

**Л.Ф.Кириченко, С.В.Кіщинський,  
Н.М.Любченко, Є.М.Лисенко**

**ДОСЛІДЖЕННЯ СТАРІННЯ ДОРОЖНІХ БІТУМІВ  
ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ПРИРОДНИХ  
ФАКТОРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ  
МЕТОДІВ ВИПРОБУВАНЬ**

Тривала робота асфальтобетонних дорожніх покриттів забезпечується стабільністю їх основних фізико-механічних характеристик під дією різноманітних експлуатаційних факторів. Одним з головних чинників такої стабільності є, зокрема, стійкість бітумів проти старіння.

Старіння бітумів, що відбувається при зберіганні в'язучого, приготуванні та використанні бітумовміщуючих матеріалів, а також під впливом транспортних навантажень і погоднокліматичних умов, призводить до погіршення його структурних та фізико-механічних властивостей.

При старінні знижується когезійна міцність, бітумів з одночасним зниженням адгезійної здатності, збільшенням крихкості, втратою пластичних та пружних властивостей. Це сприяє виникненню на асфальтобетонних покриттях під час експлуатації різних видів деформацій (лушення, тріщин, вибоїн та ям), що призводить до подальшого їх руйнування.

Значний вклад в дослідження фізико-хімічних процесів старіння бітумів був внесений фундаментальними роботами С.Р.Сергієнка А.С.Колбановської, А.Р.Давидової, Б.Г.Печеного [1-4], де встановлено, що найбільш активними чинниками старіння є кисень повітря і висока температура, які обумовлюють окислювальні та термоокислювальні процеси.

Швидке старіння бітуму має місце при змішуванні його з кам'яним матеріалом за високих температур (160...180 °С), оскільки при цьому відбувається інтенсивна взаємодія в'язучого з киснем повітря. Доведено, що при експлуатації бітум старіє тим швидше, чим більша пористість покриття, вища температура навколишнього середовища і тонший шар асфальтобетону.

Особливе значення має пористість покриття. Якщо вона перевищує 3 %, стабільність бітуму різко знижується.

Старіння бітумів відбувається також внаслідок дії води, сонячної радіації, транспорту та мікробіологічної дії.

При старінні протікають різноманітні хімічні реакції між складовими бітуму і киснем. Активаторами старіння є світло, тепло і вода.

Старіння бітумів відбувається при абсорбції кисню і за відсутності світла. Абсорбція залежить від швидкості дифузії, на яку впливають в'язкість бітуму і товщина його плівки.

Процесами, які зумовлюють старіння бітуму, є:

випаровування летких складових з тонкого поверхневого шару бітуму, яке залежить від вмісту легколетких компонентів, їх в'язкості і температури;

полімеризація, яка пов'язана з дією тепла, навіть за відсутністю кисню. Ступінь полімеризації визначається температурою і часом дії тепла;

окисполімеризація компонентів бітуму, що відбувається на зовнішній поверхні в'язучого під дією світла та ультрафіолетових променів;

поліоксиконденсація, що відбувається під впливом кисню, і є головним процесом, який змінює склад і структуру бітуму при старінні.

Дослідити інтенсивність старіння можна по зміні будь-яких стандартизованих структурно-механічних та фізико-хімічних властивостей бітумів, головне, щоб вони змінювались досить помітно.

Встановлено [2,3], що старіння супроводжується структурними перетвореннями, які викликані змінами в хімічному складі бітуму. Руїнування міцного структурного каркасу бітуму, що утворюється при оптимальному співвідношенні і відповідній якості основних хімічних сполук (асфальтенів смол, масел) бітуму, обумовлене деструктивними змінами хімічного складу. На практиці це виражається в зниженні показників адгезійної та когезійної міцності бітумної плівки, погіршенні деформативно-реологічних характеристик.

У відповідності з цим старіння можна досліджувати безпосередньо, вивчаючи швидкість взаємодії бітуму з киснем (гравіметричними, вологометричними способами).

Часто для дослідження процесів старіння застосовують методи визначення хімічного групового складу бітумів. Однак зміни групового складу не завжди можуть пояснити погіршення експлуатаційних показників бітумів в процесі старіння.

Найбільш поширеними для оцінки старіння є механічні методи, що характеризують властивості бітумів і мають високу чутливість. У працях багатьох авторів наводяться дані про зміни основних показників бітумів: в'язкості, температур крихкості і розм'якшення, розтяжності. Останнім часом визнано також переваги динамічних методів дослідження старіння бітумів.

Дуже важливо точно відтворювати основні фактори старіння, враховуючи, що характер процесу може змінюватись не тільки при переході від одного фактору дії до іншого, але також при зміні його інтенсивності.

При штучному старінні процеси відбуваються не тільки швидше, але і якісно інакше, ніж у природних умовах, оскільки окремі реакції складного фізико-хімічного процесу, який зумовлює старіння, неоднаково активізуються підвищенням температури. Отже результати штучного старіння мають умовне значення. Їх можна використовувати, головним чином, для порівняльної оцінки стабільності бітумів.

В Україні і Росії, для оцінки стійкості бітуму проти старіння використовують метод його прогріву в тонкому шарі (4 мм) при 163 °С протягом 5 годин (ГОСТ 18180). В Росії контроль старіння в цих умовах здійснюється тільки за зміною температури розм'якшення. В Україні, як і в країнах ЄС, для цього використовуються ще показники залишкової пенетрації та зміни маси після прогрівання. В стандарті України зміна маси після старіння допускається дещо більшою (на 0,2...0,3 %), ніж в європейському стандарті. Нормативні зміни пенетрації і температури розм'якшення ґрунтуються на врахуванні технологічних можливостей наших НПЗ і на досвіді нормування цих показників згідно з ГОСТ 1544 [5].

В останні роки з'явилися нові методи дослідження старіння, що застосовуються в Європі та Америці, серед них метод RTFOT, який є удосконаленою модифікацією ГОСТ 18180.

Удосконалення полягає в тому, що досліджуваний бітум знаходиться в постійному русі у вигляді тонкої розкоченої плівки. Прогрівання в'язучих виконується в стаканах з постійним обертанням, що забезпечує оновлення поверхні в'язучого та контакт з повітрям. Це повністю виключає недолік старого стандарту - швидке утворення на поверхні досліджуваного бітуму окисної плівки, яка захищає нижні шари від подальшого поглинання кисню і тим самим спотворює реальну картину процесу. Крім того цей метод, завдяки використанню інтенсивного потоку гарячого повітря, менш довготривалий (75 замість 300 хв).

І хоча цей метод потребує спеціального апаратного оформлення, за ним майбутнє, бо він краще, ніж всі інші методи, моделює поведінку бітуму під час приготування гарячого асфальтобетону.

Дослідження старіння дорожніх бітумів з використанням сучасних методів випробувань – є актуальна задача, вирішення якої дозволить визначити важелі впливу на ці процеси і тим самим підвищити якість бітуму та значно подовжити строки служби дорожніх покриттів.

Щоб охопити більшість технологічних процесів, яким піддаються бітуми при їх переробці та експлуатації в покритті, лабораторні дослідження проводились за двома методами.

Перший – це стандартний метод прогріву бітуму при 163 °С протягом 5 годин, який за припущенням розробників цього методу імітує роботу бітуму в покритті протягом одного року. Другий – це метод RTFOT.

Стандартним методом були досліджені усі бітуми, що надані були в 2005 році дорожніми господарствами Укравтодору та нафтопереробними заводами України. Паралельно частина цих бітумів була досліджена методом RTFOT як з продувкою, так і без продувки повітря, що дозволило зробити більш достовірні висновки щодо процесів, які протікають при старінні бітумів. Результати досліджень наведені в таблиці.

**Таблиця - Фізико-механічні властивості зістарених бітумів**

| Марка бітуму та метод старіння | Показники |                           |                         |                      |                     |                                      |                                |                   |                       |
|--------------------------------|-----------|---------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------|
|                                | КК, °С    | П <sub>2,5</sub> , 0,1 мм | П <sub>0</sub> , 0,1 мм | D <sub>25</sub> , см | D <sub>0</sub> , см | Зміна властивостей після прогрівання |                                | Зчеплення, бали/% | T <sub>кр.</sub> , °С |
|                                |           |                           |                         |                      |                     | ΔКК, °С                              | Залишкова П <sub>2,5</sub> , % |                   |                       |
| <b>Бітуми Мозирського НПЗ</b>  |           |                           |                         |                      |                     |                                      |                                |                   |                       |
| БНД 90/130                     | 45,5      | 117                       | 24                      | >90                  | 5,7                 | –                                    | –                              | 2/5               | -27                   |
| Стандартний                    | 49        | 87                        | –                       | >90                  | 4,6                 | 3,5                                  | 75                             | 2/10              | -27                   |
| RTFOT                          | 49        | 77                        | –                       | 82                   | 3,8                 | 3,5                                  | 66                             | 2/10              | -26                   |
| RTFOT без продувки             | 50        | 74                        | –                       | 84                   | 4,0                 | 4,5                                  | 85                             | 2/10              | -25                   |
| БНД 60/90                      | 47,5      | 84                        | 15                      | >90                  | 3,4                 | –                                    | –                              | 2/15              | -26                   |
| Стандартний                    | 51        | 64                        | –                       | 70                   | 3,0                 | 3,5                                  | 76                             | 2/15              | -26                   |
| RTFOT                          | 51,5      | 62                        | –                       | 57                   | 2,6                 | 4                                    | 74                             | 2/15              | -25                   |
| RTFOT без продувки             | 52,5      | 58                        | –                       | 70                   | 3,0                 | 5                                    | 69                             | 2/15              | -24                   |
| БНД 90/130                     | 45        | 117                       | 18                      | >90                  | 5,8                 | –                                    | –                              | 2/15              | -27,5                 |
| Стандартний                    | 49        | 90                        | –                       | 85                   | 4,8                 | 4                                    | 79                             | 2/15              | -27                   |
| RTFOT                          | 50        | 74                        | –                       | 67                   | 3,6                 | 5                                    | 63                             | 2/15              | 25,5                  |
| RTFOT без продувки             | 51        | 72                        | –                       | 80                   | 4,2                 | 6                                    | 62                             | 2/15              | 26,5                  |
| БНД 60/90                      | 52        | 69                        | 15                      | 58                   | 3,6                 | –                                    | –                              | 2/10              | -26                   |
| Стандартний                    | 56        | 59                        | –                       | 40                   | 3,0                 | 4                                    | 86                             | 2/10              | 24,5                  |
| RTFOT                          | 58        | 46                        | –                       | 21                   | 2,6                 | 6                                    | 67                             | 2/10              | -22                   |
| RTFOT без продувки             | 57,5      | 44                        | –                       | 22                   | 2,8                 | 5,5                                  | 64                             | 2/10              | -23                   |
| <b>Бітуми ТОВ “ЛИНОС</b>       |           |                           |                         |                      |                     |                                      |                                |                   |                       |
| БНД 90/130                     | 47,0      | 93                        | 22                      | >90                  | 4,0                 | –                                    | –                              | 2,5/40            | -24                   |
| Стандартний                    | 50,0      | 70                        | –                       | 75,0                 | 3,4                 | 3                                    | 76                             | 2,5/40            | -24                   |
| RTFOT                          | 52,0      | 63                        | –                       | 40,0                 | 1,9                 | 5                                    | 68                             | 2,5/40            | -24                   |
| RTFOT без продувки             | 52,0      | 62                        | –                       | 64,0                 | 2,6                 | 5                                    | 68                             | 2,5/40            | -24                   |
| БНД 60/90                      | 50,0      | 74                        | 14                      | >90                  | 4,2                 | –                                    | –                              | 2/10              | -22                   |
| Стандартний                    | 53,5      | 55                        | –                       | 65                   | 2,8                 | 3,5                                  | 74                             | 2/10              | -22                   |
| RTFOT                          | 55        | 51                        | –                       | 21                   | 1,9                 | 5                                    | 69                             | 2/10              | -20                   |
| RTFOT без продувки             | 56        | 51                        | –                       | 30                   | 2,4                 | 6                                    | 69                             | 2/10              | -21                   |

| Марка бітуму та метод старіння                       | Показники |                          |                         |   |                     |                                      |                               |                   |                       |
|--|-----------|--------------------------|-------------------------|---|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------------|
|  | КіК, °С   | П <sub>25</sub> , 0,1 мм | П <sub>0</sub> , 0,1 мм | Д <sub>25</sub> , см  | Д <sub>0</sub> , см | Зміна властивостей після прогрівання |                               | Зчеплення, бали/% | Т <sub>кр.</sub> , °С |
|  |           |                          |                         |   |                     | ΔКіК, °С                             | Залишкова П <sub>25</sub> , % |                   |                       |
| <b>Бітуми ТОВ “Укртатнафта” (Кременчуцького НПЗ)</b> |           |                          |                         |   |                     |                                      |                               |                   |                       |
| БНД 90/130   | 44        | 107                      | 16                      | >90   | 5,6                 | –                                    | –                             | 2/30              | -23,5                 |
| Стандартний  | 48        | 83                       | –                       | >90   | 4,2                 | 4                                    | 78                            | 2/30              | -23,5                 |
| RTFOT  | 49        | 70                       | –                       | >90   | 3,5                 | 5                                    | 65                            | 2/30              | -23                   |
| БНД 60/90  | 49,5      | 69                       | 9                       | >90   | 4,2                 | –                                    | –                             | 2,5/40            | -24                   |
| Стандартний  | 53,0      | 43                       | –                       | 55,0  | 2,6                 | 3,5                                  | 64                            | 2,5/40            | -22                   |
| RTFOT  | 56        | 40                       | –                       | 25  | 1,0                 | 6,5                                  | 59                            | 2,5/40            | -21                   |
| <b>Умовні позначення:</b>                            |           |                          |                         | П <sub>25</sub> , П <sub>0</sub> - глибина проникнення голки (пенетрація) при 25 та 0 °С; |                     |                                      |                               |                   |                       |
| КіК – температура розм'якшення за кільцем та кулею;  |           |                          |                         | Д <sub>25</sub> , Д <sub>0</sub> - розтяжність (дуктильність) при 25 та 0 °С;             |                     |                                      |                               |                   |                       |
| ΔКіК - зміна температури розм'якшення;               |           |                          |                         | Т <sub>кр.</sub> – температура крихкості  |                     |                                      |                               |                   |                       |

В результаті проведених досліджень встановлено, що при стандартному прогріві досліджених бітумів протягом 5 годин при 163 °С має місце зростання температури розм'якшення та зменшення глибини проникнення голки. Але зміна цих показників практично не виходить за межі, що передбачені діючими нормативними документами Росії, країн ЄС ГОСТ 18180 та ДСТУ 4044. Це не відтворює реальної картини старіння і пояснюється тим, що при прогріванні бітуму в 4 мм шарі без перемішування на поверхні дзеркала утворюється захисна окисно-полімерна бітумна плівка, яка перешкоджає подальшому окисленню. Проходять майже тільки процеси полімеризації з частковим переходом смол в асфальтени (на що вказує деяке погіршення розтяжності), як це має місце в асфальтобетонному покритті в процесі його експлуатації.

Випробування за методом RTFOT показали, на фоні більш інтенсивного зростання температури розм'якшення та підвищення в'язкості, значне погіршення реологічних характеристик, особливо бітумів з пенетрацією при 25 °С нижче 70·0,1 мм. Це означає,

що при приготуванні асфальтобетонних сумішей бітум зазнає більш жорсткого термічного удару в порівнянні з тим, коли його зберігають в бітумоплавильних котлах за високих технологічних температур, оскільки в асфальтобетонних сумішах бітум знаходиться в плівковому стані. При цьому товщина плівки бітуму на порядки нижча за ту, що рекомендується стандартними випробуваннями за ДСТУ 4044, і зменшується зі зменшенням розміру мінерального зерна.

Отримані результати досліджень ставлять питання про можливий перегляд вимог до показників пенетрації випробуваних бітумів для приготування асфальтобетонних сумішей. Бітум, що використовується для приготування гарячих асфальтобетонних сумішей, повинен мати пенетрацію при 25 °С не нижче 80...85·0,1 мм.

## **Висновки**

1. Досліджені процеси старіння бітумів під впливом термоокислювальних факторів з використанням вітчизняного (ГОСТ 18180) та загальноєвропейського (метод RTFOT) методів випробування.

2. Встановлено, що стандартна методика випробування бітумів на старіння (ГОСТ 18180) не відтворює реальної картини старіння в'язучого, бо на поверхні дзеркала випробуваних зразків утворюється полімерна оксидна плівка, яка перешкоджає доступу кисню повітря в об'єм. При цьому чим більша схильність в'язучого до старіння, тим швидше утворюється захисна плівка і тим менш адекватний кінцевий результат.

3. Більш адекватні результати дозволяє отримати методика RTFOT. Випробування за методом RTFOT показали на фоні більш інтенсивного зростання температури розм'якшення та підвищення в'язкості значне погіршення реологічних характеристик, особливо бітумів з пенетрацією при 25 °С нижче 70·0,1 мм. Випробування за цим методом, які в першому приближенні імітують процес приготування асфальтобетонних сумішей в змішувачі, вказують на необхідність обмеження в'язкості бітумів, виготовлених з російської сировини, для виробництва асфальтобетону пенетрацією

при 25 °С не нижче 80...85·0,1 мм, бо при більшій в'язкості різко погіршуються деформативно-реологічні характеристики бітуму.

4. Дослідження процесів старіння наданих зразків бітумів показали, що при температурі 160...165 °С тяжких наслідків щодо працездатності бітумів марки БНД 90/130 не спостерігається. Тому строки зберігання бітумів з парафіно-нафтовою основою можна значно збільшувати, ніж це рекомендувалось раніше (ВБН В.2.7-218-185), при виконанні умов зберігання (ГОСТ 1510).

5. Старіння підсилює негативні властивості окислених парафіністих бітумів. Має місце подальше зниження когезії та адгезії за рахунок того, що в першу чергу втрачаються при старінні найбільш дефіцитні асфальтосмолисті компоненти, що забезпечують названі властивості. Це приводить до висновку про необхідність обов'язкового використання адгезивів та полімерних модифікаторів, які підвищують когезійні властивості бітумів.

## Література

1. **Сергиенко С.Р.** Высокомолекулярные соединения нефти // М. - "Химия" - 1964 - 541 с.

2. **Колбановская А.С., Давыдова А.Р., Давыдова К.И.** О механизме старения битумов разной структуры // АН СССР - 1965- т.165 - №2 - 376 с.

3. **Давыдова А.Р.** Влияние температур на необратимые изменения свойств битумов (старение) и методы их оценки. // М.- "Транспорт" - 1969 - с.11 (Труды Гос. Всесоюзного научно-исследовательского ин-та. Вып. 34).

4. **Печеный Б.Г., Ахметова Л.А.** Исследование механизма старения битумов в эксплуатационных условиях. // Труды БашНИИ НП - Уфа - 1976 - Вып. XV. Вопросы производства и качества нефтяных битумов.

5. **Золотарев В.А.** Особенности стандартизации вязких дорожных битумов в Украине. // Автошляховик України - 2002 - № 3 - с.43-46.