

УДК 691.161

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ ПІД ЧАС СТАРІННЯ

Копинець І.В., завідувач відділу дорожньо-будівельних матеріалів

*Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»)*

---

### Вступ

На сьогоднішній день в Україні для влаштування покриттів автомобільних доріг використовують практично тільки гарячі асфальтобетонні суміші.

Гарячі асфальтобетонні суміші виробляють з використанням в'язких бітумів за температури (140 - 170) °С. У цьому діапазоні температур в'язкість бітуму знижена до такого рівня, при якому він легко обволакає гарячий щебінь, суміш достатньо рухлива, що забезпечує її рівномірне перемішування і наступне переміщення в накопичувальний бункер. Верхню межу температури нагрівання в'язучого та мінерального матеріалу обмежено у зв'язку з інтенсивним термоокислювальним старінням в'язучого при технологічних температурах перемішування суміші. Гарячу суміш укладають і починають ущільнювати за температури (120 - 150) °С, коли вона ще рухлива і завершують укочування при температурі не нижче 80°С. Формування структури гарячого асфальтобетону після його ущільнення вважається в основному завершеним.

Нагрівання бітуму супроводжується випаровуванням найбільш летких фракцій, а також окисненням і полімеризацією. Усе це призводить до зміни групового складу та властивостей бітуму. Ступінь зміни властивостей бітуму залежить від багатьох чинників: температури та тривалості нагрівання; відношення об'єму бітуму, що нагрівається, до його вільної поверхні; марки бітуму. Зміна властивостей бітуму в результаті нагрівання найбільш яскраво виявляється в підвищенні в'язкості.

Під впливом атмосферних факторів - температури, світла, повітря і води відбувається процес окиснення бітуму за рахунок приєднання кисню повітря та полімеризації, як наслідок відбуваються зміни фізичних властивостей та хімічного складу бітумів. Хімічний склад змінюється в результаті перетворення одних груп речовин в інші: масла переходять в смоли, смоли в асфальтени. Процес перетворення масел в смоли іде значно повільніше ніж перетворення смол на асфальтени. Таким чином, з часом в бітумі відбувається збільшення кількості асфальтенів. Кількість же смол, що надають бітуму пластичність та розтяжність з часом зменшується. З накопиченням асфальтенів поступово втрачаються пластичні властивості бітуму, збільшується його в'язкість та крихкість. Цей процес називається «старіння» бітуму.

При спостереженні за бітумом, що зберігається тривалий час на відкритому повітрі, можна бачити зовнішні зміни: бітум стає світлішим, з матовою поверхнею, на якій утворюються складки та тріщини.

У зв'язку із старінням бітуму відбувається також і старіння асфальтобетону, що призводить до погіршення властивостей дорожніх покриттів. Зростання жорсткості бітуму робить асфальтобетон більш крихким. Він значною мірою втрачає здатність до сприйняття розтягувальних напружень. При цьому в асфальтобетонному покритті при різких пониженнях температури в зимовий час спостерігається утворення тріщин. Підвищена крихкість асфальтобетону посилює процес його викришування, що також знижує термін служби покриття.

Найбільш різкі зміни властивостей бітуму відбуваються при нагріванні та перемішуванні бітумомінеральних композицій. В цьому випадку деякі мінеральні матеріали виконують роль каталізаторів, в присутності яких окислювальні реакції протікають інтенсивніше.

Розглядаючи зміну властивостей бітуму та бітумомінеральних сумішей в часі, можна виділити два основні періоди. До певного часу процеси старіння можуть бути охарактеризовані лише як процеси зміцнення структури. Підвищення в'язкості бітуму в цей період призводить до підвищення міцності та деформаційної стійкості асфальтобетону. Покращується зчеплення бітуму з поверхнею мінеральних зерен, внаслідок чого підвищується водостійкість і морозостійкість асфальтобетону. Потім настає період, до якого вже з повним правом можна застосувати термін «старіння»: підвищується крихкість бітуму, зменшується його адгезійна здатність. Це призводить до зниження корозійної стійкості покриття, а надмірна жорсткість в'язучого провокує утворення в ньому тріщин.

Бітуми, як і бітумомінеральні композиції, розрізняють за співвідношенням тривалості цих періодів. У найбільш стійких проти старіння бітумів перший період триває досить довго і практично є рівним термінам служби асфальтобетонних покриттів. Для покриттів з бітумами, не стійкими проти старіння, вже через рік-два може настати період інтенсивного старіння.

Бітуми, які схильні до швидкого старіння, є найбільш «чутливими» до нагрівання, що повинно враховуватись в технологічному процесі приготування асфальтобетонної суміші: Температура нагрівання мінеральних матеріалів та бітуму, а також тривалість нагрівання бітуму мають бути, наскільки це можливо за умовами виробництва робіт, знижені.

Нагрівання бітуму та його подальше перемішування з мінеральним матеріалом призводить до підвищення в'язкості бітуму, що в свою чергу знижує рухомість асфальтобетонної суміші. Як відомо, якість майбутнього покриття та умови виконання робіт багато в чому визначаються зручністю обробки асфальтобетонної суміші при укладанні та ущільненні. Довговічне покриття можна отримати тільки в тому випадку, якщо суміш досить легко укладається шаром заданої товщини, добре розрівнюється та ущільнюється. Така суміш дозволяє отримати рівну, гладку та однорідну поверхню.

Отже, швидке старіння бітуму має місце при змішуванні його з мінеральним матеріалом за високих температур під час приготування асфальтобетонних сумішей, оскільки відбувається інтенсивна взаємодія в'язучого з киснем повітря. Також бітум старіє під час експлуатації асфальтобетону, при цьому чим більша пористість покриття, вища температура навколишнього середовища і тонший шар асфальтобетону, тим швидше відбувається старіння бітуму.

Враховуючи вищесказане, було проведено дослідження із встановлення впливу:

- типу асфальтобетону на зміну його властивостей при старінні;
- температури приготування асфальтобетонних сумішей на властивості асфальтобетонів;
- залишкової пористості асфальтобетону на його стійкість до старіння.

### **Матеріали**

Для приготування асфальтобетонів використовували:

- щебінь гранітний фракції 5 – 10 мм, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-75;
- пісок із відсівів подрібнення вивержених гірських порід фракції 0 - 5 мм, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-210;
- вапняковий мінеральний порошок, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-121;
- бітум нафтовий дорожній в'язкий марки БНД 60/90, що відповідає вимогам ДСТУ 4044.

**Об'єкти дослідження**

Підібраний гранулометричний склад мінеральної частини гарячих дрібнозернистих асфальтобетонів типів А, Б, В, Г наведено в таблиці 1.

**Таблиця 1** – Підбір мінеральної частини гарячих дрібнозернистих асфальтобетонів типів А, Б, В, Г

Тип гранулометрії	Вміст за масою, % мінеральних зерен, менших даного розміру, мм							
	10,0	5,0	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
А	100	51,59	37,59	31,22	24,09	17,60	11,94	7,89
Б	100	60,20	44,58	37,22	28,95	21,38	14,71	9,98
В	100	68,82	51,57	43,23	33,81	25,17	17,49	12,08
Г	100	89,90	67,59	56,31	43,48	31,76	21,49	14,49

Для дослідження впливу типу асфальтобетону на зміну його властивостей при старінні було прийнято асфальтобетони типів А, Б, В та Г.

Вміст бітуму складав для асфальтобетону типу А - 5,0%, типу Б - 5,5%, типу В - 6,0% і типу Г - 6,5% від маси мінерального матеріалу.

Температури нагрівання матеріалів при приготуванні асфальтобетонних сумішей в лабораторних умовах становили: для щебеню, піску та мінерального порошку – (170 – 175) °С, бітуму – (145 – 150) °С. Суміш ущільнювалась за температури (145 – 150) °С.

Під час дослідження впливу температури приготування асфальтобетонних сумішей на властивості асфальтобетонів та їх зміну при старінні використовували асфальтобетон типу Б, а температури приготування були на 20°С вищими та нижчими за вказані вище.

Асфальтобетони з різною залишковою пористістю отримано шляхом приготування асфальтобетонних сумішей типу Б з різними вмістом бітуму (5,0%, 5,5% та 6,0%).

**Методи дослідження**

Для досліджуваних асфальтобетонів визначали: середню густину, водонасичення, залишкову пористість, міцність на стиск за температури 0°С, 20°С та 50°С, а також коефіцієнт водостійкості.

Старіння асфальтобетону шляхом його витримуванням в сушильний шафі впродовж 8,0 годин за температури 160°С (теплове старіння) та наступного його витримування у воді впродовж 14 діб (водне старіння).

**Результати дослідження впливу типу асфальтобетону на зміну його властивостей при старінні**

Результати випробувань асфальтобетонів наведено в таблиці 2.

Аналіз результатів випробувань показав, що при витримуванні асфальтобетонних зразків в сушильній шафі впродовж 8,0 годин за температури 160°С та наступним витримуванням у воді впродовж 14 діб, відбувається зниження їх середньої густини і, як наслідок, зростання водонасичення. Встановлено, що інтенсивність зниження середньої густини та зростання водонасичення напряму залежить від вмісту щебеню в асфальтобетоні. Чим більше вміст щебеню, тим більше змінюється середня густина та водонасичення.

Також при старінні знижується міцність на стиск за всіх температур випробування. При цьому інтенсивність зниження міцності для всіх типів асфальтобетону була практично однаковою.

Відчутним виявився вплив старіння на коефіцієнт водостійкості. Найбільше зниження коефіцієнта водостійкості має місце при старінні асфальтобетону типу А, а найменше – типу Г.

## ОЦІНКА ЯКОСТІ

**Таблиця 2** – Результати випробувань асфальтобетонів при старінні

Назва показника	Результати випробувань асфальтобетонів на бітумі марки БНД 60/90							
	вихідних				витриманих в сушильній шафі 8,0 годин за температури 160°C і 14 діб у воді			
	типу А	типу Б	типу В	типу Г	типу А	типу Б	типу В	типу Г
Середня густина, г/см <sup>3</sup>	2,362	2,368	2,382	2,397	2,332	2,344	2,361	2,377
Водонасичення, % за об'ємом	2,14	1,88	1,43	1,14	3,88	3,50	2,91	2,62
Міцність при стиску, МПа за температури:								
- 0°C	9,45	10,27	10,48	10,73	7,37	8,32	8,59	9,02
- 20°C	4,14	4,37	5,21	6,42	2,9	3,19	3,91	4,94
- 50°C	1,41	1,73	2,09	2,51	1,13	1,45	1,78	2,18
Коефіцієнт водостійкості	0,94	0,96	0,96	0,98	0,82	0,86	0,89	0,92

**Результати дослідження впливу температури приготування асфальтобетонних сумішей на властивості асфальтобетонів**

Результати випробувань асфальтобетонів, приготованих за різних технологічних температур, наведено в таблиці 3.

**Таблиця 3** – Результати випробувань асфальтобетонів за різних технологічних температур

Назва показника	Результати випробувань асфальтобетону типу Б на бітумі марки БНД 60/90		
	приготованого за стандартних температур	приготованого за підвищених на 20 °C температур	приготованого за знижених на 20 °C температур
Середня густина, г/см <sup>3</sup>	2,368	2,374	2,361
Водонасичення, % за об'ємом	1,88	2,24	2,36
Міцність при стиску, МПа за температури:			
- 0°C	10,27	11,04	8,89
- 20°C	4,37	4,61	3,51
- 50°C	1,73	1,92	1,47
Коефіцієнт водостійкості	0,96	0,94	0,93

Результати випробувань асфальтобетонів показують, що при підвищенні температури приготування асфальтобетонних сумішей середня густина асфальтобетону зростає, але при цьому також має місце незначне зростання водонасичення асфальтобетонних зразків та зниження коефіцієнта водостійкості.

## ОЦІНКА ЯКОСТІ

Підвищення температури приготування асфальтобетонних сумішей призводить до зростання міцності асфальтобетонних зразків на стиск: за температури 50°C на 11%, за температури 20°C – на 5%, за температури 0°C – на 7%.

Зростання міцності асфальтобетонів при підвищенні температури їх приготування може свідчити про їх старіння.

При зниженні температури приготування асфальтобетонних сумішей на 20°C відбувається зростання водонасичення та зниження середньої густини асфальтобетонів у порівнянні з асфальтобетоном, отриманим за стандартних температур, що насамперед пов'язано із зростанням в'язкості бітумів при зниженні температури, що призводить до погіршення обволікання в'язучим мінеральних зерен і зменшенням інтенсивності взаємодії бітуму з поверхнею мінеральних матеріалів.

Також знижується міцність на стиск. За температури 0°C міцність знижується на 13%, за температури 50°C – 15%, за температури 20°C – 20%. Зниження міцності може бути пов'язане як з вищевказаним погіршенням якості асфальтобетону так, і з меншим термоокислювальним старінням бітуму.

### Результати дослідження впливу залишкової пористості асфальтобетону на його стійкість до старіння

Результати випробувань асфальтобетонів з різною залишковою пористістю наведено в таблиці 4.

**Таблиця 4** – Результати випробувань асфальтобетонів з різною залишковою пористістю

Назва показника	Результати випробувань асфальтобетону типу Б на бітумі марки БНД 60/90								
	при вмісті бітуму, %			витриманого в сушильній шафі 8,0 годин за температури 160°C, при вмісті бітуму, %			витриманого в сушильній шафі 8,0 годин за температури 160°C і 14 діб у воді, при вмісті бітуму, %		
	5,0	5,5	6,0	5,0	5,5	6,0	5,0	5,5	6,0
Середня густина, г/см <sup>3</sup>	2,334	2,368	2,392	2,291	2,353	2,381	2,272	2,344	2,376
Залишкова пористість, %	6,41	4,36	2,73	8,13	4,97	3,17	8,89	5,33	3,38
Водонасичення, % за об'ємом	4,12	1,88	1,06	6,26	2,70	1,96	8,90	3,50	2,30
Міцність при стиску, МПа за температури:									
0°C	9,86	10,27	10,58	8,18	8,83	9,63	7,69	8,32	8,89
20°C	4,02	4,37	3,92	3,38	3,89	3,68	2,57	3,19	3,33
50°C	1,23	1,73	1,36	1,06	1,57	1,24	0,93	1,45	1,22
Коефіцієнт водостійкості	0,89	0,96	0,99	0,83	0,91	0,95	0,72	0,86	0,91

Аналіз результатів випробувань свідчить, що середня густина асфальтобетонних зразків із підвищенням в них вмісту бітуму, а отже при зменшенні залишкової пористості, зростає. При вмісті бітуму 5,0% середня густина складає 2,334 г/см<sup>3</sup>, із збільшенням вмісту бітуму до 5,5% та 6,0% відбувається зростання середньої густини асфальтобетонних зразків до 2,368 г/см<sup>3</sup> та 2,392 г/см<sup>3</sup>.

Теплове старіння призводить до зниження середньої густини асфальтобетону. Характер зміни середньої густини для асфальтобетонів з різною залишковою пористістю виявився різним. Чим меншою є залишкова пористість, тим меншими є зміни середньої густини, що ймовірно свідчить про більшу стійкість до старіння асфальтобетонів з більшою щільністю. Наступне водне старіння призводить до подальшого зниження середньої густини, хоча менш інтенсивно. При цьому стійкішими до старіння також є більш щільні асфальтобетони.

Водонасичення асфальтобетону напряму пов'язане із значеннями його середньої густини. Чим більше значення середньої густини, тим меншим є водонасичення. Тому при тепловому та водному старінні одночасно із зменшенням середньої густини асфальтобетону відбувається зростання його водонасичення практично пропорційно зниженню середньої густини.

Чим більша залишкова пористість асфальтобетону, тим легшим є доступ в його об'єм води, що призводить до відшарування бітуму з поверхні мінеральних матеріалів, зниження його когезійної міцності і, як наслідок, руйнування асфальтобетону. Підтвердженням цьому є більш низькі значення коефіцієнта водостійкості асфальтобетону із залишковою пористістю 6,41% у порівнянні з асфальтобетоном, що має залишкову пористість в два рази меншу (0,89 проти 0,99). При старінні відбувається зниження коефіцієнта водостійкості. Якщо при тепловому старінні вплив залишкової пористості є менш відчутним (зниження коефіцієнта водостійкості складає 0,04 для асфальтобетону з 6,0% бітуму, 0,05 – з 5,5% бітуму та 0,06 – з 5,0% бітуму), то при наступному водному старінні зниження коефіцієнта водостійкості для асфальтобетону з 5,0% бітуму є значно більшим ніж для асфальтобетонів з 5,5% та 6,0% бітуму (0,11 проти 0,05 та 0,04, відповідно).

Теплове та водне старіння призводять до зниження міцності асфальтобетону за всіх температур випробовування. Найбільш інтенсивне зниження міцності спостерігається для асфальтобетону з 5,0% бітуму (тобто з найбільшою залишковою пористістю), найменше – з 6,0% бітуму (з найменшою залишковою пористістю). Зниження міцності асфальтобетону на стиск за температури 20°C при тепловому старінні є меншим ніж при водному. За температури 0°C та 50°C навпаки – міцність при тепловому старінні знижується більше ніж при водному.

Таким чином, можна констатувати, що більш стійкими до старіння (теплого та водного) є асфальтобетони з меншою залишковою пористістю.

### **Висновки**

На стійкість асфальтобетонів до старіння впливає тип гранулометрії, температура приготування асфальтобетону, а також його залишкова пористість.

Чим меншим є вміст щебеню в асфальтобетоні, тим більшою є його стійкість до старіння. При збільшенні залишкової пористості асфальтобетони стають менш стійкими до старіння. Із підвищенням температури приготування асфальтобетону відбувається значне старіння, що в подальшому може призвести до зниження довговічності асфальтобетону.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення кількісної зміни властивостей бітумів в результаті зміни типу гранулометрії, залишкової пористості та температури приготування асфальтобетонів.

### Література

1. Технические, реологические и поверхностные свойства битумов. Избранные труды. Том 1 / В.А. Золотарев – 1-е изд. – Санкт-Петербург: Славутич, 2012. – 148 с.: ил.
2. Битумы, модифицированные полимерами и добавками. Избранные труды. Том 2 / В. А. Золотарев. – Санкт-Петербург: Славутич, 2013. 149 с.: ил.
3. Дорожный асфальтобетон. Под редакцией Л.Б. Гезенцевя // Н.Н. Иванов, Л.Б. Гезенцевей, И.В. Королев и др. – М.: Транспорт, 1976, 336 с.