

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЛЬНИХ ДОМІШОК НА ПОКАЗНИК ЗЧЕПЛЮВАНОСТІ БІТУМУ З МІНЕРАЛЬНОЮ ПОВЕРХНЕЮ

Жданюк В. К., Тетера В. С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Досліджено вплив енергозберігальних домішок *Evotherm* та *Lowtherm* на адгезійні властивості в'язкого дорожнього бітуму. Порівняльний аналіз адгезійних властивостей вихідного бітуму та бітуму з енергозберігальними домішками, а також з катіонною ПАР здійснювали за показником зчеплюваності плівки бітуму з поверхнею зерен гранітного щебеню, показником зчеплюваності плівки бітуму з поверхнею скляних пластин і показником адгезійної активності модифікованого домішками бітуму. Визначено, що додавання до дорожнього бітуму енергозберігальних домішок сприяє покращенню його адгезійних властивостей. Серед досліджених енергозберігальних домішок більше значення показника зчеплюваності бітуму з мінеральними поверхнями та показника адгезійної активності властиве домішці *Evotherm*. Зазначено, що найбільшу величину показника адгезійної активності бітуму з катіоноактивною ПАР *Wetfix* має бітум з досліджуваними енергозберігальними домішками.

Ключові слова: автомобільна дорога, дорожній одяг, шар покриття, довговічність, асфальтобетон, тривала водостійкість, нафтовий дорожній бітум, поверхнево-активна речовина, енергозберігальна домішка, адгезія, адгезійна активність, показник зчеплюваності бітуму з мінеральною поверхнею.

Вступ

В умовах збільшення навантажень на вісь транспортних засобів до асфальтобетонних шарів у нежорстких дорожніх одягах автомобільних доріг висувають підвищені вимоги, зокрема до їхньої міцності та колієстійкості. У процесі експлуатації автомобільної дороги асфальтобетонне покриття дорожнього одягу також сприймає руйнівний вплив води як одного із основних факторів зовнішнього середовища.

За достатньої міцності та колієстійкості асфальтобетонів у шарах дорожнього одягу до них висувається також вимога щодо підвищеної тривалої водостійкості в умовах експлуатаційного утримання дорожніх одягів. Очевидно, що за високої тривалої водостійкості асфальтобетонним шарам дорожнього одягу буде також властива підвищена морозостійкість, оскільки між цими показниками існує певна кореляція.

Забезпечення високих показників тривалої водостійкості асфальтобетонів у шарах дорожнього одягу досягається за умови використання дорожніх бітумів підвищеної адгезійної активності у співвідношенні до поверхні мінеральних складників асфальтобетонної суміші.

Створення умов для міцного зчеплення бітумних плівок із поверхнею мінеральних зерен є важливою передумовою забезпечення асфальтобетону в шарі покриття дорожнього одягу підвищеної довговічності за критерієм тривалої водостійкості.

Недостатня адгезійна активність дорожнього бітуму щодо поверхні мінеральних складників асфальтобетонної суміші є переважною причиною передчасного руйнування асфальтобетону в шарі покриття під впливом вологи. Початковою ознакою руйнування асфальтобетонного покриття під впливом тривалої дії води та механічних навантажень від

транспортних засобів є вилушування з його поверхні окремих зерен мінерального матеріалу, що з часом призводить до утворення локальних вибоїн.

Аналіз публікацій

Відомо [1], що властивості дорожнього бітуму як складника асфальтобетонної суміші є превалюючими в забезпеченні довговічності асфальтобетонного шару покриття, влаштованого з її використанням. Тому значна кількість дослідницьких робіт направлена на розроблення способів покращення властивостей дорожніх бітумів [2–8]. Один із основних напрямів досліджень присвячений удосконаленню технології приготування дорожніх бітумів способом регулювання складу та властивостей вихідної сировини та технологічних режимів, яка традиційно реалізується на нафтопереробних заводах. Інший напрям досліджень присвячений технології покращення якості готових дорожніх бітумів додаванням до їхнього складу речовин різного функціонального призначення, що реалізується переважно на асфальтобетонних заводах або спеціалізованих бітумних базах.

Відомо також [9], що тривала водостійкість асфальтобетону залежить від особливостей процесів взаємодії бітуму з поверхнею мінеральних складників різної дисперсності та генезису. Під час приготування асфальтобетонної суміші на межі поділу фаз бітум-мінеральний матеріал відбуваються процеси змочування бітумом поверхні мінеральних складників та адсорбції молекул бітуму на активних центрах мінеральної поверхні. Технологією приготування асфальтобетонної суміші передбачено, що дорожній бітум повністю змочує поверхню мінеральних складників і завдяки адсорбційним процесам формує суцільну структуровану плівку на зернах кам'яних матеріалів. Процеси змочування й адсорбції є головними для забезпечення прилипання плівки бітуму до поверхні мінеральних складників асфальтобетонної суміші.

Серед домішок, які покращують прилипання бітуму до поверхні мінеральних складників асфальтобетонної суміші, а отже, і тривалу водостійкість асфальтобетонів, на сьогодні найбільше розповсюджені поверхнево-активні речовини (ПАР). В Україні для влаштування шарів покриття нежорсткого дорожнього одягу традиційно застосовують асфальтобетонні суміші із мінеральними складниками (кам'яні матеріали із кислих гірських порід). Як відомо, саме на поверхні мінеральних матеріалів із кислих гірських порід бітумна плівка має менший опір відшарувальній дії води, як порівняти з мінеральними матеріалами із карбонатних (основних) гірських порід. Під час досліджень визначено [9], що кам'яним матеріалам із кислих гірських порід властива більша площа негативно зарядженої поверхні. Тому для збільшення міцності зчеплення бітумної плівки з їхньою поверхнею до складу бітуму додають ПАР катіонної дії. Зі збільшенням міцності зчеплення бітумної плівки з поверхнею мінерального матеріалу збільшується опір бітумної плівки відшарувальній дії води.

Після додавання до бітуму катіоноактивної ПАР його поверхневий натяг зменшується, оскільки поверхневий натяг ПАР менший за натяг бітуму. У речовини з меншим поверхневим натягом (ПАР) взаємодія між молекулами завжди менша за взаємодію між молекулами її розчинника (бітум), тому завдяки кінетичній енергії теплового руху вони виштовхуються із об'єму бітуму на його поверхню. Притаманна молекулам ПАР здатність накопичуватись у поверхневому шарі бітуму призводить до зменшення сил міжмолекулярної взаємодії, що позначається на зменшенні поверхневого натягу бітуму та сприяє покращенню процесів розтікання й змочування ним поверхні мінеральних складників асфальтобетонної суміші. Змочування кислотої мінеральної поверхні бітумом супроводжується фізичною адсорбцією на ній молекул ПАР і бітуму. Фізична адсорбція відбувається за-

вдяки фізичним силам взаємодії [10]. Наявні на поверхні мінеральних складників активні центри утворюють силове поле, яке сприяє адсорбції молекул ПАР і бітуму.

Протягом останніх десятиліть створені також аміновміщувальні енергозберігальні домішки, які за механізмом впливу на бітум подібні на ПАР. Енергозберігальні домішки за своїм функціональним призначенням забезпечують зниження технологічних температур приготування й ущільнення асфальтобетонних сумішей. За наявності енергозберігальних і поверхнево-активних речовин різних виробників на ринку модифікувальних домішок можливо очікувати й різну їхню ефективність щодо впливу на адгезійну активність кінцевого продукту. Тому на етапі вибору модифікувальних домішок до бітуму важливо здійснити порівняльний аналіз їхньої здатності збільшувати показник зчеплюваності плівок бітуму з мінеральною поверхнею. На сьогодні чинні державні стандарти щодо методів випробувань забезпечують можливість визначення показника зчеплюваності плівки бітуму як з поверхнею зерен крупного заповнювача (щебеню) [11], так і з поверхнею скляних пластин або ж пластин, вирізаних з кам'яного матеріалу, згідно з [12]. За величиною визначеного показника зчеплюваності плівки бітуму з мінеральною поверхнею можливо спрогнозувати тривалу водостійкість асфальтобетону на етапі проектування його складу.

Мета та постановка задачі

Додавання до бітуму адгезійної домішки як нового складника здійснюється з метою покращення процесу прилипання бітумної плівки до поверхні мінеральних складників асфальтобетонної суміші, а отже, і підвищення тривалої водостійкості та морозостійкості асфальтобетону. За функціональним призначенням енергозберігальна домішка до бітуму традиційно має забезпечувати зниження технологічних температур приготування асфальтобетонної суміші та покращувати її ущіль-

неність під час влаштування шару дорожнього одягу. Проте на сьогодні вплив енергозберігальних домішок на адгезійну активність дорожніх бітумів залишається недостатньо вивченим. Наявність на ринку енергозберігальних домішок, що реалізуються представниками різних виробників, ускладнює вибір серед них найбільш ефективною не тільки за показником енергоощадності, але й за показником зчеплюваності з поверхнею мінерального матеріалу та показником адгезійної активності.

Метою роботи є порівняльні дослідження здатності катіонних ПАР та енергозберігальних домішок покращувати адгезійні властивості дорожніх бітумів.

Виклад основного матеріалу

Експериментальні дослідження здійснювали з використанням нафтового дорожнього бітуму марки БНД 70/100 (основні властивості бітуму наведені в табл. 1). Під час досліджень були використані енергозберігальні домішки Evotherm і Lowtherm. Для порівняльних досліджень використовували також катіоноактивну адгезійну домішку Wetfix. Концентрація досліджуваних домішок була вибрана згідно з технологічними рекомендаціями їхніх виробників, а саме: 0,3 % ПАР Wetfix та 0,4 % енергозберігальних домішок Evotherm і Lowtherm від маси бітуму. Модифікацію бітуму за додавання досліджуваних домішок здійснювали перемішуванням за температури 150 °С. Аналіз адгезійних властивостей вихідного бітуму та бітуму з досліджуваними домішками здійснювали за показником зчеплюваності плівки бітуму з поверхнею зерен щебеню, а також за показником зчеплюваності плівки бітуму з поверхнею скляних пластин і показником адгезійної активності досліджуваних бітумів з ПАР та енергозберігальними домішками у їхньому складі. Показник адгезійної активності модифікованих бітумів визначали розрахунком як співвідношення величини збільшення показника зчеплюваності бітуму з поверхнею

скляних пластин до концентрації ПАР в його складі, згідно з [13].

Фотофіксація загального вигляду зразків після визначення показника зчеплюваності бітуму з поверхнею гранітних зерен щебеню за методом [11] наведена на рис. 1. Під час візуального аналізу (на якісному рівні) показника зчеплюваності плівок вихідного й модифікованих бітумів з поверхнею зерен гранітного щебеню було визначено, що досліджувані домішки покращують їхній опір відшаровувальній дії води. Найменший показник зчеплюваності з поверхнею гранітного щебеню притаманний вихідному бітуму без домішок.

Результати візуального порівняльного аналізу дозволяють констатувати, що серед

досліджуваних модифікувальних домішок найменший опір плівки бітуму відшаровувальній дії води забезпечує енергозберігальна домішка Lowtherm (0,4 % від маси бітуму), а найбільший – енергозберігальна домішка Evotherm за аналогічної концентрації у складі бітуму. Бітум з 0,3 % катіоноактивної ПАР Wetfix за показником опору відшаровувальній дії води наближається до бітуму з 0,4 % енергозберігальної домішки Evotherm. Недостатньо висока адгезія бітуму з енергозберігальною домішкою Lowtherm, як порівняти з енергозберігальною домішкою Evotherm, можливо пов'язана з різним вмістом у цих домішках амінного складника.

Таблиця 1 – Властивості вихідного бітуму та бітуму з досліджуваними домішками

№	Назва та вміст домішок у бітумі	Властивості бітумів				
		Пенетрація за температури 25 °С, мм ⁻¹	Температура розм'якшення, °С	Дуктильність за температури 25 °С, см	Показник зчеплюваності бітуму з поверхнею скляних пластин, %	Показник адгезійної активності
1	БНД 70/100	73	47	> 100	12,3	-
2	БНД 70/100+ 0,4 % Evotherm	71	47	>100	89,8	193,8
3	БНД 70/100+ 0,4 % Lowtherm	81	46,3	>100	36,5	60,5
4	БНД 70/100+ 0,3 % Wetfix	76	46,1	>100	95,1	276,0

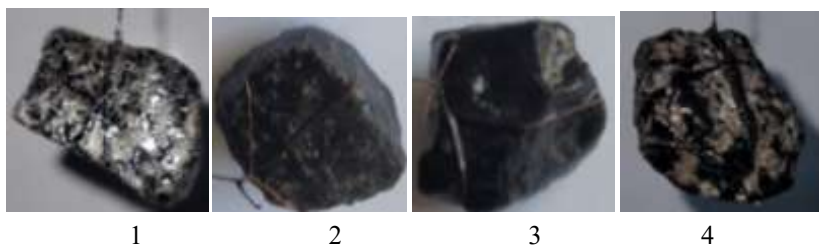


Рис. 1. Загальний вигляд зразків гранітного щебеню після випробування 1 (вихідний бітум БНД 70/100), 2 (бітум з 0,4 % Lowtherm), 3 (бітум з 0,3 % Wetfix), 4 (бітум з 0,4 % Evotherm)

Фотофіксація загального вигляду зразків після визначення показника зчеплюваності вихідного бітуму та модифікованих бітумів із поверхнею скляних пластин за методом [12] наведена на рис. 2.

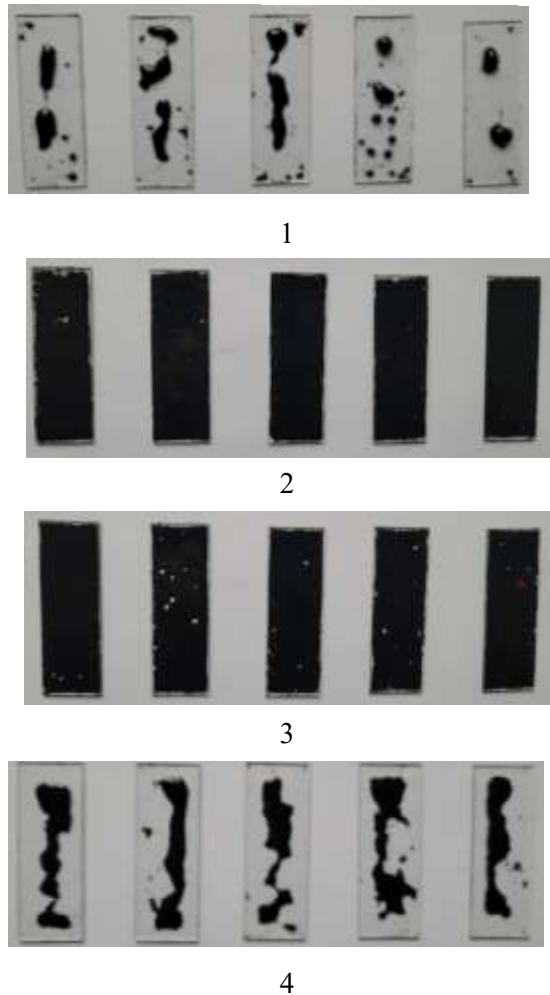


Рис. 2. Загальний вигляд зразків після випробування 1 – (вихідний бітум БНД 70/100), 2 – (бітум з 0,3 % Wetfix), 3 – (бітум з 0,4 % Evotherm), 4 – (бітум з 0,4 % Lowtherm)

Результати аналізу показників зчеплюваності бітуму з поверхнею скляних пластин на кількісному рівні занесені в таблицю 1. Аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень (рис. 2 і табл. 1) свідчить про збільшення показника зчеплюваності плівки бітуму з поверхнею скляних пластин завдяки додаванню ПАР та енергозберігальних домішок до його складу, що добре узгоджується з результатами аналізу зчеплюваності бітуму з поверхнею зерен щебеню.

Згідно з цим, найменший опір плівки бітуму відшаровувальній дії води на поверхні скляних пластин властивий вихідному бітуму (площа поверхні скляних пластин, що залишається вкритою бітумом після випробування, становить всього 12,3 %). За вмісту в складі вихідного бітуму 0,3 % катіоноактивної ПАР Wetfix показник зчеплюваності бітуму з поверхнею скляних пластин є максимальним і становить 95,1 %.

Із двох досліджуваних енергозберігальних домішок найбільший показник зчеплюваності бітуму з поверхнею скляних пластин забезпечує домішка Evotherm (89,8 %). Бітум з цією домішкою за показником зчеплюваності бітуму з поверхнею скляних пластин перевищує в 2,5 рази бітум з аналогічною концентрацією домішки Lowtherm.

Порівняльний аналіз отриманих результатів дослідження вказує на те, що додавання до складу бітуму 0,3 % ПАР Wetfix, 0,4 % енергозберігальної домішки Evotherm і 0,4 % енергозберігальної домішки Lowtherm забезпечує збільшення показника зчеплюваності бітуму з поверхнею скляних пластин, відповідно, у 7,7 рази, 7,3 рази і 3,0 рази, як порівняти з вихідним бітумом без досліджуваних домішок.

Згідно з наведеними в табл. 1 даними, найбільший показник адгезійної активності бітуму забезпечує катіоноактивна ПАР Wetfix, а найменший – енергозберігальна домішка Lowtherm.

Серед двох досліджених енергозберігальних домішок за показником адгезійної активності домішка Evotherm перевищує домішку Lowtherm у 3,2 рази.

Висновки

Основними стандартизованими критеріями вибору ефективних поверхнево-активних речовин як домішок до дорожніх бітумів є показники зчеплюваності плівки бітуму, модифікованого ПАР, з поверхнею мінеральних матеріалів та адгезійної активності. Експериментально доведено, що додавання до

складу дорожнього бітуму домішки Wetfix як катіоноактивної ПАР забезпечує покращення показника його зчеплюваності як з поверхнею гранітного щебеню, так і з поверхнею скляних пластин.

Додавання до дорожнього бітуму енергозберігальної домішки Evotherm або Lowtherm також сприяє покращенню його адгезійних властивостей. Серед енергозберігальних домішок більше значення показника зчеплюваності бітуму з мінеральними поверхнями та показника адгезійної активності забезпечує домішка Evotherm.

Під час експериментальних досліджень визначено, що за величиною показника адгезійної активності бітум з катіоноактивною ПАР Wetfix у 1,42 раза перевищує бітум з енергозберігальною домішкою Evotherm та у 4,5 рази бітум з енергозберігальною домішкою Lowtherm.

За цим самим показником енергозберігальна домішка Evotherm перевищує домішку Lowtherm у 3,2 раза. Різний рівень адгезійної активності наявних на ринку енергозберігальних домішок вимагає врахування цієї обставини на етапі проектування складу асфальтобетонних сумішей з метою забезпечення підвищених показників тривалої водостійкості асфальтобетону в шарах дорожнього одягу.

Очевидно, що за недостатньо високого показника зчеплюваності дорожнього бітуму, модифікованого енергозберігальною домішкою, з поверхнею мінеральних складників асфальтобетонної суміші до його складу доцільно додатково додавати катіоноактивну ПАР. Чим вища адгезійна активність енергозберігальної домішки, тим меншу кількість ПАР необхідно додавати до бітуму.

За умови забезпечення енергозберігальною домішкою достатньої адгезійної активності вихідному бітуму катіонну ПАР можна не застосовувати, якщо показник тривалої водостійкості асфальтобетону на його основі відповідає вимогам чинних стандартів.

Література

1. Смірнов В. М. Дослідження фізико-механічних властивостей асфальтобетона і його структурних особливостей: дис. ...канд. техн. наук: 05.23.05 . Харків, 1954. 168 с.
2. Кирилова Л. А., Четаєв П. М. Дослідження впливу поверхнево-активних речовин на структуру бітумних плівок. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 1973. Вип. 12. С. 113–116.
3. Фоменко Г. Р., Головка В. А. Підвищення властивостей асфальтобетону шляхом використання поверхнево-активної речовини БП-3. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 1980. Вип. 26. С. 73–74.
4. Печений Б. Г. Дослідження впливу кубових залишків і їх похідних на властивості бітумів в асфальтобетоні: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Харків, 1967. 268 с.
5. Космін А. В., Кудрявцева-Вальдес С. В., Степанович А. В. Підвищення водостійкості асфальтобетона с добавками поверхнево активних речовин. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів». Харків, ХНАДУ. 2010. С.202–205.
6. Жданюк В. К., Шурупова А. А. Порівняльні дослідження впливу поверхнево-активних речовин на показник зчеплення бітумів з мінеральною поверхнею. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки» Луцьк, 2014. Вип. 45. С. 188–192.
7. Мінаєв І. Т., Фарберов Е. Я., Лаврухін В. П. Нова технологія приготування бітумів. Автомобільні дороги. 1984. № 11. С. 12–13.
8. Новицька Т. А., Ізмайлова Л. С., Мацкевич В. Н. Спосіб отримання в'язучих на основі гудронів із високопарафінистої нафти. Будівництво і експлуатація автомобільних доріг і мостів. Мінськ. 1985. С. 40–43.
9. Жданюк В. К. Структуроутворення в контактній зоні як основа формування водостійкості асфальтобетонів: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05. Харків, 2000. 370 с.
10. Колоїдна хімія / М. О. Мchedлов-Петросян та ін. Харків, ХНУ. 2012. 500 с.

11. ДСТУ 8787:2018. Бітум та бітумні в'язучі. Метод визначення зчеплюваності зі щебенем.
12. ДСТУ 9169:2021. Бітум та бітумні в'язучі. Визначення зчеплюваності з мінеральним матеріалом.
13. ВБН В.2.7-219-176-2003. Будівельні матеріали. Застосування поверхнево-активних речовин в дорожніх технологіях з використанням бітумів.

Referents

1. Smirnov, V. M. Research of physical and mechanical properties of asphalt concrete and its structural features: diss. ...candidate of technical sciences: 23.05.05 . Kharkiv, 1954. 168 p.
2. Kirilova, L.A., Chetaev, P. M. (1973). Research of influence of surfactants on structure of bitumen films. Highways and road construction. Issue 12. P. 113–116.
3. Fomenko, G. R., Golovko, V. A. Improving properties of asphalt concrete by using surfactant BP-3. Highways and road construction. Issue 26. P. 73–74.
4. Pecheny, B. G. Research on the influence of vat residues and their derivatives on the properties of bitumen in asphalt concrete: diss. ...candidate of technical sciences: 23.05.05. Kharkiv, 1967. 268 p.
5. Kosmin, A. V., Kudryavtseva-Valdes, S. V., Stepanovych, A. V. Increasing the water resistance of asphalt concrete with additives of surfactants. Materials of the international scientific and technical conference "Design, construction and operation of non-rigid road surfaces", Kharkiv, KhNADU. 2010. P. 202–205.
6. Zhdanyuk, V. K., Shurupova, A. A. (2014). Comparative studies of the influence of surfactants on the adhesion index of bitumen to a mineral surface. Interuniversity collection "Scientific notes". Lutsk, issue 45, p.188–192.
7. Minaev, I. T., Farberov, E. Ya., Lavrukhin, V. P. (1984). New technology for preparing bitumens. Highways, no. 11. P. 12–13.
8. Novitska, T. A., Izmailova, L. S., Matskevich, V. N. (1985). Method for obtaining binders based on tars from highly paraffinic oil. Construction and operation of highways and bridges. Minsk. P. 40–43.
9. Zhdanyuk, V. K. Structure formation in the contact zone as the basis for forming the water resistance of asphalt concretes: diss. ... dr. tech. Sciences: 23.05.05. Kharkiv, 2000. 370 p.
10. Colloid chemistry / M. O. Mchedlov-Petrosyan et al. Kharkiv, KhNU. 2012. 500 p.
11. DSTU 8787:2018. Bitumen and bituminous binders. Method for determining adhesion to crushed stone.
12. DSTU 9169:2021. Bitumen and bituminous binders. Determination of adhesion to mineral material.
13. VBN V.2.7-219-176-2003. Building materials. Application of surfactants in road technologies using bitumen.

Жданюк Валерій Кузьмович, заслужений діяч науки і техніки України д.т.н., проф. каф. будівництва та експлуатації автомобільних доріг,
vk.zhdanuk@gmail.com,
 тел. +38 067-963-28-07,

Тетера Владислав Сергійович, аспірант каф. будівництва та експлуатації автомобільних доріг,
v11470@ukr.net,
 тел. +38 097-682-43-38

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, 61002, м. Харків, Україна.

Research on the influence of energy-saving additives on the adhesion index of bitumen to mineral surface

Problem. *In the conditions of increasing vehicle axle loads, increased requirements are imposed on asphalt concrete layers in non-rigid road surfaces of highways, mainly to their strength and rutting resistance. During the operation of a highway, the asphalt concrete pavement of the road surface also perceives the destructive effect of water as one of the main environmental factors. With sufficient strength and rutting resistance of asphalt concretes in the road surface layers, they are also required to have increased*

long-term water resistance in the conditions of operational maintenance of road surfaces. It is obvious that with high long-term water resistance, asphalt concrete layers of the road surface will also have increased frost resistance, since there is a certain correlation between these indicators. **Goal.** Comparative studies of the ability of cationic surfactants and energy-saving additives to improve the adhesion properties of road bitumens. **Methodology.** For the studies, the energy-saving additives Evotherm and Lowtherm were used. For comparative studies, the cationic adhesive additive Wetfix was also used. The concentration of the studied additives was taken in accordance with the technological recommendations of their manufacturers, namely, 0.3 % of the surfactant Wetfix and 0.4 % of the energy-saving additives Evotherm and Lowtherm by weight of bitumen. Modification of bitumen by adding the studied additives was carried out by mixing at a temperature of 150 ° C. The assessment of the adhesive properties of the original bitumen and bitumen with the studied additives was carried out by the adhesion index of the bitumen film to the surface of the crushed stone grains, as well as by the adhesion index of the bitumen film to the surface of glass plates and the adhesion activity index of the studied bitumens with surfactants and energy-saving additives in their composition. The adhesion activity index of modified bitumens was determined by calculation as the ratio of the increase in the adhesion index of bitumen to the surface of glass plates to the concentration of surfactant in its composition, according to. **Result.** The quantitative evaluation of the adhesion of bitumen to the surface of glass plates is given in Table 1. The analysis of the obtained experimental results (Fig. 2 and Table 1) indicates an increase in the adhesion of the bitumen film to the surface of glass plates due to the addition of surfactants and energy-saving additives to its composition, which agrees well with the results of the evaluation of the adhesion of bitumen to the surface of crushed stone grains. From the data presented, it can be seen that the lowest resistance of the bitumen film to the peeling action of water on the surface of glass plates is inherent in the original bi-

tumen (the surface area of the glass plates remaining covered with bitumen after the test is only 12.3 %).

Originality. It has been experimentally confirmed that adding the Wetfix additive, as a cationic surfactant, to the composition of road bitumen improves its adhesion index, both to the surface of granite rubble and to the surface of glass plates. Adding the energy-saving additive Evotherm or Lowtherm to road bitumen also helps to improve its adhesion properties. **Practical value.** The higher the adhesive activity of the energy-saving additive, the smaller the amount of surfactant that needs to be added to the bitumen. Provided that the energy-saving additive provides sufficient adhesive activity to the original bitumen, the cationic surfactant may not be used if the long-term water resistance of the asphalt concrete based on it meets the requirements of current standards.

Key words: highway, road surface, coating layer, durability, asphalt concrete, long-term water resistance, petroleum road bitumen, surfactant, energy-saving additive, adhesion, adhesive activity, adhesion index of bitumen to mineral surface.

Valeriy Zhdaniuk, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Road Construction and Operation,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0420-7036>,
vk.zhdanuk@gmail.com,

Vladyslav Tetera, PhD student, Department of Road Construction and Operation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5008-6410>,
v11470@ukr.net,

Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

Стаття надійшла до редакції / Received:
09.01.2026.

Прийнята до друку після рецензування / Revised and Accepted: 18.01.2026.

Дата публікації статті / Published: 11.05.2026.