

ОЦІНЮВАННЯ ТЕРМОСТАБІЛЬНОСТІ АДГЕЗІЙНИХ ДОБАВОК

EVALUATION OF THERMAL STABILITY OF ADHESION ADDITIVES

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

Pyrig Y.I., Ph.D. in Engineering, S. Researcher (Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv)

В статті розглянуто методи оцінювання термостабільності адгезійних добавок, які застосовуються для підвищення адгезійних властивостей бітумних в'язучих. На основі експериментальних даних встановлена різниця між значеннями зчеплюваності бітумних в'язучих, модифікованих адгезійними добавками, зістареними різними стандартним методами короткострокового старіння. Запропоновано використовувати для зістарювання бітумів, модифікованих адгезійними добавками, метод TFOT.

High adhesive properties of bituminous road binders are the key to satisfactory water resistance of asphalt pavements and their durability. Petroleum bitumen, which is currently used in the road industry in Ukraine, is usually characterized by low adhesion to the surface of stone materials. The most common method to improve the adhesive properties of road bitumen is to modify them with adhesive additives. One of the main requirements for additives is their thermal stability, which is determined by the change in the adhesive properties of the modified bitumen after its aging by the method of short-term aging. The study aims to evaluate the effect of the short-term aging method on the thermal stability of bitumen binders modified with adhesive additives. To achieve this goal, we compared the adhesion values of bitumen modified with various adhesive additives aged by the RTFOT method and the domestic method, which is analogous to the TFOT method. For the study, road bitumen modified with adhesive additives used in the road industry of Ukraine was used. Based on the experimental data, it was found that the aging method has almost no effect on the adhesion of the original bitumen used for modification with adhesive additives - the difference in adhesion to the glass surface of bitumen prepared by the RTFOT method and the TFOT method is on average 6.8 %. At the same time, the adhesion of binders modified with adhesive additives, after curing by the RTFOT method, is on average 1.2 times higher than the adhesion of binders cured by the TFOT analog method, and the maximum difference in adhesion values reaches 2.5 times. Based on this, it was found that one of the main factors in reducing the thermal stability of adhesive additives used to modify road bitumen is the duration of the binder's exposure to high process temperatures. Given this, it is advisable to introduce a requirement to determine the adhesion of bitumen modified with adhesive additives after curing by the TFOT method in SOU 45.2-00018112-067 and DSTU 9187. In addition, it is desirable to amend the requirements that establish the minimum permissible adhesion values of bitumen modified with adhesive additives, which are given in SOU 45.2-00018112-067.

Ключові слова: в'язкий бітум, адгезійна добавка, зчеплюваність, старіння, термостабільність.

Keywords: viscous bitumen, adhesive additive, adhesion, aging, thermal stability.

Вступ. Зчеплюваність бітумних в'язучих з поверхнею кам'яних матеріалів є одним з найважливіших показників, що дозволяє оцінювати водостійкість асфальтобетонних покриттів та певною мірою прогнозувати їх довговічність.

На даний час практично всі в'язкі дорожні бітуми, що використовуються у вітчизняній дорожній галузі для приготування бітумних в'язучих та виготовлення асфальтобетонних сумішей, характеризуються низькими адгезійними властивостями. Найбільш поширеним засобом підвищення адгезійних характеристик бітумних в'язучих є модифікація їх адгезійними добавками.

Номенклатура адгезійних добавок, що застосовуються у вітчизняній дорожній галузі, представлена переважно катіоноактивними добавками на основі амінів як імпортного, так і вітчизняного виробництва, хоча останнім часом певного поширення набувають добавки на основі органосиланів та поліфосфорної кислоти.

До основних вимог, що висуваються до добавок, належить здатність підвищувати зчеплюваність бітумних в'язучих з поверхнею кам'яних матеріалів різної мінералогії та термостабільність добавок під час витримування в'язучих за високих технологічних температур [1, 2]. Остання вимога є особлива важливою, оскільки тривалий вплив високих температур (140 – 160 °С), наприклад, під час витримування в'язучого в робочому котлі при приготуванні асфальтобетонних сумішей, зазвичай призводить до руйнування адгезійних добавок, внаслідок чого адгезійні властивості в'язучих можуть знижуватися до рівня немодифікованого бітуму.

Аналіз публікацій. Термостабільність адгезійної добавки може бути оцінена за зміною адгезійних властивостей модифікованого бітуму, після зістарювання його методом короткострокового старіння.

Згідно вимог, наведених в ДСТУ 9187 [3], показник термостабільності кількісно може бути визначено за формулою (1):

$$T = Z_1 - Z_2, \quad (1)$$

де Z_1 – зчеплюваність, визначена методом наведеним в ДСТУ 9187, бітуму, модифікованого адгезійною добавкою, зі щебнем, в балах, до зістарювання методом RTFOT,

Z_2 – зчеплюваність, визначена методом наведеним в ДСТУ 9187, бітуму, модифікованого адгезійною добавкою, зі щебнем, в балах, після зістарювання методом RTFOT.

Система оцінювання термостабільності, запропонована в ДСТУ 9187, має недоліки, а саме:

- двоетапне оцінювання зчеплюваності – на першому етапі візуально визначається ступень збереженості плівки бітумного в'язучого на поверхні щебеню у відсотках (від 0 % до 100 %), а на другому етапі отримана оцінка у відсотках переводиться в бали (від 2 до 5 балів з кроком в 0,5 балів). Ця суб'єктивна система оцінювання характеризується значними похибками, які можуть виникати як на етапі безпосереднього оцінювання зчеплюваності, так і під час округлення отриманих даних;

- відносність показника термостабільності, який не дає уявлення про кінцевий рівень зчеплюваності, оскільки значення термостабільності в 0,5 балів відповідає як зниженню зчеплюваності з 5 до 4,5 балів, так і з 4 до 3,5 балів;

- зістарювання модифікованого в'язучого здійснюється лише методом RTFOT.

Враховуючи вищенаведені недоліки, є більш доцільним за кільцевий результат зчеплюваності приймати не бали, а відсоток збереженості плівки в'язучого на поверхні мінерального зразка, що використовується у випробуванні, та застосовувати для оцінювання термостабільності показник, запропонований у [4]:

$$P_T = \frac{C_{до} - C_{після}}{C_{до}} \cdot 100, \quad (2)$$

де $C_{до}$ – значення зчеплюваності в'язучого до старіння, %;

$C_{після}$ – значення зчеплюваності в'язучого після старіння, %.

Щодо методу зістарювання, то на даний час у вітчизняній дорожній галузі є стандартизованими два методи короткострокового старіння – TFOT, що нормується згідно положень ДСТУ EN 12607-2 [5] та RTFOT, що нормується згідно ДСТУ EN 12607-1 [6]. Тривалий час в Україні діяв метод старіння згідно з ГОСТ 18180 «Бітуми нафтові. Метод визначення зміни маси після прогріття», який було скасовано в січні 2020 р. За основними умовами проведення випробування (температура, час витримання зразків, товщина шару бітуму та інше) даний метод є практично ідентичним до методу старіння TFOT.

Згідно сфери застосування методів короткострокового старіння: метод, що нормувався стандартом ГОСТ 18180, моделює старіння в'язучих за рахунок їх тривалого зберігання за високих технологічних температур, в той час як метод RTFOT моделює зміну властивостей в'язучих у процесі змішування їх з кам'яними матеріалами в асфальтозмішувачах під час приготування асфальтобетонних сумішей.

Зістарювання за методами RTFOT та TFOT а також вітчизняним

методом-аналогом TFOT здійснюється шляхом витримування бітумних в'язучих за однаковою температурою в 163°C. Різниця в методах полягає у товщині плівки в'язучого (1,25 мм в методі RTFOT, 3,2 мм в методі TFOT та 3,56 мм в методі, що нормується ГОСТ 18180), часі витримування (75 хв в методі RTFOT, 5 год в методі TFOT та у вітчизняному методі-аналогоу TFOT) та наявності чи відсутності примусової подачі повітря (наявність подачі повітря в методі RTFOT та відсутність такої подачі в методі TFOT). В світі, зокрема в США та країнах Європейського Союзу, більш поширеним є метод RTFOT, який в свою чергу був розроблений на заміну методу TFOT, як більш швидкий та вдосконалений його варіант [7]. Виходячи з того, що метод RTFOT розроблювався як аналог методу TFOT, результати зміни властивостей бітумів після зістарювання за цими методами повинні бути близькими. Однак і досі, незважаючи на чисельні експериментальні дані [8-10], питання взаємозамінності результатів зміни властивостей в'язучих після старіння цими двома методами, є невирішеним. При цьому, згідно літературних даних, у той час як для немодифікованих дорожніх бітумів метод зістарювання (RTFOT чи TFOT) незначно впливає на зміну низки властивостей, під час зістарювання бітумних в'язучих, модифікованих різноманітними добавками, в тому числі й адгезійними, часто спостерігається суттєва різниця між показниками якості в'язучих після старіння методами RTFOT та TFOT. Виходячи з цього, питання визначення впливу методу зістарювання на термостабільність адгезійних добавок, що використовуються у вітчизняній дорожній галузі, є актуальним.

Мета і задача дослідження. Метою роботи є оцінювання впливу методу короткострокового старіння бітумних в'язучих, модифікованих адгезійними добавками, на термостабільність добавок. Для досягнення поставленої мети були співставленні значення зчеплюваності бітумів, модифікованих різними адгезійними добавками, зістарених методом RTFOT та вітчизняним методом-аналогом методу TFOT.

Методи та об'єкти дослідження. Для проведення дослідження були прийняті дорожні бітуми, модифіковані адгезійними добавками, що використовуються у дорожній галузі України [11-14].

Для всіх об'єктів була визначена зчеплюваність із поверхнею скла згідно вимог ДСТУ 9169 [15] до та після зістарювання методом RTFOT та методом-аналогом методу TFOT.

Результати дослідження. Показники якості бітумів, модифікованих адгезійними добавками, у вітчизняній дорожній галузі оцінюються згідно вимог СОУ 45.2-00018112-067 [16]. У відповідності з положеннями цього нормативного документу зчеплюваність в'язучого з поверхнею скла повинна бути:

- більшою ніж 75 % для вихідного в'язучого;
- більшою ніж 65 % для в'язучого, зістареного методом ГОСТ 18180;
- більшою ніж 60 % для в'язучого, зістареного методом RTFOT.

Виходячи з вищенаведених норм, значення коефіцієнта термостабільності адгезійних добавок, що розраховані за форм. 2, повинні бути не більше ніж 35 % та 40% (відповідно після старіння методом ГОСТ 18180 та RTFOT). Перевищення цих меж свідчить про значне зниження адгезійних властивостей бітумних в'язучих після старіння та відповідно про низьку термостабільність адгезійних добавок.

Виходячи з норм, наведених в СОУ 45.2-00018112-067 [15], метод зістарювання RTFOT призводить до більш інтенсивної зміни властивостей бітумів, модифікованих адгезійними добавками, зокрема, зчеплюваності в'язучих з поверхнею скла. Ймовірно, виходячи з цього, розробники національного стандарту ДСТУ 9187 [3], запропонували визначити термостабільність адгезійних добавок лише за зміною зчеплюваності бітумів зі щебнем після прогріття методом RTFOT. Однак, як показують експериментально отримані дані, наведені на рис. 1, тривале витримування бітумних в'язучих, модифікованих адгезійними добавками, за високих технологічних температур (є характерним для методу старіння, наведеному у вітчизняному методі, що є аналогом методу TFOT) в значно більшій мірі призводить до зниження зчеплюваності в'язучих, ніж відносно короткострокове витримування під час зістарювання методом RTFOT.

Дані, представлені на рис. 1, свідчать про те, що на значення зчеплюваності вихідних бітумів, які були прийняті для модифікації адгезійними добавками, майже не впливає метод зістарювання – різниця в зчеплюваності з поверхнею скла бітумів зістарених методом RTFOT та вітчизняним методом - аналогом в середньому складає 6,8 %. В той же час зчеплюваність модифікованих адгезійними добавками в'язучих після старіння за методом RTFOT в середньому в 1,2 рази перевищує значення зчеплюваності в'язучих, зістарених за методом, наведеним у вітчизняному методі, а максимальна різниця в значеннях зчеплюваності сягає 2,5 разів.

Таким чином, можна стверджувати, що на термостабільність адгезійних добавок в більшій мірі впливає час витримування модифікованого бітуму за технологічної температури, що якраз і моделюється в методі старіння, наведеному у вітчизняному методі або в методі TFOT, ніж інтенсивна взаємодія з повітрям, що є характерним для методу RTFOT.

Виходячи з цього, є доцільним під час перевірки ефективності адгезійної добавки визначити її термостабільність після зістарювання як методом RTFOT, так і методом TFOT або його вітчизняним аналогом.

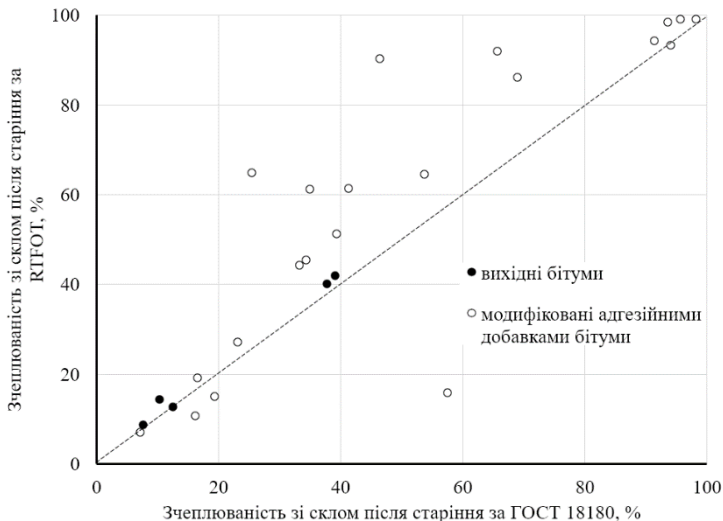


Рис. 1. Співвідношення значень зчеплюваності бітумів, модифікованих адгезійними добавками, після старіння методом, наведеним в ГОСТ 18180 та методом RTFOT

Зістарювання методом RTFOT буде моделювати термостабільність адгезійної добавки у випадку введення її в бітум за допомогою дозатора для введення добавки (в цьому випадку адгезійна добавка вводиться в нагрітий до технологічної температури бітум безпосередньо під час подачі в'язучого в асфальтозмішувач при приготуванні асфальтобетонної суміші). Зістарювання методом, що наведено TFOT або його вітчизняним аналогом, моделює термостабільність адгезійної добавки у випадку модифікації дорожнього бітуму шляхом його перемішування з адгезивом у витратній ємності з подальшим тривалим витримуванням (від декількох годин до 2 – 3 діб) за технологічної температури в 140 – 160 °С.

Висновки. На основі експериментальних даних встановлено, що одним із основних факторів зниження термостабільності адгезійних добавок, які використовуються для модифікації дорожніх бітумів, є тривалість витримування в'язучого за високої технологічної температури. Враховуючи, що в Україні скасовано ГОСТ 18180, є доцільним введення в СОУ 45.2-00018112-067 [15] та ДСТУ 9187 [3] вимог до визначення зчеплюваності бітумів, модифікованих адгезійними добавками, після зістарювання методом TFOT. Крім того, бажано внести зміни до вимог, які встановлюють мінімально допустимі значення зчеплюваності бітумів, модифікованих адгезійними добавками, які представлені в СОУ 45.2-

00018112-067.

References

1. State of the art: Effect of water on bitumen - aggregate mixtures. Special Report 98. Highway Research Board, 1968. 88 p.
2. Pyrih Ya. I., Halkin A.V. Metody otsinky adhezii ta kohezii bitumnykh viazhuchykh. Kharkiv: KhNADU, 2019. 224 s.
3. DSTU 9187:2022. Dobavky na osnovi poverkhnevo-aktyvnykh rechovyn dlia dorozhnykh bitumiv. Tekhnichni umovy. [Chynnyi vid 2023-01-02]. Vyd. ofits. Kyiv: UkrNDNTs, 2022. 14 s.
4. Zolotarov V.O., Pysanko A.O. Pokaznyky otsinky adheziinoi efektyvnosti poverkhnevo-aktyvnykh rechovyn v dorozhnykh bitumakh. Avtoshliakhovyk Ukrainy. 2001. № 4. S. 33-36.
5. DSTU EN 12607-2:2019 (EN 12607-2:2014, IDT). Bitum ta bitumni viazhuchi. Vyznachennia oporu do tverdinnia pid vplyvom tepla ta povitria. Chastyna 2. Metod TFOT. [Chynnyi vid 2020-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv: UkrNDNTs, 2019. 12 s.
6. DSTU B EN 12607-1:2015 (EN 12607-1:2014, IDT). Bitum ta bitumni viazhuchi. Vyznachennia oporu do tverdinnia pid vplyvom teploty ta povitria. Chastyna 1. Metod RTFOT. [Chynnyi z 2016-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv: Minrehion Ukrainy. 2016. 23 s.
7. Davison R.R. et al. Development of Gel Permeation Chromatography, Infrared, and Other Tests to Characterize Asphalt Cements and Correlate with Field Performance. Volume I. Austin, Texas. 1989. 274 p.
8. Finn F.N., Yapp M.T., Coplantz J.S., Durrani A.Z. Asphalt properties and relationship to pavement performance. Literature Review. Scotts Valley, California. 1990. 404 p.
9. Słowik M., Adamczak P. Evaluation of short-term aging influence on the properties of SBS elastomer modified road bitumens. Roads and Bridges. Drogi i Mosty. 2007. T. 6. №.1. P. 41-58.
10. Shiau J.M., Tia M., Ruth B.E., Page C.G. Evaluation of aging characteristics of asphalts by using TFOT and RTFOT at different temperature levels. Transportation Research Record. 1992. №. 1342. P. 58-66.
11. Pyrih Ya.I., Halkin A.V. Vykorystannia adheziinykh domishok DAD dlia pidvyshchennia zchepliuvanosti dorozhnykh viazkykh bitumiv. Visnyk KhNADU. 2021. Vyp. 93. S. 83-92.
12. Pyrih Ya.I., Halkin A.V., Novakovska V.Ia., Roman P.S. Vplyv dobavok ITERLENE na vlastyvoli viazkykh bitumiv. Visnyk KhNADU. 2022. Vyp. 96. S. 131-140.
13. Pyrih Ya.I., Halkin A.V., Roman P.S. Vplyv adheziinoi dobavky iDOP-PH na pidvyshchennia zchepliuvanosti dorozhnykh viazkykh bitumiv. Visnyk KhNADU. 2021. Vyp. 93. S. 201-208.
14. Pyrih Ya.I., Halkin A.V. Analiz adheziinykh dobavok Karbozalin. Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi. 2021. № 15. S. 71-78.
15. DSTU 9169:2021. Bitum ta bitumni viazhuchi. Vyznachennia zchepliuvanosti z mineralnym materialom. [Chynnyi vid 2022-01-08]. Vyd. ofits. Kyiv: UkrNDNTs, 2021. 12 s.
16. SOU 45.2-00018112-067:2011 Bitumy dorozhni viazki, modyfikovani dobavkami adheziinymi. Tekhnichni umovy. [Chynnyi vid 2011-01-09]. Vyd. ofits. Kyiv: Ukravtodor. 2017. 17 s.

Література

1. State of the art: Effect of water on bitumen - aggregate mixtures. Special Report 98. Highway Research Board, 1968. 88 p.
2. Пиріг Я. І., Галкін А.В. Методи оцінки адгезії та когезії бітумних в'язучих. Харків: ХНАДУ, 2019. 224 с.
3. ДСТУ 9187:2022. Додатки на основі поверхнево-активних речовин для дорожніх бітумів. Технічні умови. [Чинний від 2023-01-02]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2022. 14 с.
4. Золотарьов В.О., Писанко А.О. Показники оцінки адгезійної ефективності поверхнево-активних речовин в дорожніх бітумах. *Автошляховик України*. 2001. № 4. С. 33-36.
5. 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 від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2019. 12 с.
6. 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.
7. Davison R.R. et al. Development of Gel Permeation Chromatography, Infrared, and Other Tests to Characterize Asphalt Cements and Correlate with Field Performance. Volume I. Austin, Texas. 1989. 274 p.
8. Finn F.N., Yapp M.T., Coplantz J.S., Durrani A.Z. Asphalt properties and relationship to pavement performance. Literature Review. Scotts Valley, California. 1990. 404 p.
9. Słowik M., Adamczak P. Evaluation of short-term aging influence on the properties of SBS elastomer modified road bitumens. *Roads and Bridges. Drogi i Mosty*. 2007. Т. 6. №.1. Р. 41-58.
10. Shiau J.M., Tia M., Ruth B.E., Page C.G. Evaluation of aging characteristics of asphalts by using TFOT and RTFOT at different temperature levels. *Transportation Research Record*. 1992. №. 1342. Р. 58-66.
11. Пиріг Я.І., Галкін А.В. Використання адгезійних домішок ДАД для підвищення зчеплюваності дорожніх в'язких бітумів. *Вісник ХНАДУ*. 2021. Вип. 93. С. 83-92.
12. Пиріг Я.І., Галкін А.В., Новаковська В.Я., Роман П.С. Вплив добавок ПТЕРЛЕНЕ на властивості в'язких бітумів. *Вісник ХНАДУ*. 2022. Вип. 96. С. 131-140.
13. Пиріг Я.І., Галкін А.В., Роман П.С. Вплив адгезійної добавки іDOP-PH на підвищення зчеплюваності дорожніх в'язких бітумів. *Вісник ХНАДУ*. 2021. Вип. 93. С. 201-208.
14. Пиріг Я.І., Галкін А.В. Аналіз адгезійних добавок Карбозалін. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2021. № 15. С. 71-78.
15. ДСТУ 9169:2021. Бітум та бітумні в'язучі. Визначення зчеплюваності з мінеральним матеріалом. [Чинний від 2022-01-08]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2021. 12 с.
16. СОУ 45.2-00018112-067:2011 Бітуми дорожні в'язкі, модифіковані добавками адгезійними. Технічні умови. [Чинний від 2011-01-09]. Вид. офіц. Київ: Укрвавтодор. 2017. 17 с.