

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІТУМІВ ПІСЛЯ СТАРІННЯ

ANALYSIS OF THE INDEX USED FOR ASSESSING CHANGES IN THE PROPERTIES OF BITUMEN AFTER AGEING

Пиріг Я.І., к.т.н., с.н.с. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет)

Pyrig Y.I, Ph.D. (Eng.), S. Researcher (Kharkov National Automobile and Highway University)

Європейська та вітчизняна системи оцінки якості в'язких нафтових дорожніх бітумів націлені на випробування цих в'язучих після їх виготовлення на нафтопереробному заводі (паспорт якості) та під час виконання вхідного і операційного контролю якості в'язучих на асфальтобетонному заводі перед виготовленням асфальтобетонних сумішей. В той же час однією з негативних особливостей бітумів є їх схильність до старіння, яка в значній мірі залежить від сировини, з якої виготовлено бітум, його групового складу та структурно-реологічного типу.

Згідно з [1] під старінням бітумних в'язучих мається на увазі вся сукупність незворотних змін їх структури та властивостей під дією різноманітних факторів, що відбувається впродовж зберігання в'язучого, технологічних операцій приготування асфальтобетонних сумішей на заводі та наступної тривалої експлуатації асфальтобетонних покриттів на дорозі.

За [1, 2], під час технологічних операцій приготування асфальтобетонних сумішей на заводі відбувається суттєве старіння бітумів (так зване технологічне старіння), за рахунок чого властивості бітумів змінюються в більшій мірі, ніж після тривалої експлуатації автомобільної дороги з асфальтобетонним покриттям (так зване експлуатаційне старіння). У відповідності з наведеними в [2] даними, під час технологічного старіння, яке триває впродовж декількох годин, відбувається зниження penetрації бітуму до 0,6 – 0,75 від вихідного значення, підвищення температури розм'якшеності в 1,08 – 1,1 разу та зменшення в'язкості в 2,08 рази. В той же час внаслідок експлуатаційного старіння впродовж декількох років роботи покриття в дорозі penetрація зменшується до 0,3 – 0,4 від вихідного значення, а температура розм'якшеності підвищується в 1,2 – 1,25 рази.

Система оцінки якості дорожніх в'язких бітумів, що наведена в ДСТУ 4044 [3] та ДСТУ EN 12591[4], передбачає оцінювання властивостей бітумів після технологічного старіння, що умовно моделюють методи старіння, наведені в ДСТУ Б EN 12607-1 [5] (метод RTFOT) та ДСТУ Б EN 12607-2 [6] (близьким аналогом якого є метод, наведений в ГОСТ 18180 [7])

Органічні і мінеральні в'язучі та дорожні бетони на їх основі

за наступними показниками: остаточна penetрація, зміна температури розм'якшеності та зміна маси. Такий підхід дозволяє формально оцінити зміну умовних показників якості та не дозволяє оцінити зміну структурно-реологічних характеристик бітумів. Підхід бере коріння з початку минулого століття, коли в дорожній галузі широко використовувалися розріджені бітуми і головною задачею було визначення втрати маси бітумів за рахунок випаровування розріджувача [8].

В табл. 1 наведені результати визначення показників якості бітумів, виготовлених з різної сировини, за різними технологіями в різних країнах Європи. Відповідно до діючої системи оцінки якості бітумів для всіх в'язучих були визначені значення залишкової penetрації (Пзал), зміни температури розм'якшеності (ΔT_p) і зміна маси (ΔM), а також додатково встановлені показники, що характеризують структурно-реологічний тип бітуму – індекси penetрації, розраховані за температурою розм'якшеності (IP_{T_p}) та температурою, що відповідає penetрації $800 \times 0,1\text{мм}$ (IP_{T800}).

Таблиця 1

Показники якості в'язких нафтових дорожніх бітумів

Показники	Білорусь		Греція	Іспанія	Італія	Польща	Туреччина	Україна	
	Мозирь	Нафтан							
П ₂₅ , 0,1 мм	86	90	85	86	70	86	90	91	
T _p , °C	48,6	48,8	47,4	47,1	48,4	45,5	45,1	50	
IP _{T_p}	-0,18	0,02	-0,55	-0,61	-0,81	-1,09	-1,08	0,38	
IP _{T800}	-0,35	-0,07	-1,59	-1,40	-1,93	-0,93	-1,27	0,11	
Старіння за ГОСТ 18180 [7]	Пзал, %	74,4	65,6	62,4	59,3	74,3	74,4	85,6	74,7
	ΔT_p , °C	3,2	4,6	4,5	4,4	5	3,8	3,3	3,4
	ΔM , %	0,39	0,32	0,05	0,04	-0,16	0,27	0,04	-0,04
	IP _{T_p}	-0,16	0,02	-0,61	-0,79	-0,30	-0,80	-0,55	0,39
	IP _{T800}	-0,49	0,04	-1,07	-0,79	-2,31	-1,01	-2,01	1,11
Старіння за RTFOT [5]	Пзал, %	70,9	65,6	65,9	60,5	72,9	75,6	64,4	78,0
	ΔT_p , °C	3,3	4,9	4,2	4,7	3,3	3,8	6,8	5
	ΔM , %	0,23	0,11	0,24	0,04	-0,3	0,14	0,2	0,04
	IP _{T_p}	-0,26	0,09	-0,55	-0,67	-0,74	-0,76	-0,39	0,89
	IP _{T800}	0,01	0,50	-1,33	-0,63	-2,07	-0,84	-1,12	0,54

У відповідності з отриманими даними, бітуми, що згідно стандартних показників якості (залишкова penetрація та зміна температури розм'якшеності) зістарюються на однаковому рівні, характеризуються різною зміною структурно-реологічного типу, тобто в дійсності мають різний ступінь старіння. Так, наприклад, бітуми, виготовлені в Італії, Білорусі (Мозирський НПЗ), Польщі та Україні після старіння за методом, наведеним в ГОСТ 18180 характеризуються однаковими значеннями

залишкової пенетрації (74,3 ... 74,7 %) та близькими значеннями зміни температури розм'якшеності (3,2 ... 5,0 °C). В той же час структурно-реологічний тип цих в'язучих після старіння, визначений особливо за показником IP_{T800} , суттєво змінюється – у бітуму, виготовленому в Україні, IP_{T800} після старіння зростає з 0,11 до 1,11 (з типу «золь-гель» до типу «гель»), а у бітуму, виготовленому в Польщі, IP_{T800} змінився лише з мінус 0,93 до мінус 1,01.

Подібне спостерігається й після старіння за методом RTFOT. Так, бітуми, виготовлені в Білорусі (Нафтан), Греції та Туреччині характеризуються практично однаковими значеннями залишкової пенетрації (64,4 ... 65,9 %) та близькими значеннями зміни температури розм'якшеності (4,2 ... 6,8 °C), а інтенсивність зміни структурно-реологічного типу у них різна. У бітуму, виготовленому в Білорусі (Нафтан) значення IP_{T800} після старіння змінилось з мінус 0,07 до 0,50 (з типу «золь-гель» до типу, близького до «гель»), а у бітумів, виготовлених в Греції та Туреччині значення IP_{T800} змінюється в значно меншій мірі – відповідно з мінус 1,59 до мінус 1,33 та з мінус 1,27 до мінус 1,12.

Визначення структурно-реологічного типу за показником IP_{Tp} є значно менш чутливим до зміни властивостей бітумів після старіння, ніж за показником IP_{T800} .

Ще більш інформативним є використання показника IP_{T800} під час оцінювання зміни властивостей бітумів після експлуатаційного старіння, що здійснено методом PAV (згідно ДСТУ EN 14769 [9]), підтвердженням чого є дані, наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Оцінювання впливу технологічного та експлуатаційного старіння на властивості дорожніх бітумів марки БНД 70/100

Показники		Значення для бітумів	
		1	2
Пенетрація за 25 °C (P_{25}), 0,1 мм		85	93
Температура розм'якшеності (T_p), °C		49,6	49,1
Індекс пенетрації за температуру, що відповідає пенетрації $800 \times 0,1$ мм (IP_{T800})		-0,67	-0,55
Старіння за RTFOT [5]	Залишкова пенетрація ($P_{зал}$), %	71,8	68,8
	Зміна температури розм'якшеності (ΔT_p), °C	2,6	3,4
	IP_{T800}	-0,61	0,49
Старіння за PAV [9]	Залишкова пенетрація ($P_{зал}$), %	61,3	61,3
	Зміна температури розм'якшеності (ΔT_p), °C	11,8	13,4
	IP_{T800}	0,92	3,22

Для випробування були прийняті виробничі в'язкі бітуми марки БНД 70/100, що мали близькі значення penetрації ($85 \dots 93 \times 0,1$ мм). Прийняті бітуми були зістарені за методами RTFOT [5] та PAV [9]. Після зістарення для в'язучих були визначені значення залишкової penetрації, зміни температури розм'якшеності та індекс penetрації за T_{800} .

Згідно отриманих даних після технологічного старіння за методом RTFOT всі бітуми мали приблизно однаковий рівень старіння, що підтверджується практично рівними значеннями залишкової penetрації (68,8 ... 71,8 %), але згідно показника IP_{T800} структурно-реологічні типи цих бітумів суттєво змінилися. Структурний тип бітуму № 1 залишився майже без змін (значення IP_{T800} змінилось з мінус 0,67 до мінус 0,61), а у бітуму № 2 структурно-реологічний тип змінився з «золь-гель» став близьким до типу «гель». Після експлуатаційного старіння за методом PAV значення залишкової penetрації бітумів є однаковими, а значення зміни температури розм'якшеності відрізняється лише на 1,6 °С. В той час як згідно значень IP_{T800} спостерігається суттєва різниця в структурних типах, згідно яких бітум № 2 піддався значно більшому старінню.

На основі вищевказаного можна зробити висновок про доцільність введення до показників, за якими оцінюється зміни властивостей після старіння, показника індекс penetрація, визначений за температурою T_{800} .

Список використаних джерел

1. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. М.: Транспорт, 1973. 264 с.
2. Radovskiy V., Teltayev V. Viscoelastic properties of asphalts based on penetration and softening point. New York: Springer, 2018. P. 23-39.
3. ДСТУ 4044:2019 Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови [Чинний від 2020-05-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2019. 14 с.
4. ДСТУ EN 12591:2017 (EN 12591:2009, IDT) Бітум та бітумні в'язучі. Технічні вимоги до дорожніх бітумів. [Чинний від 2017-01-10]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2017. 30 с.
5. ДСТУ Б EN 12607-1:2015 (EN 12607-1:2014, IDT). Бітум та бітумні в'язучі. Визначення опору до твердіння під впливом теплоти та повітря. Частина 1. Метод RTFOT. [Чинний з 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України. 2016. 23 с.
6. ДСТУ EN 12607-2:2019 (EN 12607-2:2014, IDT). Бітум та бітумні в'язучі. Визначення опору до твердіння під впливом тепла та повітря. Частина 2. Метод TFOT. [Чинний з 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ. 2019. 20 с.
7. ГОСТ 18180-72. Битумы нефтяные. Метод определения изменения массы после прогрева [Не действует]. Москва: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 1972. 4 с.
8. Richardson C. The modern asphalt pavement. New York – London. J. Wiley & Sons, 1907. 652 p.
9. ДСТУ EN 14769:2019 (EN 14769:2012, IDT). Бітум та бітумні в'язучі. Прискорене довгострокове старіння з використанням камери високого тиску (КВТ). [Чинний з 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ. 2019. 19 с.