванні

Бітум	Вміст термо-еласто-пласту, %	Результати випробувань					
		Зміна маси, %, при прогріванні згідно з		Залишкова пенетрація, %, при прогріванні згідно з		Зміна температури розм'якшеності, °С, при прогріванні згідно з	
		ГОСТ 18180	EN 12607-1	ГОСТ 18180	EN 12607-1	ГОСТ 18180	EN 12607-1
Мозирського НПЗ марки БНД 40/60	0	0,31	0,37	81	78	3,6	5,0
Мозирського НПЗ марки БНД 60/90	0	0,42	0,48	77	74	4,3	5,5
	3	0,25	0,07	88	82	2,0	5,0
Мозирського НПЗ марки БНД 90/130	0	0,62	0,70	70	69	3,7	4,4
	3	0,36	0,11	89	80	-2,0	1,0
	5	0,24	0,06	96	92	-3,1	-1,0
	9	0,16	0,05	98	98	-0,2	1,0
ПАТ «Укртатнафта» марки БНД 60/90	0	0,35	0,03	72	60	3,5	5,0
	3	0,26	0,02	93	88	3,0	5,0
ПАТ «Укртатнафта» марки БНД 90/130	0	0,46	0,14	67	62	4,1	5,1
	3	0,29	0,10	88	81	-2,0	1,5
	5	0,24	0,07	94	84	-3,0	-2,0
Нynas марки 70/100	0	0,53	0,58	73	64	3,4	4,9
Нynas марки 100/150	0	0,58	0,70	70	65	3,7	4,8
	3	0,42	0,18	81	71	-3,0	1,0
	5	0,34	0,08	91	78	-4,8	2,2

Слід, однак, зазначити, що окислені бітуми, внаслідок особливості технології приготування, є більш зістареними, ніж дистиляційні. Тому, незважаючи на більш інтенсивне старіння (більшу зміну властивостей після прогрівання) дистиляційні бітуми, які мають більший «резерв» старіння, після технологічної переробки залишаються менш зістареними.

У більшості випадків результати випробувань знаходяться в межах похибки експерименту. А для бітумів марок БНД 90/130 та 100/150, модифікованих 3,0 % термоеласто-пласту, після прогрівання згідно з ГОСТ 18180 спостерігається зниження температури розм'якшеності в порівнянні з початковим бітумом. Причиною цього може бути деструкція термоеласто-пласту [6], але, враховуючи незначний приріст температури розм'якшеності після прогрівання згідно з EN 12607-1,

можна припустити, що зниження температури розм'якшеності відбувається в результаті розшарування модифікованого бітуму при його витримуванні в нерухомому стані за високої температури протягом тривалого часу [7]. Підтвердженням останнього є також те, що після випробування модифікованого бітуму згідно ГОСТ 18180 у центрі чашки спостерігається утворення студню.

Порівнюючи два способи старіння бітумів, слід відзначити, що при прогріванні бітумів за методом ГОСТ 18180 залишкова пенетрація у всіх випадках є більшою, а зміна температури розм'якшеності – меншою. Тобто за цим методом старіння бітуму відбувається менш інтенсивно. Можна стверджувати, що метод RTFOT (EN 12607-1) моделює старіння бітуму при приготуванні асфальтобетонної суміші за високих технологічних темпе-

ратур, а метод за ГОСТ 18180 імітує тривале старіння в'язучого під час експлуатації покриття.

У результаті поглинання термоеластоластом масляного середовища бітуму зміна маси модифікованого бітуму після прогрівання за ГОСТ 18180 та EN 12607-1 є значно меншою, ніж у вихідного бітуму. На відміну від значень залишкової пенетрації та зміни температури розм'якшеності, більші зміни маси модифікованого бітуму відбуваються при його прогріванні згідно з ГОСТ 18180.

Вплив термоеластоласту на технологічні властивості бітуму

Температурні режими приготування й ущільнення асфальтобетонних сумішей призначають з умов забезпечення певної в'язкості

в'язучого при виконанні відповідних технологічних операцій. Модифікація бітуму термоеластоластами в загальному випадку призводить до зростання в'язкості бітуму за технологічних температур, що потребує зміни всіх температурних режимів приготування та ущільнення асфальтобетонних сумішей. Максимальна в'язкість, за якої буде забезпечено якісне перемішування в'язучого з мінеральним матеріалом, становить $0,5 \text{ Па} \times \text{с}$ (еквів'язка температура). На основі отриманих даних було побудовано температурну залежність в'язкості для прийнятих до випробування в'язучих.

Згідно отриманих температурно-в'язкісних залежностей вихідних та модифікованих бітумів були визначені еквів'язкі температури (табл. 3).

Таблиця 3 Еквів'язка температура вихідних та модифікованих бітумів

Бітумне в'язуче	Вміст термоеластоласту, %	Показники	
		Еквів'язка температура ($T_{0,5}$)	$\Delta T_{0,5}$
Мозирського НПЗ марки БНД 40/60	0	135	-
Мозирського НПЗ марки БНД 60/90	0	137	-
	3	163	26
Мозирського НПЗ марки БНД 90/130	0	124	-
	3	151	27
	5	168	44
	9	220	96
ПАТ «Укртатнафта» марки БНД 60/90	0	138	-
	3	162	24
ПАТ «Укртатнафта» марки БНД 90/130	0	132	-
	3	159	27
	5	176	44
Нунас марки 70/100	0	131	-
Нунас марки 100/150	0	126	-
	3	150	24
	5	176	50

Еквів'язка температура (тобто температура, що забезпечує однакову в'язкість бітумів різної консистенції (наприклад, $0,5 \text{ Па} \times \text{с}$)) підвищується зі збільшенням вмісту термоеластоласту. Введення в бітум 3,0 % термоеластоласту призводить до зростання еквів'язкої температури на (24 – 27) °С, 5,0 % - на (44 – 50) °С, 9,0 % – на 96 °С. Це означає, що технологічні температури приготування, укладання та ущільнення асфальтобетонних сумішей повинні бути практично на 30 °С, 50 °С та 100 °С вищими, ніж при використанні немодифікованого вихідного бітуму.

В'язкість бітумних в'язучих за температури 163 °С (стандартизована температура визначення стійкості бітуму до старіння) суттєво відрізняється. Так, в'язкість бітуму Мозирського НПЗ за температури 163 °С становить $0,04 \text{ Па} \times \text{с}$, в'язкість цього ж бітуму з 3,0 % термоеластоласту – $0,3 \text{ Па} \times \text{с}$, 5,0 % термоеластоласту – $0,62 \text{ Па} \times \text{с}$, 9,0 % термоеластоласту – $2,8 \text{ Па} \times \text{с}$. Тобто в'язкість модифікованих бітумів за температури 163 °С відповідно в 7,5, 15,5 та 70 разів більша, ніж вихідного бітуму, що суттєво впливає на оцінку стійкості бітумів до старіння. Це вимагає проведення ряду досліджень з визначення

стійкості бітумів до старіння за еквів'язкої температури, тобто за температури, за якої в'язкість бітуму буде однаковою.

Висновки

Введення термоеластопласту в бітум призводить до зниження його пенетрації за температури 25 °С, зростання температури розм'якшеності, зниження розтяжності за температури 25 °С та збільшення – за температури 0 °С, розширення інтервалу пластичності. Температура крихкості бітуму при введенні 3,0 %–5,0 % термоеластопласту змінюється в межах похибки з тенденцією до зниження, а при введенні 9,0 % термоеластопласту, в результаті інверсії фаз бітумополімерної системи, відбувається значне її зниження. Ефективність дії термоеластопласту є тим більшою, чим вище пенетрація вихідного бітуму. Модифікація окислених бітумів супроводжується більшою зміною властивостей та стійкістю до старіння, ніж модифікація залишкових бітумів.

Термоеластопласт підвищує стійкість бітуму до технологічного старіння, що підтверджується збільшенням залишкової пенетрації, зменшенням зміни температури розм'якшеності та маси. Стійкість бітумів до старіння зростає зі збільшенням вмісту термоеластопласту. Незалежно від стійкості до старіння вихідного бітуму, введення певної кількості термоеластопласту призводить до отримання в'язких із близькими значеннями залишкової пенетрації. При прогріванні бітуму згідно з EN 12607-1 відбуваються більші зміни його властивостей, ніж при прогріванні згідно з ГОСТ 18180. При введенні термоеластопласту відбувається зростання технологічної температури, що відповідає в'язкості 0,5 Па × с. На кожен відсоток термоеластопласту, що вводиться в бітум, необхідно підвищувати температуру змішування бітуму з мінеральним матеріалом на 10 °С в порівнянні з вихідним бітумом. При оцінці впливу термоеластопласту на стійкість бітуму до старіння, випробування необхідно проводити за температури, за якої в'язкість досліджуваних бітумних в'язких є однаковою. Такою температурою може бути еквів'язка температура, тобто технологічна температура змішування бітуму з мінеральним матеріалом.

Література

1. Гохман Л.М. Комплексные органические вяжущие материалы на основе блоксополимеров типа СБС / Л.М. Гохман. – М.: ЭКОН-ИНФОРМ, 2004. – 584 с.
2. Всемирная дорожная ассоциация. Технический комитет «Нежесткие дороги» (С 8). Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве: [пер. з франц.: д.т.н. Золотарьова В.О., інж. Беспаловой Л.А.; за загальн. ред.: д.т.н. Золотарьова В.О., д.т.н. Братчуна В. І.]. – Харків: ХНАДУ, 2003. – 228 с.
3. Brule B. Les bitumes polymères pour enrobés spéciaux: élastomères ou plastomères? / B. Brule, M. Maze // Revue generale des routes. – 1995. – № 726. – P. 42 – 48.
4. Chappat M. Bitumes polymeres: une comparaison entre elastomeres et plastomeres / M. Chappat, G. Durand // Revue generale des routes. – 1998. – № 767. – P. 48 – 52.
5. Термоэластопласты / Григорьева Л.А., Розинер Я.М., Григорьев В.Б. и др.; под ред. В. В. Моисеева. – М.: Химия, 1985. – 183 с.
6. Золотарев В. А. Битумы, модифицированные полимерами и добавками. Избранные труды. Том 2 / В. А. Золотарев. – Санкт-Петербург: Славутич, 2013. – 156 с.
7. Битумы нефтяные. Метод определения изменения массы после прогрева : ГОСТ 18180-72. – [Чинний від 1974-01-01]. – М.: Стандартинформ, 2009. – 4 с.
8. Bitumen and bituminous binders – Determination of the resistance to hardening under influence of heat and air. Part 1: RTFOT method : BS EN 12607-1:2014, BS 2000-460-1:2014 – BSI, 2014. – 20 p.
9. Золотарев В.А. Технические, реологические и поверхностные свойства битумов. Избранные труды. Том 1 / В.А. Золотарев. – С.Пб.: Славутич, 2012. – 148 с.
10. Bulatović, V.O. Effect of polymer modifiers on the bitumen properties / V.O. Bulatović, V. Rek, K. J. Marković // Journal of Elastomers and Plastic. – 2014. – Vol. 46, no. 5. – P. 448–469.

Рецензент: С.М. Толмачов, професор, д.т.н., ХНАДУ.