

УДК 625.852

Кіщинський С.В., Копинець І.В., Соколов О.В.

**ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ДОБАВОК ДЛЯ
ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТЕМПЕРАТУР ПРИГОТУВАННЯ
АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ**

Анотація. У статті розглянуто питання зниження технологічних температур приготування асфальтобетонних сумішей з використанням енергозберігаючих добавок. Доведена можливість зниження на 40 °С технологічних температур приготування та укладання асфальтобетонних сумішей без погіршення властивостей асфальтобетону.

Ключові слова: асфальтобетон, асфальтобетонна суміш, зниження технологічних температур, енергозберігаюча добавка, старіння.

УДК 625.852

Кіщинський С.В., Копинець І.В., Соколов А.В.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ
СНИЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУР ПРИГОТОВЛЕНИЯ
АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ**

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос снижения технологических температур приготовления асфальтобетонных смесей с использованием энергосберегающих добавок. Доказана возможность снижения на 40 °С технологических температур приготовления и укладки асфальтобетонных смесей без ухудшения свойств асфальтобетона.

Ключевые слова: асфальтобетон, асфальтобетонная смесь, снижение технологических температур, энергосберегающая добавка, старения.

UDC 625.852

Kishchynskyi S.V., Kopynets I.V., Sokolov O.V.

THE USE OF ENERGY SAVING ADDITIVES TO REDUCE PROCESS TEMPERATURES FOR PREPARATION OF ASPHALT CONCRETE MIXTURES

Abstract. The issue of process temperatures reduction for the preparation of asphalt mixtures using energy-saving additives is considered in this paper. The possibility of process temperatures reduction to 40 ° C for the preparation and laying the asphalt mixtures without impairing the properties of asphalt concrete is proved.

Keywords: asphalt concrete, asphalt mixture, reduction of process temperatures, energy-saving additive, aging.

Постановка проблеми

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

Гарячі асфальтобетонні суміші виробляють з використанням в'язких бітумів за температури (140 - 165) °С. У цьому діапазоні температур в'язкість бітуму знижена до такого рівня, при якому він легко обволікає гарячі мінеральні матеріали, суміш достатньо рухлива, що забезпечує її рівномірне перемішування і наступне переміщення в накопичувальний бункер. Верхня межа температури нагрівання в'язучого та мінерального матеріалу обмежена у зв'язку з інтенсивним окислювальним старінням в'язучого при технологічних температурах перемішування суміші. Гарячу суміш укладають і починають ущільнювати за температури (135 - 155) °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 легких фракцій, а також окисненням і полімеризацією. Усе це призводить до зміни групового хімічного складу та властивостей бітуму. Груповий хімічний склад змінюється в результаті перетворення одних груп речовин в інші: масла переходять в смоли, смоли в асфальтени. Процес перетворення масел в смоли

відбувається 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.

У зв'язку із старінням бітуму відбувається також і старіння асфальтобетону, що значно погіршує властивості дорожнього покриття. Крихкість бітуму, що підвищується з часом, робить асфальтобетон також крихкішим. Зокрема, він значною мірою втрачає здатність до сприйняття розтягуючих напружень. При цьому в асфальтобетонному покритті при різких пониженнях температури в зимовий час спостерігається утворення тріщин. Підвищена крихкість асфальтобетону посилює процес його викришування, що знижує термін служби покриття.

Для виробництва якісних асфальтобетонних сумішей, які б мали тривалий термін служби, використовують різноманітні технологічні рішення та спеціальні добавки, що дозволяють знизити їх температуру приготування та укладання, тим самим зменшити старіння бітуму і, як наслідок, асфальтобетону.

При введенні енергозберігаючих добавок, можливість зниження температури приготування та укладання асфальтобетонних сумішей досягається за рахунок зниження поверхневого натягу бітуму або за рахунок зниження в'язкості бітуму при його нагріванні вище температури плавлення восків, що входять до складу добавки.

Матеріали та методи досліджень

Для приготування асфальтобетонів використовувались:

- 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 згідно з ДСТУ 4044;

- енергозберігаюча добавка на основі різних хімічних речовин (ЕД 1).

Характеристики вихідного та модифікованого бітумів, що були використані для приготування асфальтобетонних сумішей наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-технічні характеристики бітумів

Бітумне в'язуче	Фізико-технічні характеристики					
	Пенетрація 0,1 мм	Температура, °С		Розтяжність, см, за температури		Залишкова пенетрація , %
		розм'як- шеності	крих- кості	25 °С	0 °С	
Бітум марки БНД 60/90	68	51,2	- 22	64	3,5	65
Бітум марки БНД 60/90, модифікований 0,5 % ЕД 1	51,4	66	- 23	60	3,9	76

Температурні режими приготування і ущільнення асфальтобетонних сумішей призначають з умов забезпечення потрібної в'язкості в'язучого при виконанні відповідних технологічних операцій. При модифікації бітуму енергозберігаючими добавками на основі хімічних речовин в'язкість бітуму практично не змінюється, а енергозберігаючими добавками на основі синтетичних восків - в'язкість в'язучого різко знижується при нагріванні вище температури плавлення восків, що входять до складу добавки. Питання визначення в'язкості в діапазоні технологічних температур є актуальним при розробці нових технологій модифікації бітумів, для яких складно або неможливо передбачити відповідні температурні режими заздалегідь.

Максимальна в'язкість, за якої буде забезпечено якісне перемішування в'язучого з кам'яним матеріалом, становить 0,5 Па·с. Температура досягнення в'язкості 0,5 Па·с в Україні прийнята як мінімальна температура в'язучого, що дозволяє якісно його перемішувати з кам'яними матеріалами при виробництві асфальтобетонних сумішей. За цієї умови, на основі отриманих даних, була встановлена температурна залежність в'язкості для прийнятих до випробування в'язучих: вихідного бітуму марки БНД 60/90 та бітуму, модифікованого 0,5 % енергозберігаючої добавки (рисунок 1).

Згідно отриманих температурно-в'язкісних залежностей вихідного та модифікованого бітуму були визначені температури, при яких в'язкість досягає значення 0,5 Па·с. Так, для вихідного бітуму ця температура становить 142 °С,

а для бітуму, модифікованого 0,5 % ЕД 1 - 143 °С. Таким чином, отримані результати свідчать, що енергозберігаючі добавки на основі хімічних речовин не змінюють технологічну в'язкість бітумів.

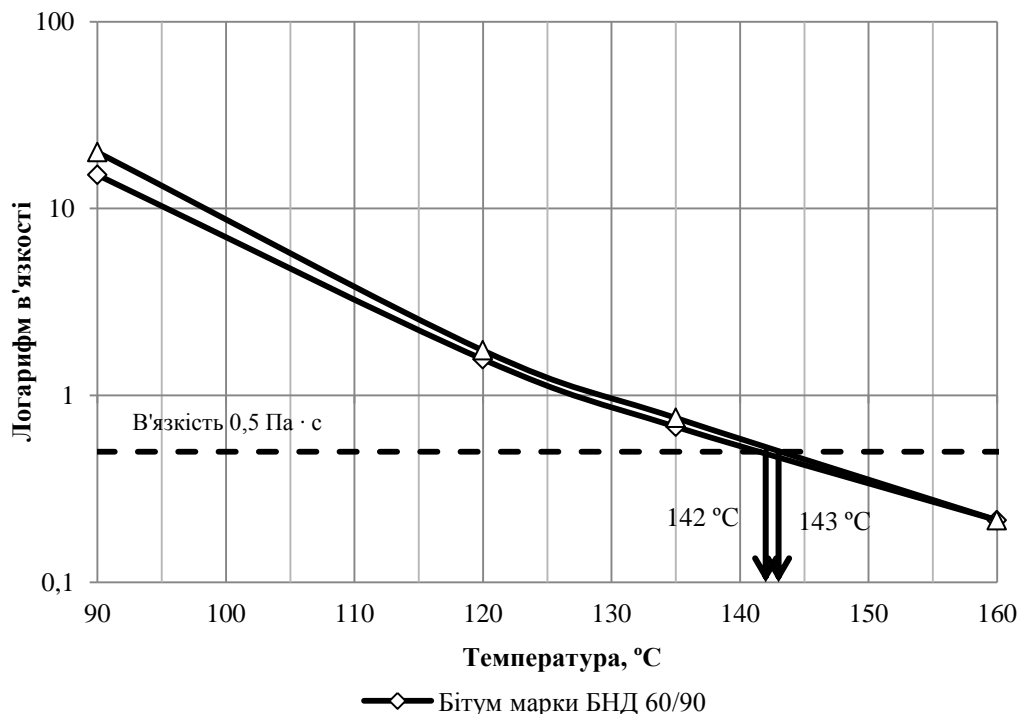


Рисунок 1 – Температурна залежність в'язкості бітумів

Відповідно до результатів випробувань були встановлені мінімальні температури перемішування в'язучого з мінеральним матеріалом. Результати досліджень в подальшому використовувались при приготуванні асфальтобетонних сумішей в лабораторних умовах.

Приготування асфальтобетонних сумішей на вихідному бітумі та бітумі, модифікованому енергозберігаючою добавкою, виконувалось з дотриманням стандартної послідовності технологічних операцій згідно з ДСТУ Б В.2.7-89.

Температури нагрівання матеріалів, при приготуванні асфальтобетонних сумішей за стандартних температур, в лабораторних умовах у відповідності до ДСТУ Б В.2.7-89 та з урахуванням підібраних температурних режимів становили: для щебеню, піску та мінерального порошку – (170 – 175) °С, бітуму – (140 – 145) °С. Суміш ущільнювалась за температури (145 – 150) °С.

При зниженні температури приготування асфальтобетонної суміші на 20 °С температури нагрівання матеріалів становили: для щебеню, піску та

мінерального порошку – (150 – 155) °С, бітуму – (140 – 145) °С. Суміш ущільнювалась за температури (125 – 130) °С.

При зниженні температури приготування асфальтобетонної суміші на 40 °С температури нагрівання матеріалів становили: для щебеню, піску та мінерального порошку – (130 – 135) °С, бітуму – (140 – 145) °С. Суміш ущільнювалась за температури (115 – 120) °С.

Результати досліджень

Результати випробувань вихідного асфальтобетону та асфальтобетону з енергозберігаючою добавкою, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Найменування показників	Технологічні температури		Результати випробувань асфальтобетонів на бітумі		
	перемішування	ущільнення	БНД 60/90	БНД 60/90 + 0,5 % енергозберігаючої добавки	
Середня густина, г/см ³	170-175	145-150	2,365	2,380	
	150-155	125-130	2,344	2,373	
	130-135	115-120	2,331	2,360	
Водонасичення, %	170-175	145-150	2,2	1,6	
	150-155	125-130	2,8	2,0	
	130-135	115-120	4,1	2,3	
Коефіцієнт довготривалої водостійкості	170-175	145-150	0,91	0,98	
	150-155	125-130	0,86	0,97	
	130-135	115-120	0,78	0,94	
Міцність на стиск, МПа, за температури:					
	- 0 °С	170-175	145-150	9,51	9,05
		150-155	125-130	8,73	8,55
		130-135	115-120	7,82	8,22
	- 20 °С	170-175	145-150	4,11	4,45
		150-155	125-130	3,72	4,35
		130-135	115-120	3,44	4,11
	- 50 °С	170-175	145-150	1,42	1,55
		150-155	125-130	1,25	1,49
130-135		115-120	1,06	1,40	

Результати випробувань показують, що при використанні бітуму, модифікованого енергозберігаючою добавкою, температура виробництва та ущільнення асфальтобетонних сумішей може бути знижена на 40 °С.

Середня густина асфальтобетону при введенні енергозберігаючої добавки зростає з 2,365 г/см³ до 2,380 г/см³, одночасно відбувається зниження водонасичення асфальтобетону з 1,9 % до 1,6 % та підвищення його

коефіцієнта довготривалої водостійкості з 0,91 до 0,98. Зростання середньої густини, зниження водонасичення та підвищення коефіцієнта довготривалої водостійкості відбувається за рахунок зниження поверхневого натягу. Міцність асфальтобетону за температури 0 °С із введенням енергозберігаючої добавки знижується, що пов'язано насамперед із меншою зміною властивостей бітуму при впливі технологічних температур. В той же час відбувається зростання міцності за температури 20 °С та 50 °С.

При зниженні технологічних температур приготування на 20 °С, асфальтобетону з енергозберігаючою добавкою, відбувається незначне зниження середньої густини з 2,380 г/см³ до 2,373 г/см³, з одночасним зростанням водонасичення до 2,0 % та зменшенням довготривалої водостійкості до 0,97. Дещо знижується міцність асфальтобетону за температури 0 °С, 20 °С та 50 °С, що, ймовірно, насамперед пов'язано із зменшенням термоокислювального старіння бітуму при зниженні температури приготування асфальтобетону. При цьому асфальтобетон з енергозберігаючою добавкою, отриманий за знижених на 20 °С температур, за комплексом властивостей не поступається вихідному асфальтобетону, отриманому за стандартизованих температур. В той же час властивості асфальтобетону на вихідному бітумі змінюються більш суттєво: середня густина знижується з 2,365 г/см³ до 2,344 г/см³, водонасичення зростає з 2,2 % до 2,8 % (до межі вимог ДСТУ Б В.2.7-119), коефіцієнт водостійкості знижується з 0,91 до 0,98, міцність знижується в усьому діапазоні температур. Слід зазначити, що за показниками коефіцієнта тривалої водостійкості та міцності на стиск за температури 50 °С вказаний асфальтобетон не відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-119.

Зниження температури приготування на 40 °С асфальтобетону на вихідному бітумі призводить до подальшого зменшення його середньої густини, коефіцієнта довготривалої водостійкості та міцності при всіх температурах випробовування. До того ж значно збільшується тривалість перемішування бітуму з мінеральним матеріалом для досягнення повного обволікання ним мінеральних матеріалів.

При зниженні температури приготування на 40 °С асфальтобетону з енергозберігаючою добавкою, хоча і відбувається погіршення властивостей асфальтобетону, але при цьому за всіма показниками він не поступається

асфальтобетону на вихідному бітумі, отриманому за стандартизованих температур.

Висновки

Використання енергозберігаючої добавки, при приготуванні асфальтобетонних сумішей, дозволяє знизити їх температури приготування та ущільнення на 40 °С та 30 °С, відповідно. Асфальтобетон з енергозберігаючою добавкою, приготований за стандартизованих та наведених вище знижених технологічних температур, відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-119.

Асфальтобетонні суміші, що вміщують енергозберігаючу добавку, мають кращу ущільнюваність завдяки зменшеному поверхневому натягу бітуму, тому досягнення потрібної щільності асфальтобетону вимагає менших зусиль. Це дозволяє розширити температурний діапазон можливості ущільнення, що особливо важливо при укладанні суміші за низьких температур навколишнього середовища.

Асфальтобетон з енергозберігаючою добавкою, приготований за стандартних температур, має вищий коефіцієнт довготривалої водостійкості в порівнянні із асфальтобетоном, отриманим на вихідному бітумі. Навіть при зниженні температури їх приготування та ущільнення, водостійкість асфальтобетону з енергозберігаючою є вищою ніж у вихідного асфальтобетону, приготованого за стандартизованих температур.

Міцність асфальтобетону з енергозберігаючою добавкою, за всіх температур випробування, зменшується при зниженні технологічних температур його приготування та ущільнення. При цьому зниження міцності є меншим ніж для асфальтобетону без енергозберігаючої добавки. В усіх випадках асфальтобетон з енергозберігаючою добавкою відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-119.

Завдяки зниженню температур приготування та ущільнення сумішей, зменшується термоокислювальне старіння бітуму, що повинно сприяти підвищенню опору асфальтобетону втомі та появі тріщин при низьких температурах повітря.

Зниження температури приготування та укладання асфальтобетонних сумішей дозволяє зменшити витрати енергоресурсів та поліпшити екологічну ситуацію в країні.

Література

1. Л. Б. Гезенцевей Асфальтовый бетон. Москва, Стройиздат, 1964, 448 с.
2. Королев И. В. Дорожный теплый асфальтобетон. Киев, Вища школа, 1975, 156 с.
3. Радовский В.С. Технология нового теплого асфальтобетона в США, Дорожная техника, 2008 г.
4. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. - М.: Транспорт, 1973. - 264 с.
5. Chowdhury, Arif and Button, Joe. A Review of Warm Mix Asphalt. Texas Transportation Institute. Springfield, Virginia : National Technical Information Service, December 2008. Technical report.
6. D'Angelo, John, et al. Warm-Mix Asphalt: European Practise. American Trade Initiatives. Washington, DC : U.S. Department of Transportation, February 2008.
7. ДСТУ Б В.2.7-89-99 Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього будівництва. Методи випробувань.
8. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.

Рецензенти:

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Мозговий В.В., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.

Mozhovi V.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **15.12.2016 р.**