https://doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.107

УДК 691.16

Копинець І. В., *https://orcid.org/0000-0002-0908-4795*
Соколова О. Б., *https://orcid.org/0000-0003-4202-8661*
Соколов О. В., *https://orcid.org/0000-0002-4694-9647*
Юнак А. Л., *https://orcid.org/0000-0002-5294-5554*

Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»), м. Київ, Україна

ВПЛИВ ДОБАВОК НА ОСНОВІ СИНТЕТИЧНИХ ВОСКІВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БІТУМІВ

Анотація

Вступ. Встановлено, що за рахунок використання добавок на основі синтетичних восків можна знизити технологічні температури виробництва асфальтобетонних сумішей, а також зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище та витрати палива на їх виробництво.

Проблематика. Роботу присвячено проблемі підвищення теплостійкості бітуму та зниженню технологічних температур виробництва асфальтобетонних сумішей.

Мета. Установлення залежності впливу вмісту добавки на основі синтетичних восків на теплостійкість бітуму та його технологічні властивості.

Матеріали та методи. Як об'єкти дослідження було прийнято бітум нафтовий дорожній в'язкий марки БНД 60/90 (вихідний), бітум, модифікований 1,0 %, 2,0 % та 3,0 % добавки на основі синтетичних восків, та еквіпенетраційний бітум марки БНД 40/60 з пенетрацією близькою до пенетрації бітуму, модифікованого 3,0 % добавки на основі синтетичних восків. Для встановлення теплостійкості бітумів визначали їх температуру розм'якшеності за кільцем і кулею, еквіпенетраційну температуру розм'якшеності та динамічну в'язкість за температури розм'якшеності за кільцем і кулею. Для встановлення технологічних властивостей бітумів на основі залежності в'язкості бітумів від температури визначали температури змішування бітуму з мінеральним матеріалом під час виробництва асфальтобетонних сумішей та температури початку їх ущільнення.

Результати. Досліджено вплив вмісту добавки на основі синтетичних восків на експлуатаційні та технологічні властивості бітумів. Встановлено, що добавка на основі синтетичних восків підвищує теплостійкість бітуму за температурою розм'якшеності за кільцем і кулею та динамічною в'язкістю за температури розм'якшеності за кільцем і кулею. При цьому еквіпенетраційна температура розм'якшеності не змінюється. Також відбувається зниження динамічної в'язкості бітуму за технологічних температур.

Висновки. Експериментальними дослідженнями доведено можливість підвищення теплостійкості бітумів за рахунок використання добавки на основі синтетичних восків та можливість зниження технологічних температур виробництва та ущільнення асфальтобетонних сумішей на (25 – 30) °С (у порівнянні з технологічними температурами виробництва та ущільнення асфальтобетонних сумішей на еквіпенетраційному бітумі).

Ключові слова: асфальтобетонна суміш, бітум, добавка на основі синтетичного воску, теплостійкість, технологічні температури.

Вступ

Гарячі асфальтобетонні суміші виробляють з використанням бітумів нафтових дорожніх в'язких за високих технологічних температур. Діапазон температури нагрівання мінеральних матеріалів становить від 165 °С до 185 °С, бітуму – від 135 °С до 165 °С, а ущільнення асфальтобетонних сумішей виконують за температури від 135 °С до 155 °С [1].

Нагрівання мінеральних матеріалів супроводжується значними викидами шкідливих речовин в навколишнє середовище, що погіршує екологічне становище, а також витратою палива для їх нагрівання.

З метою зменшення впливу на навколишнє середовище розповсюдження набуло використання теплих технологій виробництва асфальтобетонних сумішей на основі в'язких бітумів [2]. Ці технології можна класифікувати за трьома типами [3]:

– технологія першого типу заснована на використанні води (спінюванні) та може бути поділена на два підтипи, а саме: технологія, в якій використовують воду в рідкому стані або пару, і технологія, в якій використовують речовини, що під час нагрівання розкладаються з виділенням води.

– технологія другого типу заснована на використанні спеціальних хімічних добавок, що знижують поверхневий натяг бітуму, поліпшуючи обволікання, зручність укладання та ущільнення асфальтобетонних сумішей.

– технологія третього типу заснована на використанні добавок на основі синтетичних восків, що знижують в'язкість бітуму за технологічних температур і, тим самим, дозволяють знизити температури виробництва асфальтобетонних сумішей. Згідно з [4, 5, 6, 7] використання різного вмісту добавок на основі синтетичних восків також дозволяє значно підвищити теплостійкість бітумів, при цьому може відбуватися підвищення їх жорсткості за низьких температур [6, 7].

Враховуючи те, що технологія виробництва бітумів в Україні суттєво відрізняється від технології їх виробництва в країнах Західної Європи та США, і відповідно є значна різниця і у властивостях бітумів, необхідно встановити залежність впливу вмісту добавки на основі синтетичних восків на теплостійкість бітуму вітчизняного виробництва та його технологічні властивості.

Основна частина

Для встановлення теплостійкості бітумів визначено їх температуру розм'якшеності за кільцем і кулею згідно з ДСТУ EN 1426 [8], еквіпенетраційну температуру розм'якшеності та динамічну в'язкість за температури розм'якшеності за кільцем і кулею згідно з ДСТУ EN 13302 [9].

Для встановлення технологічних властивостей бітумів на основі залежності в'язкості бітумів від температури визначено температури змішування бітуму з мінеральним матеріалом під час виробництва асфальтобетонних сумішей та температури початку їх ущільнення згідно з [10].

Для дослідження було прийнято бітум нафтовий дорожній в'язкий марки БНД 60/90 згідно з ДСТУ 4044 [11] (вихідний), бітум, модифікований 1,0 %, 2,0 % та 3,0 % добавки на основі синтетичного воску, та еквіпенетраційний бітум марки БНД 40/60 згідно з ДСТУ 4044 [11] з пенетрацією, близькою до пенетрації бітуму, модифікованого 3,0 % добавки на основі синтетичного воску.

Під час модифікації добавку на основі синтетичного воску вводили в бітум, розігрітий до температури (155 – 160) °С, при постійному механічному перемішуванні з наступним перемішуванням бітуму з добавкою впродовж 60 хв.

Результати досліджень наведено в таблиці 1 та таблиці 2.

Результати випробувань свідчать про те, що при введенні в бітум від 1,0 % до 3,0 % добавки на основі синтетичного воску має місце зростання його в'язкості. Пенетрація бітуму марки БНД 60/90 за температури 25 °С при введенні 1,0 % добавки на основі синтетичного воску знижується в 1,32 рази (з 74 × 0,1 мм до 56,0 × 0,1 мм). Збільшення вмісту добавки супроводжується подальшим зниженням пенетрації: при 2,0 % добавки на основі синтетичного воску - в 1,37 рази (з 74 × 0,1 мм до 54 × 0,1 мм), при 3,0 % добавки на основі синтетичного воску - в 1,45 рази (з 74 × 0,1 мм до 51 × 0,1 мм). Таким чином, під час модифікації бітуму марки БНД 60/90 добавкою на основі синтетичного воску відбувається його перехід в бітум більш в'язкої марки із значенням пенетрації від 40 × 0,1 мм до 60 × 0,1 мм, тобто в'язкість бітуму змінюється на одну марку.

Таблиця 1

Результати визначення впливу добавки на основі синтетичного воску на теплостійкість бітуму

Назва показника, одиниця вимірювання	Результати випробувань бітуму				
	марки БНД 60/90	марки БНД 40/60	модифікованого добавкою на основі синтетичного воску, %		
			1,0	2,0	3,0
Глибина проникності голки (пенетрація), за температури 25 °С, 0,1 мм	74	49	56	54	51
Температура розм'якшеності за кільцем і кулею, °С	50,0	55	51,5	64,5	95,7
Еквіпенетраційна температура розм'якшеності, °С	47	54	47	47	48
Динамічна в'язкість за температури розм'якшеності, Па · с	2600	2830	3200	3410	4800

Таблиця 2

Результати визначення впливу добавки на основі синтетичного воску на технологічні властивості бітуму

Назва показника, одиниця вимірювання	Результати випробувань бітуму				
	марки БНД 60/90	марки БНД 40/60	модифікованого добавкою на основі синтетичного воску, %		
			1,0	2,0	3,0
Динамічна в'язкість за температури135 °С, Па · с	0,631	0,854	0,613	0,528	0,496
Динамічна в'язкість за температури160 °С, Па · с	0,204	0,422	0,198	0,176	0,168
Температура змішування бітуму з мінеральним матеріалом, °С	161,5 – 167,0	188,0 – 196,0	161,0 – 166,0	158,0 – 163,5	157,0 – 162,5
Температура початку ущільнення асфальтобетонних сумішей, °С	150,5 – 155,5	171,0 – 178,0	150,0 – 155,0	147,0 – 152,0	146,0 – 151,0

Одночасно із зростання в'язкості відбувається підвищення температури розм'якшеності бітуму за кільцем і кулею. При введенні 1,0 % добавки на основі синтетичного воску в бітум марки БНД 60/90 температура розм'якшеності зростає на 1,5 ºС. Збільшення вмісту добавки призводить до інтенсивнішого зростання температури розм'якшеності. Так, при вмісті 2,0 % добавки на основі синтетичного воску температура розм'якшеності бітуму зростає на 14,5 ºС (до 64,5 ºС), а при вмісті 3,0 % добавки на основі синтетичного воску– на 45,7 ºС (до 95,7 ºС). Дані результати свідчать про те, що вже при введенні 2,0 % добавки відбувається значне зростання теплостійкості бітуму.

Однак до зовсім протилежних висновків можна прийти, оцінюючи результати визначення еквіпенетраційної температури розм'якшеності (температури, за якої пенетрація бітуму становить 800 × 0,1 мм). Дані результати свідчать про те, що добавка на основі синтетичного воску не впливає на теплостійкість бітуму, оскільки значення еквіпенетраційної температури розм'якшеності модифікованих бітумів є аналогічними еквіпенетраційній температурі розм'якшеності вихідного бітуму марки БНД 60/90. В той же час теплостійкість модифікованого бітуму за даним показником є меншою за теплостійкість бітуму марки БНД 40/60 ((47 – 48) ºС проти 54 ºС).

Для бітумів марки БНД 60/90 та марки БНД 40/60 різниця між температурою розм'якшеності за кільцем і кулею та еквіпенетраційною температурою розм'якшеності є незначною (3,0 °С та 1,0 °С). В той же час для модифікованих бітумів ця різниця становить 4,5 °С, 17,5 °С та 48,7 °С.

Результати визначення динамічної в'язкості бітуму за температури розм'якшеності за кільцем і кулею вказують на те, що зі збільшенням вмісту добавки динамічна в'язкість зростає. За температури розм'якшеності за кільцем і кулею бітум, модифікований добавкою на основі синтетичного воску, має вищу динамічну в'язкість, ніж бітуми марки БНД 60/90 та БНД 40/60, при цьому в першому випадку температура проведення випробування є значно вищою.

Технологічні властивості бітумів характеризують за значенням їх динамічної в'язкості. Так, згідно з [10] за температуру змішування бітуму з мінеральним матеріалом приймають температуру, за якої динамічна в'язкість бітуму становить (0,17 ± 0,02) Па·с, а за температуру початку ущільнення – температуру, за якої динамічна в'язкість бітуму становить (0,28 ± 0,03) Па·с.

Під час модифікації бітуму добавкою на основі синтетичного воску, незважаючи на зниження пенетрації бітуму, відбувається зниження його динамічної в'язкості за температури 135 °С та 160 °С (рисунок 1).

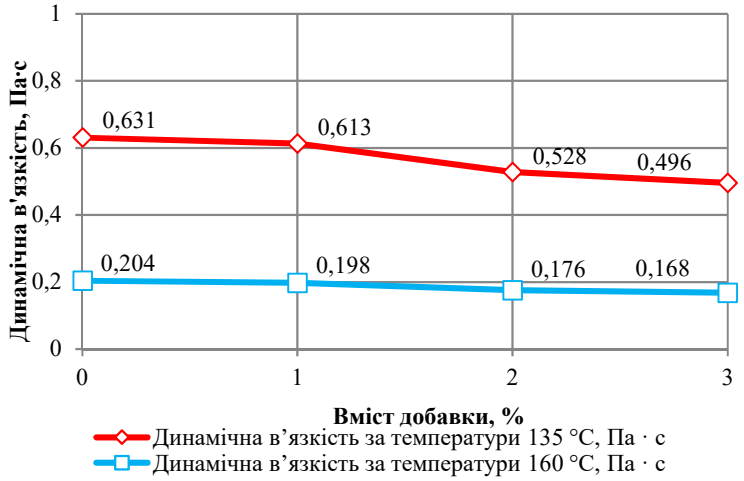

Рисунок 1 – Вплив добавки на основі синтетичного воску на динамічну в'язкість бітуму

Тобто бітуми, модифіковані добавкою на основі синтетичного воску, при менших значеннях пенетрації за температури 25 °С (більшій в'язкості за помірних температур експлуатації) мають меншу в'язкість за технологічних температур. Порівнюючи динамічну в'язкість за технологічних температур бітумів, що мають близькі значення пенетрації (марки БНД 40/60 та марки БНД 60/90, модифікованого 3,0 % добавки на основі синтетичного воску), бачимо, що динамічна в'язкість модифікованого бітуму за температури 135 °С та 160 °С є в 1,72 рази та в 2,51 рази, відповідно, меншою за динамічну в'язкість немодифікованого бітуму (рис. 2).

Оскільки добавка на основі синтетичного воску знижує динамічну в'язкість бітуму за технологічних температур, то вона також буде впливати на технологічні температури виробництва та ущільнення асфальтобетонних сумішей. Для встановлення цього було побудовано залежність динамічної в'язкості від температури для кожного досліджуваного бітуму (рис. 3 – 7).

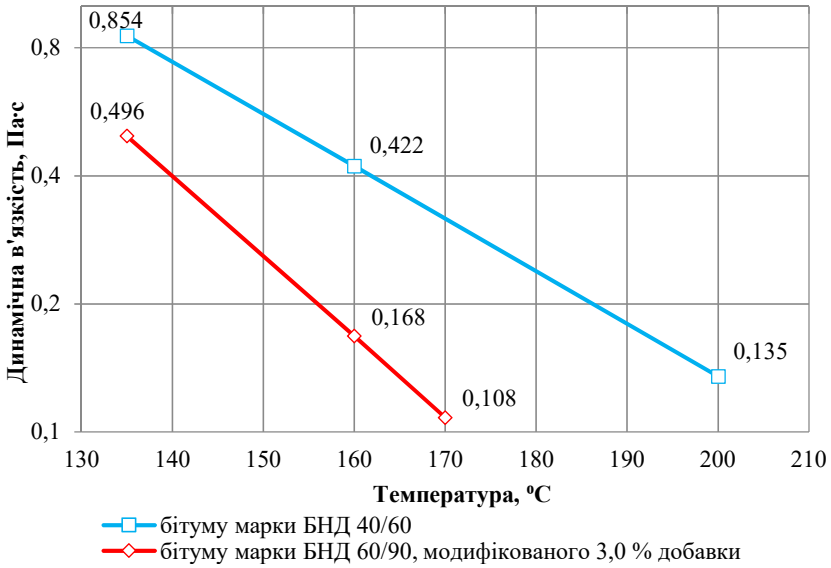

Рисунок 2 – Залежність динамічної в'язкості еквіпенетраційних бітумів від температури

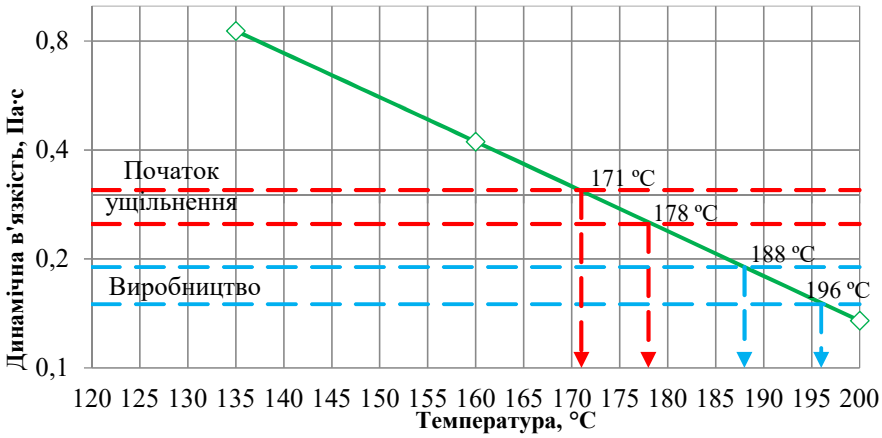

Рисунок 3 – Встановлення технологічних температур виробництва та початку ущільнення асфальтобетонних сумішей для бітуму марки БНД 40/60

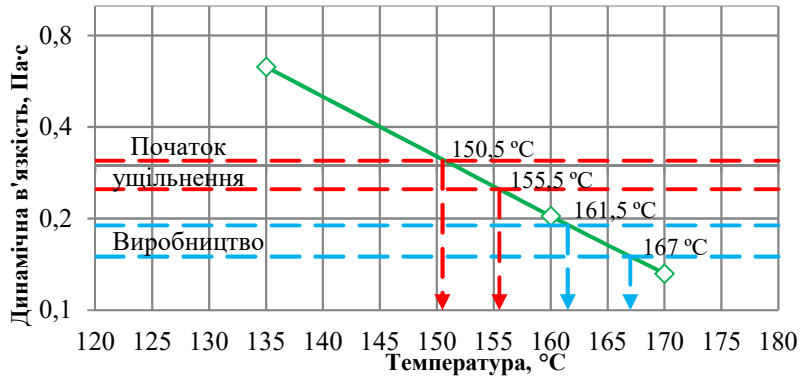

Рисунок 4 – Встановлення технологічних температур виробництва та початку ущільнення асфальтобетонних сумішей для бітуму марки БНД 60/90

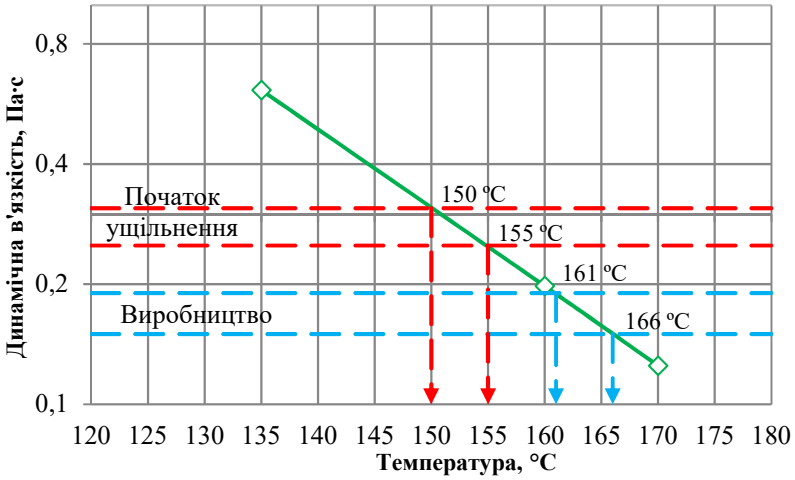

Рисунок 5 – Встановлення технологічних температур виробництва та початку ущільнення асфальтобетонних сумішей для бітуму марки БНД 60/90, модифікованого 1,0 % добавки на основі синтетичного воску

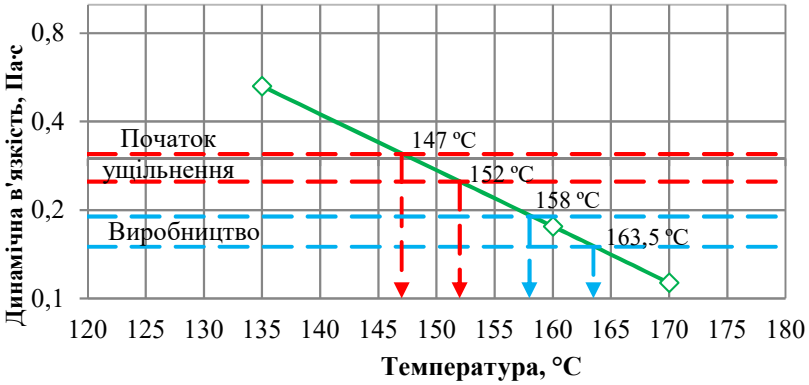

Рисунок 6 – Встановлення технологічних температур виробництва та початку ущільнення асфальтобетонних сумішей для бітуму марки БНД 60/90, модифікованого 2,0 % добавки на основі синтетичного воску

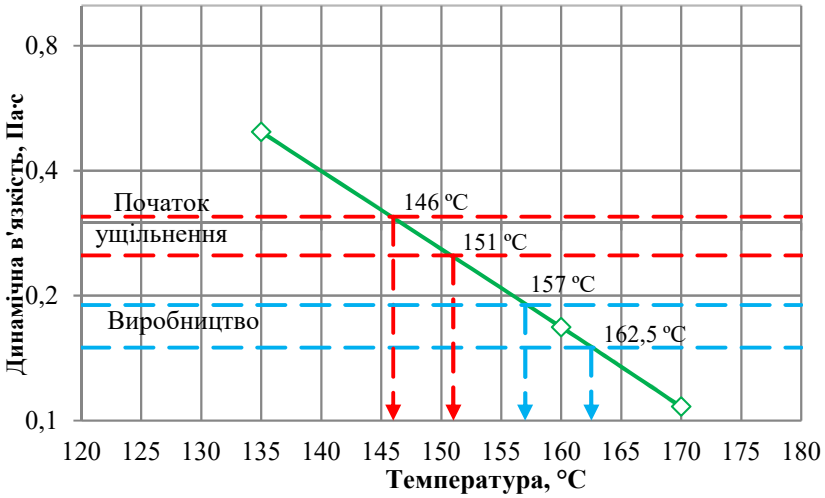

Рисунок 7 – Встановлення технологічних температур виробництва та початку ущільнення асфальтобетонних сумішей для бітуму марки БНД 60/90, модифікованого 3,0 % добавки на основі синтетичного воску

Установлені температури виробництва та ущільнення асфальтобетонних сумішей для бітумів марки БНД 60/90 та БНД 40/60 є вищими за відповідні температури, встановлені в таблиці 12 ДСТУ Б В.2.7-119 [1]. Так, установлений необхідний діапазон температури нагрівання бітуму марки БНД 60/90 становить від 161,5 °С до 167 °С, а діапазон температури нагрівання бітуму згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 становить від 140 °С до 155 °С, а для бітуму марки БНД 40/60 діапазон температури нагрівання бітуму становить від 188 °С до 196 °С та від 145 °С до 165 °С, відповідно. Відповідні дані отримуємо для діапазону температур, за яких треба розпочинати ущільнювати асфальтобетонні суміші.

Використання добавки на основі синтетичного воску в кількості 1,0 %, 2,0 % та 3,0 % дає можливість знизити температуру виробництва асфальтобетонних сумішей в порівнянні з вихідним бітумом марки БНД 60/90 в середньому на 1,0 °С, 3,5 °С та 4,5 °С, відповідно. Враховуючи, що діапазон температури нагрівання бітуму марки БНД 60/90 під час виробництва асфальтобетонних сумішей становить 5,5 °С, то фактично температури нагрівання бітуму, модифікованого добавкою на основі синтетичного воску, входять в діапазон температур нагрівання вихідного бітуму. Це ж стосується і температури початку ущільнення асфальтобетонних сумішей.

Під час порівняння технологічних властивостей еквіпенетраційних бітумів установлено, що потрібна температура нагрівання бітуму марки БНД 60/90, модифікованого 3,0 % добавкою на основі синтетичного воску, (пенетрація за температури 25 °С становить 51 × 0,1 мм) є більше ніж на 30 °С нижчою за відповідну температуру для бітуму марки БНД 40/60 (пенетрація за температури 25 °С становить 49 × 0,1 мм). Для температури початку ущільнення ця різниця становить близько 25 °С.

Висновки

Виконані дослідження показали наступне:

1. Добавки на основі синтетичних восків підвищують в'язкість бітуму за помірних (за значенням пенетрації за температури 25 °С) та за високих температур експлуатації (за значенням динамічної в'язкості за температури розм'якшеності за кільцем і кулею). При цьому еквіпенетраційна температура розм'якшеності практично не змінюється.

2. Введення в бітум добавки на основі синтетичних восків призводить до незначного зниження їх динамічної в'язкості за технологічних температур. Під час модифікації бітуму 3,0 % добавки на основі синтетичних восків технологічні температури виробництва та ущільнення асфальтобетонних сумішей можуть бути на (25 – 30) °С нижчими за відповідні температури для бітуму з близьким значенням пенетрації.

3. Оскільки встановлені температури виробництва та ущільнення асфальтобетонних сумішей є значно вищими за відповідні температури згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [1] та зважаючи на прийняття нового маркування бітуму за значенням пенетрації, виникає критична необхідність в проведенні досліджень з уточнення технологічних температур виробництва та ущільнення асфальтобетонних сумішей та їх впливу на властивості асфальтобетонів.

Список літератури

1. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови. Київ, 2012. 43 с. (Інформація та документація).

2. Радовский Б. С. Технология нового теплого асфальтобетона в США. *Дорожная техника*. Санкт-Петербург, 2008. С. 24-28. URL: https://bitumen.globecore.ru/wp-content/uploads/sites/5/2015/08/tehnologia_tverdogo_asfaltobetona.pdf (дата звернення: 05.03.2019).

3. John D'Angelo, Eric Harm, John Bartoszek, etal. Warm-Mix Asphalt: European Practise. Report N: FHWA-PL-08-007. Washington, 2008. 72 p. URL: https://international.fhwa.dot.gov/pubs/pl08007/pl08007.pdf (дата звернення: 05.03.2019).

4. Diana Simnofske, Konrad Mollenhauer. Effect of wax crystallization on complex modulus of modified bitumen after varied temperature conditioning rates. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2017. Vol. 236. DOI:10.1088/1757-899X/236/1/012003.

5. Eva Remišová, Michal Holý. Changes of Properties of Bitumen Binders by Additives Application. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2017. Vol. 245. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/245/3/032003 (дата звернення: 05.03.2019).

6. Mohsen Aboutalebi Esfahani, Majid Harooni Jamaloei, Mohammad Filvan Torkaman. Rheological and Mechanical Properties of Bitumen Modified with Sasobit, Polyethylene, Paraffin, and Their Mixture. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2019. Vol. 31. 7. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002664 (дата звернення: 05.03.2019).

7. Solouki, A., Muniandy, R., Hassim, S., Kheradmand, B. (2015). Rheological property investigation of various Sasobit-modified bitumen. *Petroleum Science and Technology.* Vol. 33. 7. P. 773-779. DOI: https://doi.org/10.1080/10916466.2015.1010040 (дата звернення: 05.03.2019).

8. ДСТУ EN 1427:2018 (EN 1427:2015, IDT) Бітум та бітумні в'яжучі. Визначення температури розм'якшеності за методом кільця і кулі. Київ, 2019. 20 с. (Інформація та документація).

9. ДСТУ EN 13302:2019 (EN 13302:2018, IDT) Бітум та бітумні в'яжучі. Визначення динамічної в'язкості бітумного в'яжучого з використанням ротаційного віскозиметра Київ, 2019. 23 с. (Інформація та документація).

10. STANDARD by ASTM International (ASTM D2493 - D2493M-16) Standard Practice for Viscosity-Temperature Chart for Asphalt Binders. 2016. 5 p.

11. ДСТУ 4044-2001 Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови. Київ, 2001. 32 с. (Інформація та документація).

REFERENCES

1. National standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-119:2011) Asphaltic concrete mixtures, road and aerodromes asphaltic concrete specifications. Kyiv, 2012. P. 43. (Information and documentation) [in Ukrainian].

2. Radovskyi B. S. Tekhnolohyia novoho teploho asfaltobetona v SShA (New warm asphalt concrete technology in the USA). *Dorozhnaia tekhnyka.* St. Petersburg, 2008. P. 24-28. URL: https://bitumen.globecore.ru/wp-content/uploads/sites/5/2015/08/tehnologia_tverdogo_asfaltobetona.pdf (Last accessed: 05.03.2019) [in Russian].

3. John D'Angelo, Eric Harm, John Bartoszek, etal. Warm-Mix Asphalt: European Practise. Report N: FHWA-PL-08-007. Washington, 2008. 72. p. URL: https://international.fhwa.dot.gov/pubs/pl08007/pl08007.pdf (Last accessed: 05.03.2019) [in English].

4. Diana Simnofske, Konrad Mollenhauer. Effect of wax crystallization on complex modulus of modified bitumen after varied temperature conditioning rates. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2017. Vol. 236. DOI:10.1088/1757-899X/236/1/012003. [in English].

5. Eva Remišová, Michal Holý. Changes of Properties of Bitumen Binders by Additives Application. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2017. Vol. 245. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/245/3/032003 (Last accessed: 05.03.2019) [in English].

6. Mohsen Aboutalebi Esfahani, Majid Harooni Jamaloei, Mohammad Filvan Torkaman. Rheological and Mechanical Properties of Bitumen Modified with Sasobit, Polyethylene, Paraffin, and Their Mixture. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2019. Vol. 31. 7. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002664 (Last accessed: 05.03.2019) [in English].

7. Solouki, A., Muniandy, R., Hassim, S., Kheradmand, B. (2015). Rheological property investigation of various Sasobit-modified bitumen. *Petroleum Science and Technology.* Vol. 33. 7. P. 773-779. DOI: https://doi.org/10.1080/10916466.2015.1010040 (Last accessed: 05.03.2019) [in English].

8. National standard of Ukraine (DSTU EN 1427:2018 (EN 1427:2015, IDT)) Bitumen and bituminous binders. Determination of softening point by ring and ball method. Kyiv, 2019. 20 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

9. National standard of Ukraine (DSTU EN 13302:2019 (EN 13302:2018, IDT)) Bitumen and bituminous binders. Determination of dynamic viscosity of bituminous binder using a rotating spindle apparatus. Kyiv, 2019. (Information and documentation) 23 p. [in Ukrainian].

10. STANDARD by ASTM International (ASTM D2493 - D2493M-16) Standard Practice for Viscosity-Temperature Chart for Asphalt Binders. 2016. 5 p. [in English].

11. National standard of Ukraine (DSTU 4044-2001) Viscous petroleum road bitumens. Specifications. Kyiv, 2001. 15 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

Ivan Kopynets, *https://orcid.org/0000-0002-0908-4795*
Oksana Sokolova, *https://orcid.org/0000-0003-4202-8661*
Oleksii Sokolov, *https://orcid.org/0000-0002-4694-9647*
Alina Yunak, *https://orcid.org/0000-0002-5294-5554*
M.P. Shulgin State Road Research institute State Enterprise – DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine

IMPACT OF ADDITIVES BASED ON SYNTHETIC WAXES ON THE OPERATIONAL AND PROCESSING CHARACTERISTICS OF BITUMEN

Abstract

Introduction. It is established that due to the use of synthetic wax additives, it is possible to reduce the process temperatures of asphalt mix production, as well as to reduce the harmful effects on the environment and fuel consumption on their production.

Problem statement. The work is devoted to the problem of increasing the heat resistance of bitumen and reducing the process temperatures of asphalt mixes production.

Objective. Determination of the dependence of the content of the additive based on synthetic waxes on the heat resistance of bitumen and its processing properties.

Materials and methods. As the objects of the study of oil paving viscous bitumen of BND 60/90 grade (initial), modified with 1,0 %, 2,0 % and 3,0 % synthetic wax additives, and equi-penetration bitumen of BND 40/60 grade with the penetration value which is close to the bitumen penetration modified with 3.0 % of synthetic wax additive were taken. To determine the heat resistance of the bitumen, its softening point was determined by the ring and ball method, the equi-penetration softening point and the dynamic viscosity at the softening point was also determined by the ring and ball method. To determine the processing properties of bitumen on the basis of the dependence of the bitumen viscosity on the temperature, the mixing temperatures of bitumen and aggregates during the production of asphalt mixes and the temperature of the beginning of their compaction were determined.

Results. The influence of the additive content on the basis of synthetic waxes on the operational and processing properties of bitumen is investigated. It was established that the additive based on synthetic wax increases the heat resistance of bitumen at the softening point by the ring and ball method and the dynamic viscosity at the softening point by the ring and the ball method. In this case, the equi-penetration temperature of softening is not changed. There is also a decrease in the dynamic viscosity of bitumen at the process temperatures.

Conclusions Experimental research has proved the possibility of increasing the heat resistance of bitumen by using the additive based on synthetic waxes and the possibility of reducing the process temperatures of production and compaction of asphalt mixes at (25-30 °C) (in comparison with the process temperatures of production and compaction of asphalt mixes on based on the equi-penetration bitumen).

Key words: asphalt mix, bitumen, synthetic wax additive, heat resistance, process temperatures.