

ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ АДГЕЗІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН В ДОРОЖНІХ БІТУМАХ *

В.О. ЗОЛОТАРЬОВ, д-р.техн.наук, проф. (ХНАДУ), А.О. ПИСАНКО, ген. дир. (Запорізький облавтодор)

Радикальним засобом запобігання луценню, викришуванню, ямо- та вибоїноутворенню асфальтобетонного покриття є використання поверхнево-активних речовин (ПАР) катіонного типу [1, 2, 3], що підвищують опір бітумної півки витискуючій дії води і, як наслідок, підвищують водостійкість асфальтобетону. Зараз вітчизняні та західні виробники пропонують дорожнім службам країни широкий асортимент ПАР, серед яких визначити кращі та економічніші буває досить важко. Тому об'єктивно необхідною стала розробка системи оцінки ефективності ПАР. Система, що викладається нижче, базується на врахуванні адгезії бітуму до мінеральної поверхні, стабільності адгезії бітуму під впливом технологічних температур, а також економічної доцільності ПАР.

Під поняттям "адгезія" тут розуміється опір півки бітуму дії води, яка відшаровує її від мінеральної поверхні. За показник такого опору (далі зчеплення) прийнято величину поверхні скляної пластини, що залишається вкритою бітумом після витримування пари скло-бітум у воді за температури 85°C протягом 25 хв. Показник зчеплення визначають у відсотках [4].

Як критерій адгезійної активності ПАР (K^{AA}) в бітумі приймається співвідношення

$$K^{AA} = \frac{C^{БП} - C^Б}{П^П} \quad (1)$$

де:
 $C^{БП}$ – показник зчеплення бітуму, що містить ПАР, зі скляною пластиною у %;
 $C^Б$ – те ж чистого бітуму;
 $П^П$ – вміст ПАР в бітумі у %.

При визначенні адгезійної активності однієї ПАР її концентрація може бути такою, що забезпечує максимальне зчеплення ($C_{\max}^{БП}$) для цієї ПАР, або такою, що забезпечує показник зчеплення, рівний 100%. Відповідно показники адгезійної активності позначаються K_{\max}^{AA} та K_{100}^{AA} . При порівнянні адгезійної активності декількох ПАР для кожної з них слід приймати ту концентрацію, що забезпечує максимальне для кожної ПАР значення показника зчеплення $C^{БП}$.

При виготовленні асфальтобетонної суміші бітум зазнає інтенсивного температурного впливу. Граничні температури нагрівання бітуму обмежені стандартами на різні види сумішей. Проте у виробничих умовах бітум може перебувати у нагрітому стані тривалий час; при першому контакті з нагрітими у сушильному барабані кам'яни-

ми матеріалами він може зазнати високотемпературного перегріву. Такий вплив температури може призвести до погіршення адгезійної активності чистого бітуму і бітуму, що містить ПАР. Особливо це небезпечно для бітумів, що характеризуються великим значенням кислотного числа. Це спонукає оцінювати зчеплення бітуму з мінеральною поверхнею після прогріву.

Термічну стабільність адгезійних властивостей чистого бітуму або бітуму, що містить ПАР, пропонується визначати за індексом термічної стабільності (I_{TC}). Цей показник визначають за формулою

$$I_{TC} = \frac{C_0 - C_H}{C_0} \cdot 100, \quad (2)$$

де C_0 та C_H – відповідно зчеплення з мінеральною поверхнею бітуму з ПАР чи без нього до и після нагрівання у %.

Для визначення показника зчеплення після нагрівання (C_H) в'язуче, що випробовується, заливають у пенетраційний стаканчик, поміщають у термостат і витримують протягом 5 год. при 180°C.

При порівняльній оцінці термічної стабільності різних ПАР їх вміст у бітумі приймають таким, що забезпечує максимальне або 100% зчеплення бітуму з поверхнею скляної пластини. При цьому повністю забезпечується реалізація адгезійних властивостей ПАР. Термічно стабільніші ті бітум та ПАР, для яких I_{TC} має найменше значення.

Для об'єктивної оцінки ефективності ПАР доцільно ввести інтегральний показник адгезійної активності (K_{TC}^{AA}), що враховує втрату активності після прогріву.

$$K_{TC}^{AA} = K_{\max(100)}^{AA} \cdot (1 - 0,01 I_{TC}) \quad (3)$$

Економічна ефективність ПАР може бути визначена за формулою

$$E_{TC}^{AA} = \frac{K_{TC}^{AA}}{S} \quad (4)$$

де S – вартість 1 т ПАР.

Дієздатність наведених вище показників оцінки ефективності ПАР ілюструється результатами спеціально виконаних експериментальних досліджень. Як в'язуче використовувався бітум, що має такі показники властивостей: глибина проникнення голки при 25°C – 82 x 0,1 мм; температура розм'якшення - 47°C; температура крихкості



Таблиця 1
Фізико-механічні властивості бітумів, що містять 1,0% ПАР

Бітум	П	С	Ш
Бітум БНД 60/90	82	47,0	-0,7
Бітум з ПАР-1	76	46,0	-1,2
Бітум з ПАР-2	81	46,5	-0,9
Бітум з ПАР-3	80	47,0	-0,8
Бітум з ПАР-4	76	47,5	-0,8
Бітум з ПАР-5	80	46,0	-1,1

Таблиця 2
Вплив ПАР на показник зчеплення бітуму

Індекс ПАР	Зчеплення бітуму (%) що містить ПАР			
	0,7%	0,4%	0,2%	0,0%
ПАР-1	35	70	80	97
ПАР-2	35	95	98	99
ПАР-3	35	36	38	43
ПАР-4	35	77	96	98
ПАР-5	35	98	100	100

* ПАР-5 - WETFIX BE

– мінус 16°C; розтяжність при 25°C – 77 см, зміна температури розм'якшення після прогріву (5 год., 163°C) - 3°C; температура спалаху - 230°C. Як ПАР використано 5 речовин катіонного типу, що виготовляються у різних країнах Європи. Вміст ПАР в бітумі коливався в межах 0,4-1,0%.

Експериментам з оцінки адгезійної активності ПАР передували досліди з вивчення впливу ПАР на стандартні властивості бітумів. Згідно з отриманими даними значення глибини проникнення голки та температури розм'якшення бітуму після введення в нього 1% ПАР змінюються неістотно (табл. 1). Ці зміни практично не виходять за межі, що допускаються стандартами на методи випробувань. Отримані результати погоджуються з даними, що наведені в [5].

На відміну від цього, показники зчеплення бітуму під впливом ПАР змінюються в широкому діапазоні. Для всіх використаних в роботі ПАР зчеплення зростає зі збільшенням їх вмісту в бітумі (табл. 2).

Кінетика температурної стійкості показника зчеплення бітуму зі скляною поверхнею оцінювалась після його прогріву при температурах 140, 160 та 180°C протягом 5, 8, 16 та 24 годин. На основі розгляду температурно-часових залежностей зчеплення бітумів при вказаних режимах для порівняльної оцінки термостійкості різних ПАР було використано нагрів при 180°C протягом 5 та 16 годин (табл. 3).

Високотемпературний нагрів призводить до значного зниження зчеплення як чистого бітуму, так і бітуму з різними ПАР. Процес значного зниження показника зчеплення після прогріву відбувається на фоні неістотних змін глибини проникнення голки (менше 20%) та температури розм'якшення (менше 5°C). Отримані результати свідчать про високу чутливість зчеплення бітумів до нагріву

Таблиця 3
Вплив нагріву на значення індексу температурної стабільності (I_{TC} , %) бітуму, що містить 1% ПАР

Час прогріву, год.	Чистий бітум	Бітум з ПАР-1	Бітум з ПАР-2	Бітум з ПАР-3	Бітум з ПАР-5
5	35	17	18	61	15
16	70	70	55	83	30

Таблиця 4
Вплив вмісту ПАР в бітумі на фізико-механічні властивості асфальтобетону

Вміст ПАР	Водонасичення по бітуму, %	Модуль міцності при розриві (МПа) при 20°C	Коефіцієнт водостійкості при витримці в воді при 20°C	
			14 доби	28 доби
Без ПАР	4,6	4,11	0,73	0,59
ПАР-1 - 0,4	3,5	4,13	0,79	0,64
ПАР-1 - 0,7	3,3	4,22	0,81	0,65
ПАР-1 - 1,0	3,1	4,32	0,82	0,72
ПАР-5 - 0,4	3,6	4,35	0,81	0,67
ПАР-5 - 0,7	3,2	4,62	0,83	0,68
ПАР-5 - 1,0	2,8	4,82	0,85	0,70

та нагальну необхідність нормування меж зміни зчеплення після прогріву в стандарті на в'язкі бітуми.

Кінцевою метою використання ПАР є підвищення водостійкості покриття при сумісній дії води та транспортних навантажень. Для оцінки впливу ПАР на показник водостійкості асфальтобетону використані добавки ПАР-1 та ПАР-5. Асфальтобетонна суміш містить: гранітного щебеню крупністю 5-15 мм – 50%, штучного гранітного піску – 40%, вапнякового мінерального порошку – 10%, бітуму – 5,5% (понад 100% мінеральної суміші). Вміст добавок змінювався в межах 0,4 – 1,0%.

Наведені у табл. 4 дані показують, що збільшення вмісту добавки приводить до зростання коефіцієнта водостійкості на 14-ту та 28-му добу. Можна стверджувати, що між коефіцієнтом водостійкості асфальтобетону та показником зчеплення в'язкого існує безпосередній зв'язок, який визначається не кількістю тієї чи іншої ПАР, а величиною зчеплення бітуму з поверхнею кам'яного матеріалу, яку кожна ПАР забезпечує. При цьому чутливість показника водостійкості асфальтобетону до дії ПАР майже в 5 разів менша, ніж чутливість показника зчеплення бітуму зі склом.

Перевірка стійкості адгезійних властивостей ПАР після прогріву в процесі виготовлення асфальтобетонної суміші виконувалась двома способами. Згідно з першим, бітум, що його було призначено для виготовлення суміші, попередньо прогрівали при температурі 180°C протягом 5 годин. Згідно з другим, попередньо в такому ж режимі прогрівали усю асфальтобетонну суміш. Вміст ПАР в обох випадках складав 0,7%. Для виготовлення сумішей використовували бітум, що мав

Таблиця 5

Фізико-механічні властивості асфальтобетону за різних умов прогріву

Умова прогріву	В'язкість	Водонасичення по об'єму	Межа міцності на стиск (МПа) при температурі, °С			Коефіцієнт водостійкості після витримання зразків в воді (пб)	
			0	20	50	14	28
Без прогріву	Бітум чистий	3,9	9,1	4,7	2,0	0,79	0,63
	з ПАР-1	3,1	9,3	4,9	2,2	0,86	0,71
	з ПАР-2	2,6	9,7	4,8	2,3	0,87	0,71
	з ПАР-4	2,5	9,4	4,8	2,2	0,86	0,70
	з ПАР-5	2,9	9,5	5,4	2,5	0,87	0,73
Прогрітий бітум	Бітум чистий	4,4	8,8	4,7	1,9	0,74	0,61
	з ПАР-1	3,6	8,9	4,8	2,1	0,80	0,66
	з ПАР-2	3,8	9,4	4,8	2,2	0,85	0,70
	з ПАР-4	4,0	8,9	4,7	1,9	0,78	0,67
	з ПАР-5	3,3	9,5	5,3	2,4	0,84	0,71
Прогріта суміш	Бітум чистий	9,9	11,8	6,3	4,4	0,47	0,43
	з ПАР-1	8,2	11,7	6,4	4,9	0,56	0,53
	з ПАР-2	8,8	11,1	6,5	5,1	0,61	0,57
	з ПАР-4	6,7	11,1	6,5	4,6	0,59	0,55
	з ПАР-5	6,6	12,1	6,5	4,5	0,65	0,59

Таблиця 6

Оцінка техніко-економічної ефективності ПАР

Індекс добувки	K^{AA} при різному вмісті ПАР, %			K_{TC}^{AA}	I_{TC} , %	K_{TC}^{AA}	E_{max}^{mc}
	0,4	0,7	1,0				
ПАР-1	88	64	62	62	17	51	0,015
ПАР-2	150	90	64	90	18	74	0,023
ПАР-3	2,5	4,3	8,0	-	-	-	-
ПАР-4	105	87	63	87	61	34	0,011
ПАР-5	157	93	65	93	15	79	0,029

* ПАР-5 – WETFIX BE

такі властивості: глибина проникнення голки при 25°C – 71 x 0,1 мм; температура розм'якшення - 52°C; температура крихкості - 15°C, розтяжність при 25°C – 96 см, зміна температури розм'якшення після прогріву (163°C протягом 5 год.) - 4°C; температура спалаху - 235°C.

Згідно з табл. 5, використання традиційної технології приготування асфальтобетонних сумішей приводить до того, що ПАР сприяє підвищенню щільності асфальтобетону, зменшенню водонасичення та зростанню довгострокової водостійкості.

Прогрів бітуму в масі приводить лише до незначних змін водостійкості асфальтобетонів, що містять ПАР. Попередній прогрів всієї суміші супроводжується інтенсивним зниженням показників коефіцієнтів водостійкості до неприпустимо малих значень. Ці дані свідчать про те, що чистий бітум та бітум, що містить ПАР, зазнають найбільших змін у тонкому шарі за безпосереднього контакту з кам'яними матеріалами. Це відповідає стадії змішування мінеральних матеріалів з бітумом та їх зберіганню у термобункерах. Та все ж, в обох випадках, що розглядаються, водостійкість асфальтобетону на чистому бітумі

істотно нижча, ніж асфальтобетонів на бітумі з добавками ПАР.

Отримані в дослідженнях дані дозволяють виконати порівняльну оцінку ефективності декількох ПАР у відповідності з запропонованою вище системою показників. З цією метою у табл. 6 наведені розраховані показники: адгезійної активності бітумів (K^{AA}); індексу термічної стабільності (I_{TC}); адгезійної активності бітумів після прогріву (K_{TC}^{AA}); економічної ефективності ПАР (E_{max}^{mc}).

Відповідно до даних табл. 6, коефіцієнт адгезійної активності має найбільше значення за малого вмісту ПАР в бітумі. Але при цьому значення зчеплення бітуму з мінеральною поверхнею набагато нижче, ніж потенційно можливе для кожної добавки. Наприклад: для бітуму з ПАР-1 максимальне значення коефіцієнта адгезійної активності ($K^{AA} = 88$) досягається при вмісті ПАР, що дорівнює 0,4%, але при цьому показник зчеплення дорівнює лише 70%. Те ж саме відноситься й до бітуму з ПАР-4. Отже приймати найбільше значення K^{AA} як критичне недоцільно. Є сенс виходити зі значення K^{AA} , яке відповідає максимальному значенню показника адгезії для кожної ПАР. Це значення близько 100%. З урахуванням цих обставин,



за коефіцієнтом адгезійної активності від найкращої до найгіршої, добавки розподілились таким чином: ПАР-5; ПАР-2; ПАР-4; ПАР-1.

За індексом термічної стабільності розподіл добавок змінився на такий: ПАР-5; ПАР-1; ПАР-2; ПАР-4. З урахуванням інтегрального показника адгезійної активності (K_{TC}^{AA}) порядок розподілу знову змінився: ПАР-5; ПАР-2; ПАР-1; ПАР-4.

Для остаточного вирішення питання щодо вибору оптимальної ПАР треба використати коефіцієнт економічної ефективності (E_{max}^{TC}). Цей показник є найбільш суб'єктивним, бо ринкова кон'юнктура безперервно змінюється, вартість транспортування ПАР залежить від її кількості, митні збори дуже нестабільні. Через це дані табл. 6 по цьому показнику мають лише ілюстративний характер. При встановленні порядку розподілу ПАР-3 не враховувалась, бо вона має неприпустимо малий показник адгезійної активності.

Аналіз запропонованих показників свідчить, що всі вони відрізняються високою чутливістю до особливостей добавок: так за показником K_{max}^{AA} краща добавка перевершує гіршу в 1,5 раза, за показником I^{TC} краща добавка відрізняється від гіршої в 4,1 раза, за показником K_{TC}^{AA} в 2,33 раза, а за показником E_{max}^{TC} — в 2,63 раза.

Висновки:

1. Ретельна перевірка якості бітуму, що містить ПАР, є безумовно необхідною для оцінки її ефективності.

2. Пріоритетними властивостями, що підлягають перевірці, є кількісні характеристики: стійкість на поверхні мінерального матеріалу півки бітуму, що містить ПАР, проти розшарування під впливом води; термічна стабільність і

*** ПАР-5 — WETFIX BE**

зчеплення бітуму з мінеральною поверхнею.

3. Запропонована система оцінки ефективності ПАР відрізняється тим, що всі показники цієї системи враховують індивідуальні особливості ПАР шляхом зведення технічних показників до питомих витрат ПАР.

4. Виходячи з результатів досліджень, можна припустити, що до технічно ефективних ПАР можуть бути віднесені такі, які забезпечують 100% зчеплення з поверхнею скла за їхнього вмісту в бітумі не більше 1%; при цьому втрати адгезійної активності після прогріву не більше 15-20%.

5. Важливим критерієм оцінки якості ПАР є пріоритет відносних показників довгострокової водостійкості асфальтобетонів на бітумах, що містять ПАР, порівняно з показниками асфальтобетонів на чистих бітумах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лысихина А.И. Поверхностно-активные добавки для повышения водоустойчивости дорожных покрытий с применением битумов и дегтей. — М.: Автотрансиздат, 1959. — 229с.
2. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. — М.: Транспорт, 1973. — 264с.
3. Кучма М.И. Поверхностно-активные вещества в дорожном строительстве. — М.: Транспорт, 1985. — 192с.
4. ДСТУ Б В.2.7-81-98 Битуми нефтяные дорожные вязкие. Метод определения показателя сцепления с поверхностью стекла и каменных материалов.
5. Соседко С.Н., Колодезний В.П., Степанов В.Ф., Соломенцев А.Б. Использование адгезионных ПАВ // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2000. - № 3. — С. 28-30.

Стаття надійшла до редакції 31.08. 2001 р.