https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.22.114

УДК 691.168

Копинець І. В., *https://orcid.org/0000-0002-0908-4795*
Малій Т. С., *https://orcid.org/0000-0002-2008-8164*

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

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИХ ВИМОГ ДО ЛИТИХ ЕМУЛЬСІЙНО-МІНЕРАЛЬНИХ СУМІШЕЙ

Анотація

Вступ. Покриття з литих емульсійно-мінеральних сумішей улаштовують для покращення експлуатаційного стану покриття, а також його підтримання на належному рівні.

Проблематика. Постійне зростання транспортного навантаження на автомобільних дорогах призводить до передчасного зношення та скорочення строків проведення їх ремонтів. Відсутність фінансових можливостей для проведення вчасних ремонтних робіт ускладнює підтримання транспортно-експлуатаційних показників автомобільних доріг у належному стані. Тому пошук нових можливостей для запобігання такому положенню є актуальним питанням для дорожньої галузі. Світовий досвід застосування технології влаштування тонкошарових покриттів (в Україні — «захисні шари зносу») із литих емульсійно-мінеральних сумішей засвідчив свою ефективність та економічність, завдяки якій досягають необхідних показників зчеплення, шорсткості та рівності та подовження строків проведення капітального ремонту автомобільних доріг. На теперішній час в Україні вимоги щодо цих сумішей встановлено згідно з СОУ 42.1-37641918-119:2014 «Суміші литі емульсійно-мінеральні. Технічні умови» та ДСТУ-Н Б В.2.3-38:2016 «Настанова з влаштування захисних шарів зносу покриття дорожнього одягу автомобільних доріг». Разом з тим, питання проектування таких сумішей та вимог до складників є досі недостатньо вивченим, зокрема це питання щодо використання кам'яних матеріалів, що не відповідають вимогам цієї технології, недотримання кількості в'яжучого (його надлишок або недостача) тощо. Отже, першочерговим завданням є пошук рішень для розв'язання цих проблем.

Мета. Виконати аналіз європейського та вітчизняного досвіду використання литих емульсійно-мінеральних сумішей у дорожньому будівництві для подальшого використання отриманих даних для підвищення якості та довговічності дорожніх покриттів.

Матеріали і методи. Виконання порівняльного аналізу вітчизняних та європейських літературних джерел, нормативних документів щодо вимог до литих емульсійно-мінеральних сумішей та досвіду їх улаштування на автомобільних дорогах.

Результати. Проведено аналітичний огляд і порівняльний аналіз вимог до литих емульсійно-мінеральних сумішей для улаштування шарів зносу покриття дорожнього одягу автомобільних доріг.

Висновки. Під час порівняльного аналізу вимог до литих емульсійно-мінеральних сумішей (ЛЕМС) установлено, що необхідне проведення детальних досліджень із лабораторними випробуваннями та розроблення пропозицій щодо перегляду вітчизняних вимог до ЛЕМС в частині гранулометричного складу, товщини захисних шарів зносу з них, вимог до приймання робіт і контролю якості. А також потрібно гармонізувати європейський стандарт щодо визначення шорсткості дорожнього покриття.

Ключові слова: micro-surfacing, slurryseal, автомобільна дорога, бітумна емульсія, дорожнє покриття, дорожньо-будівельні матеріали, захисний шар зносу, лита емульсійно-мінеральна суміш.

Вступ

Литі емульсійно-мінеральні суміші (ЛЕМС) почали використовувати для влаштування захисних шарів зносу (ЗШЗ) ще у 1930 роках у Німеччині. З того часу почалися детальні дослідження цієї технології, але своєї актуальності вона набула з 1960 року. Застосування суміші стало можливим за рахунок розроблення нових емульгаторів і механізмів, які могли виконувати якісне перемішування всіх компонентів суміші [1].

ЛЕМС почали використовувати для швидкого відновлення транспортно-експлуатаційних показників покриття автомобільних доріг. І як показала світова практика, влаштування ЗШЗ з ЛЕМС є найбільш ефективним та економічним заходом щодо передчасного руйнування дорожнього покриття [1].

Така технологія захищає покриття від зношення, забезпечує його герметизацію (усунення тріщин та дрібних вибоїн глибиною до 15 мм, підвищує шорсткість та покращує зчіпні властивості покриття, знижує шум, а також поліпшує зовнішній вигляд дороги (рис. 1) [2, 3].

Рисунок 1 — Приклад улаштування захисного шару зносу з ЛЕМС в Італії

Дослідженнями ЛЕМС в Україні почали займатися з 1980 років. Їх проводили такі вітчизняні вчені як Савенко В. Я., Каськів В. І., Петрович В. В., Катукова В. М., Кіщинський С. В., Гончаренко В. В., Островерхий О. В., Гончаренко Ф. Ю., Гнатюк Е. М. та інші [2, 4, 5].

На теперішній час в Україні вимоги до цих сумішей встановлено згідно з СОУ 42.1-37641918-119:2014 «Суміші литі емульсійно-мінеральні. Технічні умови» [6] та ДСТУ-Н Б В.2.3-38:2016 «Настанова з влаштування захисних шарів зносу покриття дорожнього одягу автомобільних доріг» [7]. Але питання проектування таких сумішей та вимог до складників є досі недостатньо вивченим, зокрема це питання щодо використання кам'яних матеріалів та бітумів, що не відповідають вимогам цієї технології, недотримання кількості в'яжучого (його надлишок або недостача) тощо.

Вивчення світового досвіду щодо вимог до проектного складу ЛЕМС, а також улаштування покриттів із них дозволить вирішити питання щодо підвищення експлуатаційних властивостей таких покриттів та збільшить строк їх служби.

Основна частина

Згідно з СОУ 42.1-37641918-119 [6] ЛЕМС — це суміші, які виготовляють змішуванням щебеню, піску із відсіву дроблення гірських порід, бітумної або бітумної модифікованої емульсії, води, мінерального наповнювача та регулятора швидкості формування за температури навколишнього середовища в спеціалізованих пересувних змішувачах-укладальниках.

На теперішній час на автомобільних дорогах України широко використовують технологію влаштування ЗШЗ з ЛЕМС. Тільки на початку 2020 року такі шари влаштовано на км 190 – км 192 автомобільної дороги Н-03 Житомир – Чернівці від межі м. Хмельницького до кільцевої розв'язки на об'їзній (рис. 2) та у Васильківському районі відремонтовано «Митницьку розв'язку» на км 44 та «Васильківську розв'язку» — на 27 км автомобільної дороги М-05 Київ – Одеса (рис. 3) [8, 9].

Рисунок 2 — Улаштування захисного шару зносу з ЛЕМС на автомобільній дорозі Н-03 Житомир — Чернівці (км 190 — км 192)

а) *б)*

а) «Васильківська розв'язка»
б) «Митницька розв'язка»

Рисунок 3 — Улаштування захисного шару зносу з ЛЕМС на автомобільній дорозі М-05 Київ – Одеса

Класифікація ЛЕМС та ЗШЗ із них

Литі емульсійно-мінеральні суміші поділяють на:

– види, залежно від в'яжучого, яке застосовують;
– типи, залежно від найбільшого розміру мінерального матеріалу, який застосовують;
– класи, залежно від розвитку процесу формування та ущільнення суміші.

Також розрізняють два види суміші за наявністю модифікатора в бітумній емульсії: А та Б, де А — суміш з емульсій на основі бітуму, а Б — суміші з емульсій на основі модифікованого бітуму.

За найбільшим розміром зерен кам'яного матеріалу кожний вид суміші поділяють на типи (табл. 1).

Таблиця 1

Види литих емульсійно-мінеральних сумішей за типами

Ч. ч.	Найбільший розмір зерен	Вид А	Вид Б
1	5	Тип 1	–
2	10	Тип 2	Тип 2
3	15	–	Тип 3

За розвитком процесу формування суміші поділяють на класи (табл. 2).

Таблиця 2

Класифікація литих емульсійно-мінеральних сумішей за класами

Ч. ч.	Клас суміші	Характеристика суміші за класами		
		Назва процесу формування	Час, в хвилинах, до досягнення границіміцності на зсув, МПа	
			0,26	0,43
1	1	Повільне схоплювання, повільне самоущільнення	більше 30	більше 60
2	2	Швидке схоплювання, повільне самоущільнення	не більше 30	більше 60
3	3	Швидке схоплювання, швидке самоущільнення	не більше 30	не більше 60
4	4	Надшвидкесхоплювання, надшвидкесамоущільнення	не більше 20	не більше 45
5	5	Фіктивнесхоплювання, повільнесамоущільнення	не більше 30	більше 60

Згідно з EN 12273 [10] покриття з ЛЕМС має назву «Slurrysurfacing» та його класифікують за двома типами: micro-surfacing та slurryseal. Суміші типу micro-surfacing із технологічної точки зору здебільшого схожі зі slurryseal. Основні складники для slurryseal і micro-surfacing одні й ті самі: бітумна емульсія, яка надає пластичність та забезпечує адгезію, інертний матеріал для забезпечення міцності та вода. Але суміш типу micro-surfacing передбачає обов'язковий вміст полімерних добавок. Цей тип покриття можуть улаштовувати в декілька шарів, він усуває колійність за рахунок подання матеріалу з підвищеним вмістом щебню. Slurryseal щвидко твердіє. Товщина шару типу slurryseal становить щонайбільше (1,0–1,5) см, тоді як micro-surfacing може бути завтовшки 2 см.

Згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.3-38 [7] ЗШЗ із ЛЕМС бувають двох типів: *тонкі* (на основі модифікованих бітумних емульсій) та *надтонкі* (на основі звичайних бітумних емульсій) (табл. 3).

Таблиця 3

Тип захисних шарів зносу з литих емульсійно-мінеральних сумішей

Ч. ч.	Тип ЗШЗ за товщиною	Товщина шару, мм	Вид ЛЕМС
1	Тонкі	10–40 (50)	на модифікованих бітумних емульсіях
2	Надтонкі	5–10 (15)	на звичайних бітумних емульсіях

Також згідно з EN 12273 [10] передбачено влаштування ЗШЗ з ЛЕМС на ділянках площею більше ніж 500 м^2, тоді як згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-38 [7] вимоги до протяжності або площі відсутні, а влаштування цих шарів можливо навіть під час здійснення капітального ремонту (див. табл. 1 [7]).

Вимоги до складників згідно з EN 12273

В'яжуче. У якості в'яжучого використовують бітумну емульсію або полімермодифіковану бітумну емульсію згідно з EN 13808 [11]. Когезія бітумного в'яжучого має відповідати класам згідно з EN 13808[11]. Для окремих цілей можуть використовувати інші в'яжучі, наприклад, стійкі до дії розлитого палива, які мають відповідне призначення та експлуатаційні характеристики згідно з EN 13808 [11].

Заповнювач. Рівні та класи заповнювачів мають відповідати властивостям та категоріям згідно з EN 13043 [12]. Для заповнювачів визначають значення характеристик, наведених у табл. 4.

Таблиця 4

Вимоги до заповнювачів згідно з EN 12273

Ч. ч.	Найменування характеристики	Вимоги
Крупний заповнювач		
1	Морозостійкість	ДСТУ EN 13043 [12]
2	Стійкість до подрібнення	
3	Водопоглинання	
4	Стійкість до стиранності	
5	Максимальний розмір фракцій заповнювача	
Дрібний заповнювач		
1	Морозостійкість	ДСТУ EN 13043 [12]
2	Якість дрібних фракцій	
3	Водопоглинання	

Максимальний номінальний розмір заповнювача (у міліметрах) визначають згідно з такими вимогами:

– базовий набір + набір сит 1: 2; 4; 5,6 (5); 8; 11,2 (11) або
– базовий набір + набір сит 2: 2 (або 2,8); 4; 6,3 (6); 8; 10; 12,5 (12).

У табл. 5 наведено гранулометричний склад суміші, а в табл. 6 — вміст в'яжучого для покриття типу micro-surfacing, який застосовують на території Німеччини [13].

Таблиця 5

Гранулометричний склад суміші типу micro-surfacing (Німеччина)

Ч. ч.	Розмір сит, мм	Вимірник	II	III
1	11,2	%	–	100
2	8,0	%	100	90-100
3	5,6	%	90–100	45–90
4	2,8	%	–	–
5	2,0	%	35–65	30–55
6	0,063	%	4–12	4–10

Таблиця 6

Вміст в'яжучого в суміші типу micro-surfacing (Німеччина)

Ч. ч.	Мінімальна кількість в'яжучого, % за сухою масою суміші	II	III
1	Нижній шар	6,2	5,2
2	Верхній шар	6,5	5,5

Наповнювач. Для регулювання часу розпаду бітумної емульсії, а також пластичності суміші використовують цемент згідно з EN 197-1 [14] або будівельне вапно згідно з EN 459-1 [15].

Вимоги до складників згідно з СОУ 42.1-37641918-119

Заповнювач. Кам'яний матеріал повинен проходити двостадійне дроблення. Форма зерен має максимально наближатися до кубовидної, а лещадність — не перевищувати 10 %.

Таблиця 7

Гранулометричний склад литих емульсійно-мінеральних сумішей

Діаметр отворів сит, мм	Повний прохід через сито, % за масою, для сумішей		
	Тип I	Тип II	Тип III
1	2	3	4
15	100	100	100
10	100	100	80–94
5	100	91–100	71–90
2,5	90–100	65–90	45–70
1,25	67–91	46–71	29–51
0,63	41–66	31–51	20–35
0,315	24–41	17–29	12–24
0,14	14–28	9–20	7–18
0,071	10–20	5–15	5–15

В'яжуче. Використовують не модифіковані та модифіковані катіонні бітумні емульсії, середньо- та повільнорозпадні марок ЕКП-60, ЕКПМ-60, ЕКП-65, ЕКПМ-65, ЕКС-65 та ЕКСМ-65 згідно з ДСТУ Б В.2.7-129 [16]. Для приготування емульсій використовують бітуми нафтові дорожні в'язкі згідно з ДСТУ 4044 [17] або СОУ 45.2-00018112-069 [18], бітуми модифіковані — згідно з [19-21].

Наповнювач. Для поліпшення фракційного складу кам'яного матеріалу, регулювання часу розпаду і пластичності суміші використовують мінеральні наповнювачі, а саме цемент або молотий вапняк, доломіт, базальт, золу [6].

Вода. Для приготування сумішей необхідно використовувати питну воду або технічну воду згідно з чинними нормативними документами без механічних домішок із середньою жорсткістю не вище ніж 6 мг-екв/л [6].

Регулятор часу розпаду. Як регулятор часу розпаду суміші застосовують поверхнево-активні речовини (ПАР).

Фізико-механічні показники ЛЕМС встановлено в ДСТУ-Н Б В.2.3-38 [7] і вони мають відповідати значенням, наведеним у табл. 8.

Таблиця 8

Фізико-механічні показники литих емульсійно-мінеральних сумішей

Ч. ч.	Назва показника	Вимірник	Значення для сумішей	
			Вид А	Вид Б
1	Границя міцності на зсув, через: - 30 хв, не менше ніж - 60 хв, не менше ніж	МПа	 0,25 0,42	 0,25 0,42
2	Поглинання піску, не більше ніж	г/м^2	500	500
3	Зчеплюваність в'яжучого з мінеральною частиною, не менше ніж	%	90	90
4	Втрата матеріалу при вологому абразивному зносі через: 1 год замочування, не більше ніж 6 днів замочування, не більше ніж	г/м^2	 800 –	 530 800
5	Середня густина після 1000 циклів навантаження, не менше ніж	г/см^3	2,10	2,10
6	Розлив конуса	см	2–3	–
7	Час кінця розпаду, не менше ніж	с	180	120

Контроль якості влаштованих ЗШЗ згідно з вітчизняними вимогами

Види робіт та параметри, що контролюють, встановлено згідно з ДБН В.2.3-4 [22] та наведено в табл. 9.

Таблиця 9

Контроль якості влаштованого захисного шару зносу

Параметр, що контролюють	Кількість і місце вимірів та випробувань під час контролю	Допустимий відхил
Якість готового шару	Зовнішній огляд і контрольні вимірювання. До дефектів відносять прогалини шару зносу (за винятком смуги завширшки до 10 см біля крайок проїзної частини при неукріплених узбіччях і до 5 см – при укріплених), та місця прояву в'яжучого на поверхні покриття, нашарування щебеню (на стиках захваток та поздовжніх стиках)	Визначені місця заміряють і визначають площу кожного з них. Загальна площа дефектів не повинна перевищувати 0,3 % від усієї площі влаштованого шару зносу, а кількість дефектів – 5 штук на 9000 м^2 покриття

Контроль якості влаштованих ЗШЗ згідно з європейськими вимогами

Для кожної технічної вимоги визначають категорій експлуатаційних характеристик (табл. 10). Усього встановлено шість категорій (0—5). Вибір категорії для всіх технічних вимог виконують таким чином, щоб запобігти технічно несумісним комбінаціям, наприклад, категорії 4 з крупнозернистою макроструктуроюта категорії 1 із дефектами з утворенням надлишків в'яжучого.

Так, згідно з європейським стандартом [10] встановлено вимоги до візуального оцінювання, значення утворення шуму, опору ковзанню, показників зносостійкості, зчеплення та шорсткості.

Таблиця 10

Категорії експлуатаційних характеристик

Характеристики покриття типу Slurry			Категорії					
Технічна вимога	Посилання	Вимірник	0	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Візуальне оцінювання дефектів								
P_1 — випотівання, утворення надлишкової кількості та смуг матеріалу	EN 12274-8 [23]	%	ПНВ	≤ 8	≤ 2	≤ 0,5	≤ 0,2	
P_2 — викришування, втрата заповнювача, вибоїни між смугами руху, колієутворення та погіршення зчеплення коліс з поверхнею покриття	EN 12274-8 [23]	%	ПНВ	≤ 8	≤ 2	≤ 0,5	≤ 0,2	
P_3 — гребінки, хвилі та напливи	EN 12274-8 [23]	%	ПНВ	≤ 8	≤ 2	≤ 0,5	≤ 0,2	
$P_{4\,(n)}$ — дрібні повторювані дефекти	EN 12274-8 [23]	%	ПНВ	≤ 20 (20)	≤ 5 (6)	≤ 1 (2)	≤ 0,2 (1)	
L — поздовжні канавки (борозди)	EN 12274-8 [23]	м	ПНВ	< 20	< 10	< 5	< 1	
Характеристики поверхні								
Шорсткість	EN 13306-1 [24]	мм	ПНВ	≥ 0,2	≥ 0,4	≥ 0,6	≥ 0,8	≥ 1,0
Утворення шуму Шорсткість	EN 13306-1 [24]	мм	Задекларовані максимальне значення					
Складники								
Когезія в'яжучого — бітумної емульсії	EN 13808 [11]		Декларують відповідно до класів згідно з EN 13808 [11]					
Заповнювач — показник зносостійкості	EN 13043 [12]		Декларують відповідно до категорій згідно з EN 13043 [12]					
L — поздовжні канавки (борозди)	EN 12274-8 [23]	м	ПНВ	< 20	< 10	< 5	< 1	
Характеристики поверхні								
Шорсткість	EN 13306-1 [24]	мм	ПНВ	≥ 0,2	≥ 0,4	≥ 0,6	≥ 0,8	≥ 1,0

Кінець таблиці 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Складники								
Утворення шуму Шорсткість	EN 13306-1 [24]	мм	Задекларoване максимальне значення					
Когезія в'яжучого — бітумної емульсії	EN 13808 [11]		Декларують відповідно до класів згідно з EN 13808 [11]					
Заповнювач — показник зносостійкості	EN 13043 [12]		Декларують відповідно до категорій згідно з EN 13043 [12]					
Заповнювач — визначення зносостійкості за допомогою «мікро-Деваль»	EN 13043 [12]		Декларують відповідно до категорій згідно з EN 13043 [12]					
Заповнювач — визначення зносостійкості під дією шипованих шин	EN 13043 [12]		Декларують відповідно до категорій згідно з EN 13043 [12]					
Тип покриття типу Slurry			Задекларований тип, який має включати максимальний розмір заповнювача (*D*, який визначають згідно з EN 13043[12]) та тип в'яжучого (для кожного шару)					
Інші характеристики складників								
В'яжучі — можна обирати інші характеристики в'яжучих згідно з EN 13808 [11]								
Заповнювачі — можна обирати інші характеристики заповнювачів згідно з EN 13043 [12]								

Візуальне оцінюваннядефектів згідно з EN 12274-8[23] виконують для основних характеристик: зчеплення в'яжучого із заповнювачем, стійкості до текучості/деформації, здатності до затвердіння або часу схоплення, зносостійкості та зчеплення з нижнім шаром та їх довговічності, а також має містити вимірювання шорсткості поверхні покриття.

Візуальне оцінювання дефектів виконують на 11—13 місяць після влаштування. До того ж встановлено, що зазвичай більшість дефектів виникає протягом перших дванадцяти місяців після влаштування ЗШЗ. Результати візуального оцінювання після дванадцяти місяців від моменту улаштування свідчать про довговічність та їх використовують під час сертифікації влаштованого типу покриття (СВТП). Однак зазначено, що точне визначення строку експлуатації не можливо через вплив зміни рівня інтенсивності дорожнього руху, клімату, стану нижнього шару тощо.

Якщо утворення шуму характеризують за шорсткістю, то його визначають згідно з EN 13036-1 [24].

Довговічність *показника опору ковзанню* може бути визначено вимірюванням показника зносостійкості (ПЗЗ) згідно з EN 13043 [24] разом із вимірюванням шорсткості згідно з EN 13036-1 [24]. *Шорсткість* визначають згідно з EN 13036-1 або за допомогою лазерних аналізаторів текстури згідно з EN ISO 13473-1 [25].

Як бачимо, існуюча класифікація здебільшого схожа на європейську. Існують відмінності

у гранулометричному складі, оскільки за європейськими вимогами найбільший розмір зерен має бути не більше ніж 10 мм. Окрім того різняться розміри сит для його визначення.

Також можна відзначити, що встановлена товщина шару згідно з вітчизняними вимогами занадто велика для таких покриттів. З європейського досвіду товщина шару не має перевищувати 1,5 діаметра найбільшого розміру зерна.

Згідно з європейськими вимогами існує більш детальна процедура контролю якості, а також встановлено цілу систему сертифікації влаштованого покриття.

Висновки

За результатами проведеного аналізу європейських і вітчизняних вимог можна зробити такі висновки:

1. Застосування ЛЕМС — це, по-перше, якісні превентивні заходи, які дозволяють економити час та гроші на часті ремонті роботи, а також використання великої кількості техніки. По-друге, це покращення експлутаційного стану автомобільної дороги, а також її зовнішнього вигляду вцілому.

2. Потрібно провести детальне вивчення вимог із проведенням лабораторних випробувань та надати пропозиції щодо перегляду діючих вимог до ЛЕМС в частині гранулометричного складу, товщини захисних шарів зносу з них, а також вимог до приймання робіт та контролю якості.

3. Необхідно розроблення національного стандарту, ідентичного EN 13036-1 щодо визначення шорсткості [24].

Список літератури

1. Солодкий С.Й., Сідун Ю.В., Волліс О.Є. Підбір оптимального складу литої емульсійно-мінеральної суміші за критерієм розпаду. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва*. Львів, 2013. № 755. С. 406-410. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTPB_2013_755_74 (дата звернення: 21.07.2020).
2. Кіщиньский С.В., Гончаренко Ю.Ф., Гнатюк Е.М. Досвід та проблеми влаштування на дорогах України тонкошарових покриттів типу «Сларрі Сіл». *Дороги і мости*. Київ, 2008. Вип. 10. 2013. С. 305-312.
3. Andrea Grilli, Andrea Graziani, Alan Carter, Cesare Sangiorgi, Luciano Pivoto Specht, Sergio Copetti Callai. Slurry surfacing: a review of definitions, descriptions and currentpractices. *RILEM technical letters.* Paris, 2019. P. 103-109. DOI:http://dx.doi.org/10.21809/rilemtechlett.2019.91 (дата звернення: 21.07.2020).
4. Савенко В.Я., Островерхий О.Г., Каськів В.І., Петрович В.В., Каськів С.В. Новий стандарт організацій на суміші литі емульсійно-мінеральні. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ, 2015. Вип. 93. С. 48-53. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/93/048-053.pdf (дата звернення: 21.07.2020).
5. Литі емульсійно-мінеральні суміші з використанням сульфату алюмінію для влаштування тонкошарових покриттів. URL: https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%9F%D0%9F%D0%90%D0%A2/Efektivnij_SHar.pdf (дата звернення: 18.06.2020).
6. СОУ 42.1-37641918-119:2014 Суміші литі емульсійно-мінеральні. Технічні умови. Київ, 2014. 27 с. (Інформація та документація).
7. ДСТУ-Н Б В.2.3-38:2016 Настанова з влаштування захисних шарів зносу покриття дорожнього одягу автомобільних доріг. Київ, 2017. 21 с. (Інформація та документація).

8. URL: https://www.facebook.com/watch/?v=2892076487585666 (дата звернення: 21.07.2020).

9. На Васильківщині ремонтують розв'язки за технологією ЛЕМС. URL: https://www.poglyad.tv/na-vasylkivshhyni-remontuyut-rozv-yazky-za-tehnologiyeyu-lems/ (дата звернення: 21.07.2020).

10. EN 12273:2008 Slurry surfacing. Requirements. Brussels, 2008. 30 p. (Інформація та документація).

11. EN 13808:2013 Bitumen and bituminous binders. Framework for specifying cationic bituminous emulsions. Brussels, 2013. 50 p. (Інформація та документація).

12. EN 13043:2013 Aggregates for bituminous mixtures and surface treatments for roads, airfields and other trafficked areas. Brussels, 2013. 48 p. (Інформація та документація).

13. Белов Д.Я., Добрынин А.О., Минзуренко А.А. Анализ эффективных способов устройства тонкослойных покрытий и поверхностной обработки дорожных одежд. *Транспорт. Транспортные сооружения. Экология*. Вып. 1. Пермь, 2018. DOI: 10.15593/24111678/2018.01.03 (дата звернення: 20.07.2020).

14. EN 197-1:2011 Cement Composition, specifications and conformity criteria for common cements. Brussels, 2011. 56 p. (Інформація та документація).

15. EN 459-1:2015 Building lime Definitions, specifications and conformity criteria. Brussels, 2015. 56 p. (Інформація та документація).

16. ДСТУ Б В.2.7-129:2013 Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови. Київ, 2014. 25 с. (Інформація та документація).

17. ДСТУ 4044:2019 Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови. Київ, 2020. 15 с. (Інформація та документація).

18. СОУ 45.2-00018112-069:2011 Бітуми нафтові дорожні в'язкі дистиляційні. Технічні умови. Київ, 2011. 20 с. (Інформація та документація).

19. СОУ 45.2-00018112-067:2011 Бітуми дорожні в'язкі, модифіковані добавками адгезійними. Технічні умови. Київ, 2011. 21 с. (Інформація та документація).

20. СОУ 45.2-00018112-068:2011 Бітуми дорожні в'язкі, модифіковані добавками на основі синтетичних восків. Технічні умови. Київ, 2011. 23 с. (Інформація та документація).

21. ДСТУ Б В.2.7-135:2014 Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови. Київ, 2015. 30 с. (Інформація та документація).

22. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. Київ, 2015. 104 с. (Інформація та документація).

23. EN 12274-8:2005 Slurry surfacing. Test methods. Visual assessment of defects. Brussels, 2005. 26 p. (Інформація та документація).

24. EN 13036-1:2010 Road and airfield surface characteristics. Test methods. Measurement of pavement surface macrotexture depth using a volumetric patch technique Brussels, 2010. 14 p. (Інформація та документація).

25. EN ISO 13473-1:2019 Characterization of pavement texture by use of surface profiles. Part 1: Determination of mean profile depth. Switzerland, 2019. 50 p. (Інформація та документація).

References

1. Solodkyi S.Y., Sidun Yu.V., Vollis O.Ye. Pidbir optymalnoho skladu lytoi emulsiino-mineralnoi sumishi za kryteriiem rozpadu (Selecting the optimal composition of Slurry Seal for criterion of the mixture breakup). *Vìsnik L'vìvskogo ordena Lenina politehničnogo institutu*. Lviv, 2013. N 755.

P. 406-410. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTPB_2013_755_74 (Last accessed: 18.06.2020) [in Ukrainian].

2. Kishchynskyi S.V., Honcharenko Yu. F., Hnatiuk E.M. Dosvid ta probemy vlshtuvannia na dorohakh Ukrainy tonkosharovykh pokryttiv typu «Slarri Sil» (Experience and problems of installation of thin-layer pavements such as «Slarry Seal» on the roads of Ukraine). *Dorogi i mosti*. Kyiv, 2008. Iss. 10. P. 305-312. [in Ukrainian].

3. Andrea Grilli, Andrea Graziani, Alan Carter, Cesare Sangiorgi, Luciano Pivoto Specht, Sergio Copetti Callai. Slurry surfacing: a review of definitions, descriptions and current practices. *RILEM technical letters.* Paris, 2019. P. 103-109. DOI: *http://dx.doi.org/10.21809/rilemtechlett.2019.91* (Last accessed: 21.07.2020) [in English].

4. Savenko V. Ya., Ostroverkhyi O. H., Kaskiv V.I., Petrovych V.V., Kaskiv S.V. Novyi standart orhanizatsii na sumishi lyti emulsiino-mineralni (A new standard for organizations based on cast emulsion-mineral mixtures). *Avtomobìl'nì dorogi ì dorožnê budìvnictvo.* Kyiv, 2015. Iss. 93. P. 48-53. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/93/048-053.pdf (Last accessed: 21.07.2020) [in Ukrainian].

5. Lyti emulsiino-mineralni sumishi z vykorystanniam sulfatu aliuminiiu dlia vlashtuvannia tonkosharovykh pokryttiv (Slurry surfacing using aluminum sulfate for the device of thin-layer pavements) URL: https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%9F%D0%9F%D0%90%D0%A2/Efektivnij_SHar.pdf (Last accessed: 18.06.2020) [in Ukrainian].

6. SOU 42.1-37641918-119:2014 Sumishi lyti emulsiino-mineralni. Tekhnichni umovy (Management organization standard (SOU 42.1-37641918-119:2014) Slurry surfacing. Technical requirements). Kyiv, 2014. 27 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

7. DSTU-N B.V.2.3-38:2016 Настанова з влаштування захисних шарів зносу покриття дорожнього одягу автомобільних доріг (State Standard of Ukraine (DSTU-N B.V.2.3-38:2016) Guide for coating protective wear layers of pavements of roads). Kyiv, 2017. 21 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

8. URL: https://www.facebook.com/watch/?v=2892076487585666 (Last accessed: 21.07.2020) [in Ukrainian].

9. Na Vasylkivshchyni remontuiut rozviazky za tekhnolohiieiu LEMS (LEMS technology junctions are being repaired in Vasylkivshchyna). URL: https://www.poglyad.tv/na-vasylkivshhyni-remontuyut-rozv-yazky-za-tehnologiyeyu-lems/ (Last accessed: 21.07.2020) [in Ukrainian].

10. EN 12273:2008 Slurry surfacing – Requirements. Brussels, 2008. 30 p. (Information and documentation) [in English].

11. EN 13808:2013 Bitumen and bituminous binders. Framework for specifying cationic bituminous emulsions. Brussels, 2013. 50 p. (Information and documentation) [in English].

12. EN 13043:2013 Aggregates for bituminous mixtures and surface treatments for roads, airfields and other trafficked areas. Brussels, 2013. 48 p. (Information and documentation) [in English].

13. Belov D.Y., Dobrynin A.O., Minzurenko A.A. Analysis of effective ways of the device of thin layer coverings and surface treatment of road clothes. *Transport, transportnye sooruženiâ, Èkologiâ.* Perm, 2018. Iss. 1. P. 21–31. DOI: 10.15593/24111678/2018.01.03 (Last accessed: 20.07.2020) [in Russian].

14. EN 197-1:2011 Cement Composition, specifications and conformity criteria for common cements. Brussels, 2011. 56 p. (Information and documentation) [in English].

15. EN 459-1:2015 Building lime Definitions, specifications and conformity criteria. Brussels, 2015. 56 p. (Information and documentation) [in English].

16. DSTU B V.2.7-129:2013 Emulsii bitumni dorozhni. Tekhnichni umovy (State Standard

of Ukraine (DSTU B V.2.7-129:2013) Bituminous road emulsions. Specification). Kyiv, 2008. 25 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

17. DSTU 4044:2019 Bitumy naftovi dorozhni viazki. Tekhnichni umovy (State Standard of Ukraine (DSTU 4044:2019) Viscous petroleum road bitumens. Specification). Kyiv, 2020. 15 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

18. SOU 45.2-00018112-069:2011 Bitumy naftovi dorozhni viazki dystyliatsiini. Tekhnichni umovy (Management organization standard (SOU 45.2-00018112-069:2011) Bitumens petroleum road viscous for distillation. Specifications). Kyiv, 2011. 20 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

19. SOU 45.2-00018112-067:2011 Bitumy dorozhni viazki, modyfikovani dobavkamy adheziinymy. Tekhnichni umovy (Management organization standard (SOU 45.2-00018112-067:2011) Road bitumen, modified with adhesive additives. Specifications). Kyiv, 2011. 21 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

20. SOU 45.2-00018112-068:2011 Bitumy dorozhni viazki, modyfikovani dobavkamy na osnovi syntetychnykh voskiv. Tekhnichni umovy (Management organization standard (SOU 45.2-00018112-068:2011) Road viscous bitumens modified with additives based on synthetic waxes. Specifications). Kyiv, 2011. 23 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

21. DSTU B V.2.7-135:2014 Bitumy dorozhni, modyfikovani polimeramy. Tekhnichni umovy (State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-135:2014) Polymer-modified road bitumens. Specifications). Kyiv, 2015. 30 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

22. DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannya Chastyna II. Budivnytstvo (State Building Norms (DBN V.2.3-4:2015) Highways. Part I. Design. Part II. Building). Kyiv, 2015. 104 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

23. EN 12274-8:2005 Slurry surfacing. Test methods. Visual assessment of defects. Brussels, 2005. 26 p. (Information and documentation) [in English].

24. EN 13036-1:2010 Road and airfield surface characteristics. Test methods. Measurement of pavement surface macrotexture depth using a volumetric patch technique Brussels, 2010. 14 p. (Information and documentation) [in English].

25. EN ISO 13473-1:2019 Characterization of pavement texture by use of surface profiles. Part 1: Determination of mean profile depth. (Information and documentation). Switzerland, 2019. 50 p. [in English].

Ivan Kopynets, *https://orcid.org/0000-0002-0908-4795*
Tetiana Malii, *https://orcid.org/0000-0002-2008-8164*

M.P. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise – DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine

COMPARATIVE ANALYSIS OF DOMESTIC AND EUROPEAN REQUIREMENTS FOR CAST EMULSION-MINERAL MIXTURES

Abstract

Introduction. Pavement of cast emulsion-mineral mixtures is arranged for improving the riding qualities of the road, as well as maintaining them at an appropriate level.

Problem Statement. Constant increase of transport load on the motor roads leads to premature wear and reduce the time of their repair. The lack of financial resources to carry out timely repair makes it difficult to maintain riding quality of roads in proper condition. Therefore, finding new opportunities to prevent this situation is an urgent issue for the road industry. The world experience of application of

technology of thin-layer pavement arrangement (in Ukraine — «protective wear layers») with cast emulsion-mineral mixtures has shown its effectiveness and efficiency due to which they achieve the necessary indicators of adhesion, roughness and evenness and extension of terms of highway overhauls. Currently, in Ukraine, the requirements for these mixtures are established according to SOU 42.1-37641918-119: 2014 «Cast emulsion-mineral mixtures. Specifications» and DSTU-N B.V.2.3-38:2016 «Guidelines for the arrangement of protective wear layers of highways pavement». At the same time, the issue of design of such mixtures and requirements to the components is still insufficiently studied, in particular, the issue of using the stone materials that do not meet the requirements of this technology, non-compliance with the amount of binder (its surplus or shortage) and others. So, the primary task is to find solutions to these issues.

The purpose. To carry out the analysis of European and domestic experience of using the cast emulsion-mineral mixtures in road construction for further using the obtained data to improve the quality and durability of road pavements.

Materials and methods. Performance of comparative analysis of domestic and European literature sources, regulations on requirements to cast emulsion-mineral mixtures and experience of their arrangement on roads.

Results. Analytical review and comparative analysis of requirements for cast emulsion-mineral mixtures for the arrangement of wear layers of road pavement were carried out.

Conclusions. During the comparative analysis of requirements for cast emulsion-mineral mixtures it was established that it is necessary to conduct detailed studies with laboratory tests and to develop proposals for revision of domestic requirements for cast emulsion-mineral mixtures (СЕММ (ЛЕМС-ukr)) in terms of mix design, thickness of protective wear layers from them, requirements for acceptance of works and quality control. It is also necessary to harmonize the European standard for determining the roughness of the road pavement.

Keywords: micro-surfacing, slurryseal, highway, bituminous emulsion, road pavement, road-building materials, protective wear layer, cast emulsion-mineral mixture.