

УДК 665.775+539.612

**ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ АДГЕЗІЙНИХ ДОБАВОК НА БІТУМИ  
РІЗНОГО СТРУКТУРНО-РЕОЛОГІЧНОГО ТИПУ**

**FEATURES OF THE INFLUENCE OF ADHESIVE PROMOTERS ON  
BITUMEN OF DIFFERENT STRUCTURAL AND RHEOLOGICAL  
TYPES**

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

**Pyrig Y.I., Ph.D. in Engineering, S. Researcher, Galkin A.V., Ph.D. in  
Engineering (Kharkov National Automobile and Highway University,  
Kharkov)**

*В статті розглянуто особливості впливу поширеної в Україні адгезійної добавки Wetfix BE на властивості в'язких дорожніх бітумів, що застосовуються для приготування асфальтобетонних сумішей. На основі отриманих даних встановлено різницю впливу адгезійної добавки на стандартні показники якості та зміну властивостей після старіння бітумів різного структурно-реологічного типу.*

*Improving in the physical and mechanical characteristics of pavement bitumens and increasing the durability of asphalt pavements is reachable within the modification of bituminous binders with various promoters, including adhesive ones. In recent years, the geography of countries supplying pavement bitumen for Ukraine has changed significantly and both oxidized and distillation binders have been widely used. In this regard, the matter of researching the changes in the properties of bitumen used in the road industry of Ukraine under the influence of various modifiers, in particular, adhesive promoters, becomes relevant. The purpose of the work is to track the influence of the adhesive promoter Wetfix BE on the properties of petroleum pavement bitumens used in the road industry of Ukraine. To achieve this purpose in the presented study: experimentally obtained standard indicators of the quality of domestic and imported from various European countries to Ukraine petroleum pavement bitumen; the effect of the chosen adhesive promoter on the adhesion of bitumen to the glass surface is determined; the change in the properties of bituminous binders after aging according to the RTFOT method is estimated. With the obtained data, it was found that the Wetfix BE promoter changes the bitumen properties different ways depend on their structural type. In contrast to oxidized bitumens, for the distillation bitumens the use of the Wetfix BE promoter results in plasticization of the binder to a greater extent, the closer the bitumen is to the "sol" type in terms of structural and rheological type. The Wetfix BE promoter slows down the change in the properties of the oxidized bitumens after aging by the RTFOT method, while heating of the distillation bitumens with the same promoter*

*removes plasticization effect. In order to achieve the same level of increase in the adhesion of bitumen to the surface of mineral materials in asphalt mixtures, the concentration of the Wetfix BE promoter should be slightly higher in oxidized bitumen, which in terms of structural and rheological type is close to the "gel" type. Before using adhesive promoters, it is necessary to take into account the structural and rheological type of bitumen, which will allow to assess the expediency of using this promoter and the specifics of its influence on the properties of bitumen.*

*Ключові слова: бітум, зчеплюваність, адгезійна добавка, старіння.  
Keywords: bitumen, adhesion, adhesion promoter, ageing.*

**Вступ.** Однією з основних причин передчасного руйнування асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг України є низька якість дорожніх бітумів. Низька когезійна міцність, підвищена схильність до зміни властивостей після старіння, недостатня зчеплюваність бітуму з поверхнею кам'яних матеріалів позначається на довговічності асфальтобетонних покриттів. Ефективним засобом поліпшення фізико-механічних характеристик дорожніх бітумів та підвищення довговічності асфальтобетонних покриттів є модифікація бітумних в'язучих різноманітними добавками, в тому числі й адгезійними добавками, що сприяють підвищенню зчеплюваності бітумів з поверхнею кам'яних матеріалів складових асфальтобетонів.

#### **Аналіз публікацій**

Ранні роботи, присвячені дослідженню зчеплюваності бітумів з кам'яними матеріалами, датуються 20 – 30-ми роками минулого століття, а широкое застосування адгезійних добавок для покращення зчеплюваності бітумних в'язучих було розпочато в 50-х роках [1 – 4].

На даний час в дорожній галузі України використовуються різноманітні за хімічним складом (на основі амінів, поліамінів, амідоамінів, органосиланів, поліфосфорної кислоти тощо) і ефективністю як вітчизняні, так і імпортовані адгезійні модифікатори.

На жаль, досконалі дослідження ефективності покращення властивостей бітумних в'язучих (головним чином зчеплюваності бітумів із кам'яними матеріалами, що використовуються у вітчизняній дорожній галузі) в Україні не проводяться. Певним виправдуванням цьому є те, що довгий час використовувалися лише бітуми, виготовлені за технологією окислення з переважно російської нафти [5]. З початком у 2020 р. урядової програми «Велике будівництво» виникла нагальна потреба в значному обсязі нафтового дорожнього бітуму. Враховуючи те, що приготування бітумів в Україні здійснюється, головним чином, на підприємстві ПАТ «Укртатнафта», яке не в змозі забезпечити в повному обсязі попит на дорожні бітуми, переважна кількість бітуму в Україну імпортується.

Починаючи з 2020 р., значно розширилась географія країн-

постачальників дорожнього бітуму. Якщо до 2020 р. основним імпортером бітуму в Україну була Республіка Білорусь, то з реалізацією програми «Велике будівництво» набула поширення практика імпорту бітумного в'язучого морським транспортом із низки європейських країн – Греції, Італії, Іспанії, Туреччини (загальний обсяг імпорту морським транспортом у 2020 р. склав 128 тис. т). У 2021 р. ця тенденція посилилась і в Україну було імпортовано морським транспортом 267 тис. т в'язучого, головним чином, з Греції, Італії та Азербайджану [6].

Беручи до уваги те, що для виготовлення європейських бітумів використовується інша нафта в якості сировини, та застосовуються інші ніж в Україні технологічні схеми виготовлення, а груповий склад, структурно-реологічний тип та якість імпортованих в Україну дистиляційних дорожніх бітумів значно відрізняється від характерних для вітчизняної дорожньої галузі окислених бітумів [4, 6], можливо припустити, що зміна властивостей цих в'язучих під час введення в них різноманітних добавок буде відбуватися з іншою динамікою. Виходячи з цього питання дослідження особливостей зміни властивостей бітумів, що використовуються в дорожній галузі України, за дії різноманітних модифікаторів, зокрема, адгезійних добавок, є актуальною.

**Мета і задача дослідження.** Метою роботи є встановлення впливу адгезійної добавки Wetfix BE на властивості нафтових в'язких бітумів, що використовуються у дорожній галузі України. Для досягнення поставленої мети: експериментально визначені стандартні показники якості вітчизняного та імпортованих в Україну нафтових дорожніх бітумів згідно вимог ДСТУ 4044 [7]; виготовлені зразки та визначені показники якості бітумів, модифікованих адгезійною добавкою Wetfix BE; встановлено вплив прийнятої адгезійної добавки на зчеплюваність бітуму з поверхнею скла за допомогою методу ДСТУ 9169 [8]; оцінена зміна властивостей бітумних в'язучих після старіння за методом RTFOT [9].

**Методи та об'єкти дослідження.** В якості об'єктів дослідження були прийняті вітчизняний (виробництва ПАТ «Укртатнафта») та імпортовані дорожні в'язкі бітуми (виробництва Білорусь (ВАТ «Мозирський НПЗ»), Польща, Греція, Туреччина та Іспанія), що використовувалися у 2021 р. в дорожній галузі України.

Для покращення адгезійних властивостей бітумів було прийнято добавку Wetfix BE, яка є рідкою катіоноактивною адгезійною добавкою на основі амінів. Причиною вибору даної добавки стало те, що вона вже тривалий час широко використовується у вітчизняній дорожній галузі та є однією з найефективніших. Адгезійна добавка в усі прийняті в роботі бітуми вводилась в кількості 0,5%. Приготування модифікованого в'язучого здійснювалось шляхом перемішування бітуму, нагрітого до температури 150 ... 155 °С, з добавкою упродовж 5 ... 10 хв.

Для усіх прийнятих в роботі бітумів визначались стандартні показники якості – пенетрація за 25°C, температура розм'якшеності, зчеплюваність із поверхнею скла. Температура крихкості та дуктильність за 25°C не визначалась, оскільки перший показник є малочутливим як до модифікації бітумів, так і до їх старіння, а другий показник є малоінформативним для дистиляційних бітумів, через занадто високі значення, що перевищують обмеження водяної бані дуктилометру (150 см).

### Результати дослідження

Основним призначенням адгезійної добавки Wetfix BE є підвищення зчеплюваності бітуму з поверхнею кам'яних матеріалів, що входять до складу асфальтобетонної суміші. Адгезійна добавка підвищує зчеплюваність бітумів, прийнятих у дослідженні, до поверхні скла, але рівень підвищення для окислених і дистиляційних бітумів є різним (рис. 1).

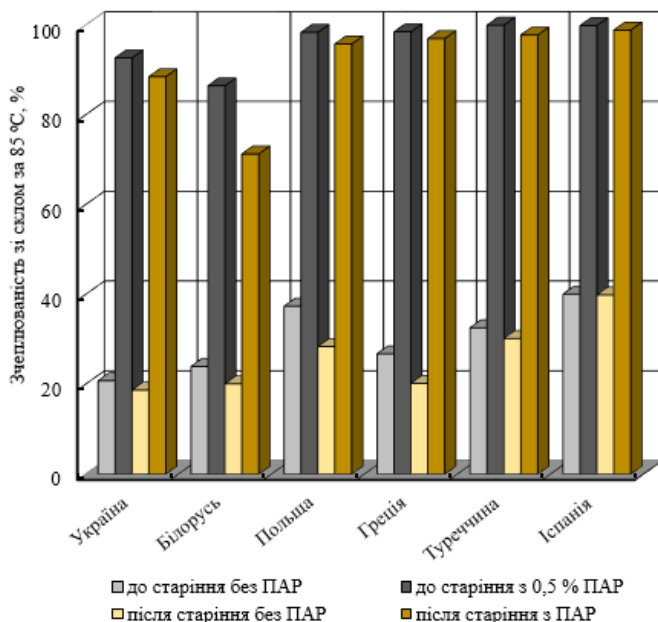


Рис. 1. Вплив добавки Wetfix BE на адгезію бітумів із поверхнею скла

Зчеплюваність всіх прийнятих у роботі дистиляційних бітумів після введення 0,5% Wetfix BE підвищується практично до 100% (98,4 ... 100%, залежно від бітуму) та залишається такою ж високою після старіння за методом RTFOT (95,8 ... 98,9%). Для окислених бітумів зчеплюваність підвищується дещо менше – для бітуму, виготовленого в Білорусі

(виробництва ВАТ «Мозирський НПЗ»), – до 86,5%, а для бітуму, виготовленого в Україні (виробництва ПАТ «Укртатнафта»), – до 92,7%. При цьому після старіння за методом RTFOT зчеплюваність окислених бітумів з добавкою Wetfix BE знижується до 71,3% та 88,5% відповідно.

Згідно з [4], на ефективність дії адгезійної добавки впливає наявність в бітумі великої кількості кисневмісних груп та тип дисперсної структури. При збільшенні в складі бітуму кисневмісних груп, що є характерним для бітумів I структурно-реологічного типу (типу «гель»), для досягнення значної зчеплюваності бітуму необхідно збільшувати кількість катіоноактивної адгезійної добавки за рахунок того, що частина добавки йде на нейтралізацію органічних кислот в'язучого та адсорбцію полярними групами асфальтенів. Для бітумів II структурно-реологічного типу (типу «золь»), в складі яких значно менша кількість асфальтенів, за рахунок меншої адсорбції адгезійної добавки, більша частина добавки витрачається на підвищення зчеплюваності бітуму з поверхнею кам'яних матеріалів [4]. Таким чином, для дистиляційних європейських бітумів доцільно використовувати меншу концентрацію адгезійної добавки, ніж для окислених бітумів (виготовлених в Україні та Білорусі).

Згідно з [4], можливими шляхами взаємодії поверхнево-активних речовин з бітумом є: вплив на дисперсну структуру в'язучого; вплив на структуроутворення у в'язучому під впливом поверхні кам'яних матеріалів; вплив на процеси старіння бітуму.

Введення Wetfix BE у прийнятті в роботі бітуми призводить до різного впливу на їх властивості. Так, стандартні показники якості окислених бітумів, виготовлених в Україні та Білорусі, залишаються без зміни (зміна penetрації та температури розм'якшеності цих в'язучих знаходиться в межах похибки методів визначення цих показників якості). В той же час при введенні адгезійної добавки в дистиляційні бітуми, виготовлені в Польщі, Греції, Туреччині та Іспанії, спостерігається пластифікація в'язучих, яка виражається у підвищенні значень глибини проникності голки за 25°C та зниженні значень температури розм'якшеності, при цьому рівень пластифікації збільшується із зменшенням penetрації вихідного бітуму і наближенням вихідного в'язучого до типу «золь» за структурно-реологічним типом (рис. 2 – 3).

Поясненням цього є особливості впливу адгезійної добавки на дисперсну структуру бітумів різних структурно-реологічних типів. Згідно з [4], у бітумах з відсутнім коагуляційним каркасом з асфальтенів, тобто бітумах, які відносяться до структурно-реологічного типу «золь», введення адгезійної добавки призводить до роз'єднання окремих нечисленних утворень асфальтенів, що є причиною пластифікації в'язучого (збільшення значень penetрації за 25°C та зменшення температури розм'якшеності). В той же час, у прийнятих в роботі окислених бітумах, що за структурно-реологічним типом наближаються до типу «гель»,

прийнята концентрація адгезійної добавки, ймовірно, є замалою для суттєвого впливу на коагуляційний каркас із асфальтенів, тому й не спостерігається зміни стандартних показників якості.

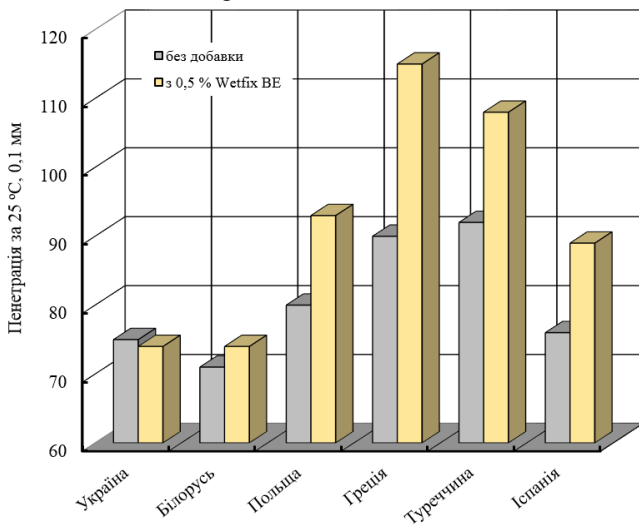


Рис. 2. Вплив добавки Wetfix BE на пенетрацію бітумів

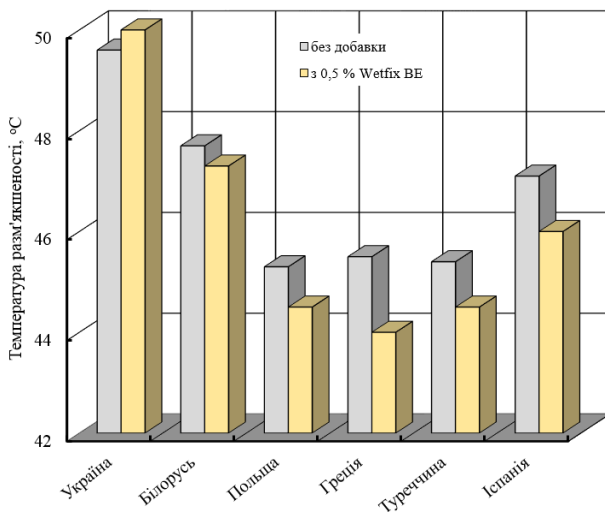


Рис. 3. Вплив добавки Wetfix BE на температуру розм'якшеності бітумів

Крім впливу на дисперсну структуру, адгезійна добавка може впливати й на зміну властивостей бітуму під час старіння. Згідно з [4],

будь-яка добавка, що перешкоджає утворенню просторової структури в бітумі, буде сприяти уповільненню зміни його властивостей під час старіння. Для прийнятих у роботі окислених бітумів, порівняно з дистиляційними європейськими бітумами, є характерними вищі значення залишкової пенетрації після старіння за методом RTFOT (рис. 4).

Так, для окислених бітумів, виготовлених в Україні та Білорусі, значення залишкової пенетрації становлять відповідно 81,3% та 78,9%, а для дистиляційних європейських бітумів найбільше значення залишкової пенетрації становить 78,8% (бітум, виготовлений в Польщі), а найменше значення в 72,2% властиве бітуму, виготовленому в Греції. При цьому введення адгезійної добавки Wetfix VE в окислені бітуми або не впливає, або запобігає старінню, що позначається в тому, що залишкова пенетрація бітуму із ПАР перевищує залишкову пенетрацію бітуму без добавки.

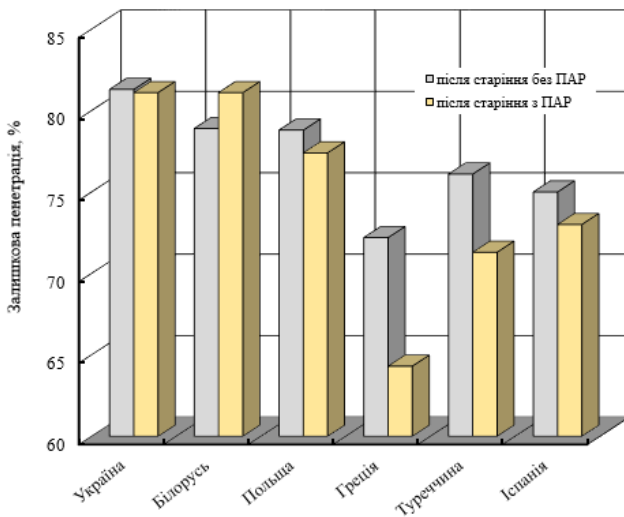


Рис. 4. Вплив добавки Wetfix VE на залишкову пенетрацію бітумів

Введення добавки Wetfix VE в дистиляційні бітуми діє навпаки. Значення залишкової пенетрації у дистиляційних бітумах з адгезійною добавкою є нижчими, ніж у цих же бітумів без добавки (рис. 4). Так, у бітуму, виготовленого в Польщі, введення адгезійної добавки призводить до зменшення значення залишкової пенетрації на 1,4%, у бітуму, виготовленого в Іспанії, – на 2,0%, в Туреччині – на 4,8%, а в Греції – на 7,9%. В той же час, за показником «зміна температури розм'якшеності» після старіння суттєвої різниці між бітумами без добавки та з адгезійною добавкою не спостерігається (найбільша різниця становить 0,7°C, що

знаходиться в межах похибки визначення температури розм'якшеності). Отримане явище може бути зумовлене втратою адгезійною добавкою поміченого пластифікуючого ефекту після прогрівання.

Таким чином, адгезійна добавка Wetfix BE є інгібітором старіння для окислених бітумів, що за своїм структурно-реологічним типом наближається до типу «гель», та, навпаки, навіть дещо прискорює старіння дистиляційних бітумів, що відносяться до типу «золь». Отримані тенденції підтверджуються теоретичними обґрунтуваннями, наведеними в [4], згідно з якими добавки на основі амінів є інгібіторами старіння для бітумів I та III структурно-реологічного типу (тобто, типів «гель» та «золь-гель») за рахунок адсорбції поверхнево-активної речовини на асфальтенах бітуму. Використання ж подібних добавок для бітумів II структурно-реологічного типу «типу «золь» в якості інгібітора старіння є неефективним, оскільки ці адгезійні добавки можуть прискорювати старіння.

**Висновки.** На основі експериментально отриманих даних можливо зробити наступні висновки:

1. Катіоноактивна добавка Wetfix BE по-різному впливає на окислені та дистиляційні бітуми, що широко використовуються в дорожній галузі України. Ймовірною причиною цього є відмінність хімічного та групового складу та структурно-реологічного типу цих в'язучих.

2. На відміну від окислених бітумів, введення добавки Wetfix BE в дистиляційні бітуми призводить до пластифікації в'язучого в тим більшій мірі, чим ближче бітум за структурно-реологічним типом до типу «золь».

3. Введення добавки Wetfix BE в окислені бітуми сприяє уповільненню зміни їх властивостей після старіння за методом RTFOT, в той час, як використання цієї ж добавки в дистиляційних бітумах збільшує інтенсивність старіння.

4. Для досягнення однакового рівня підвищення зчеплюваності бітумів з поверхнею кам'яних матеріалів, що входять до складу асфальтобетонних сумішей, концентрація добавки Wetfix BE повинна бути дещо більшою в окислених бітумах, що за структурно-реологічним типом наближуються до типу «гель».

5. Перед застосуванням адгезійних добавок на виробництві необхідно враховувати структурно-реологічний тип бітуму, що дозволить оцінити доцільність використання цієї добавки та особливості її впливу на властивості бітуму.

## **References**

1. Airey G.D., Choi Y.K. State of the art report on moisture sensitivity test methods for bituminous pavement materials. *Road Materials and Pavement Design*. 2002. 3(4). P. 355-372.



2. Pyrig Ya.I., Galkin A.V. Metody ocinky adgeziyi ta kogeziyi bitumnyx vyazhuchyx. Kharkov: KhNADU. 224.
3. Lisykhyna A.Y. Poverkhnostno-aktyvnie dobavky dlia povisheniya vodoustoichyvosty dorozhnikh pokrytyi s prymeneniyem bytumov y dehtei. Moskva: Avtotransyzdat, 1959. 232 s.
4. Kolbanovskaya A. S., Myxajlov V. V. Dorozhnye bitumy. M.: Transport, 1973. 264 s.
5. Ippolitov E.V., Grudnikov I.B. Tehnologiya proizvodstva bitumov. Nedavnyaya istoriya i davnie problemy. Himiya i tehnologiya topliv i masel. 2000. № 4. P.18-24.
6. Galkin A. V., Pirig Ya. I. Oglyad bitumnih v'yazhuchih, scho vikoristovuyutsya v Ukraini. Dorogi i mosti. 2021. Vip. 23. P. 60–75.
7. DSTU 4044:2019. Bitumy naftovi dorozhni v'язki. Texnichni umovy. [Chynnyj vid 2020-05-01]. Vyd. ofic. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 2019. 15 p.
8. DSTU 9169:2021 Bitum ta bitumni vyazhuchi. Vyznachennya zcheplyuvanosti z mineralnym materialom [Chynnyj z 2022-08-01]. Vyd. ofic. Kyiv, DP «UkrNDNCz». 2021. 19 p.
9. DSTU B EN 12607-1:2015 (EN 12607-1:2014, IDT). Bitum ta bitumni v'язhuchi. Vyznachennya oporu do tverdinnya pid vplyvom teploti ta povitrya. Chastina 1. Metod RTFOT. [Chinniy vid 2016-07-01]. Vid. oficz. Kiyiv: MInregion Ukraini. 2016. 23 p.

#### **Список використаної літератури**

1. Airey G.D., Choi Y.K. State of the art report on moisture sensitivity test methods for bituminous pavement materials. *Road Materials and Pavement Design*. 2002. Т. 3. №. 4. P. 355-372.
2. Пиріг Я.І., Галкін А.В. Методи оцінки адгезії та когезії бітумних в'язучих. Харків: ХНАДУ, 2019. 224 с.
3. Лысихина А.И. Поверхностно-активные добавки для повышения водостойчивости дорожных покрытий с применением битумов и дегтей. Москва: Автотрансиздат, 1959. 232 с.
4. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. М.: Транспорт, 1973. 264 с.
5. Ипполитов Е.В., Грудников И.Б. Технология производства битумов. Недавняя история и давние проблемы. *Химия и технология топлив и масел*. 2000. № 4. С.18-24.
6. Галкін А. В., Пиріг Я. І. Огляд бітумних в'язучих, що використовуються в Україні. *Дороги і мости*. 2021. Вип. 23. С. 60–75.
7. ДСТУ 4044:2019. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови. [Чинний від 2020-05-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2019. 15 с.
8. ДСТУ 9169:2021 Бітум та бітумні в'язучі. Визначення зчеплюваності з мінеральним матеріалом [Чинний з 2022-08-01]. Вид. офіц. Київ, ДП «УкрНДНЦ». 2021. 19 с.
9. 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.