

С.Й. Солодкий, Ю.В. Сідун, О.Є. Волліс¹
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автомобільних шляхів,
¹ТОВ “Пролог ТД”

ПІДБІР ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ ЛИТОЇ ЕМУЛЬСІЙНО-МІНЕРАЛЬНОЇ СУМІШІ ЗА КРИТЕРІЄМ ЇЇ РОЗПАДУ

© Солодкий С.Й., Сідун Ю.В., Волліс О.Є., 2013

Наведено результати підбору оптимального складу холодних литих емульсійно-мінеральних сумішей для влаштування тонкошарових захисних дорожніх покриттів типу Сларрі Сіл за критерієм розпаду суміші.

Ключові слова: лита емульсійно-мінеральна суміш, тонкошарові захисні дорожні покриття, бітумна емульсія.

The article presents the results of selecting the optimal composition of Slurry Seal for thin-layer protective pavement of Slurry Seal type for criterion of the mixture breakup.

Key words: slurry seal, thin-layer protective pavement, bitumen emulsion.

Вступ

Як свідчить світова практика, одним із найекономічніших та індустріально найефективніших заходів запобігання і попередження передчасного руйнування дорожнього покриття є влаштування тонкошарових захисних шарів на основі литих емульсійно-мінеральних сумішей (ЛЕМС) типу Сларрі Сіл (Slurry Seal).

Тонкошарові покриття з литих емульсійно-мінеральних сумішей (ТЕМП) призначені для продовження терміну служби існуючого покриття за допомогою усунення таких дефектів поверхні, як недостатні жорсткість, рівність і зчеплення, наявність вибоїн, тріщин. Крім того, покриття типу Сларрі Сіл відповідають санітарно-гігієнічним та екологічним вимогам (безпильність, зручність механічного прибирання, відведення поверхневої води) і підвищують комфортність та безпеку дорожнього руху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

О.Г. Островерхий встановив характеристики напружено-деформованого стану тонкошарових покриттів на основі ЛЕМС, запропонував метод розрахунку ТЕМП нежорсткого одягу автомобільних доріг за двома критеріями: міцності на зсув і вирівнювання основи [1]. На підставі досліджень фахівців ДерждорНДІ зроблено висновки щодо придатності кам'яних матеріалів багатьох кар'єрів для застосування в ЛЕМС, визначено додаткові вимоги, яким повинні відповідати бітуми для приготування ЛЕМС [2]. А. Джеймс (Akzo Nobel Asphalt Applications) представив інформацію щодо впливу цементу на Сларрі-покриття і навів результати досліджень емульсійних систем із фосфорною кислотою [3].

Аналіз проведених досліджень технології ЛЕМС показав, що питання підбору оптимального складу за критерієм розпаду суміші є недостатньо дослідженим. Розпад суміші – це час від змішування усіх компонентів суміші до моменту, коли вона втрачає рухливість і можливість подальшого перемішування. Саме параметр розпаду визначає час, протягом якого суміш повинна бути виготовлена і укладена у тонкошарове покриття. У зв'язку з присутністю на ринку широкою гамою дорожніх бітумів різних виробників – окислених, дистиляційних, модифікованих – постає проблема підбору складу ЛЕМС з урахуванням їх походження і групового хімічного складу.

Мета дослідження – розробити оптимальний склад ЛЕМС на бітумах різного походження за технологічним критерієм її розпаду. Оптимальним складом ЛЕМС за критерієм її розпаду вважається такий вміст кам'яного матеріалу, емульсії, цементу, води та присадки, що забезпечує розпад суміші не раніше ніж за 180 с [4, 5].

Матеріали та методи випробувань

Приготування і випробування ЛЕМС здійснено відповідно до вимог ТУ У В.2.7-45.2-00018112-208-2002 [6] в лабораторних умовах кафедри автомобільних шляхів Національного університету «Львівська політехніка» з використанням лабораторного обладнання ТОВ «Пролог ТД».

Для приготування зразків ЛЕМС використано: бітумну емульсію згідно з ДСТУ Б В.2.7-129:2006 [7], гранітний щебінь Новоград-Волинського каменедробильного заводу, що відповідає ДСТУ Б.В.2.7-75-98, портландцемент ПЦ П/А-Ш-400 (Миколаївцемент) за ДСТУ Б В. 2.7-46-2010, воду технічну згідно з ГОСТ 23732-79, регульовальну добавку (присадку) Redicote E-11 виробництва компанії Akzo Nobel (Швеція).

Для приготування бітумної емульсії використано бітуми нафтові дорожні в'язкі не модифіковані, що відповідають вимогам ДСТУ 4044-2001 [8], а саме:

1-й рецепт – дистиляційний бітум Nybit E85 компанії Nynas (Швеція);

2-й та 3-й рецепти – окислений бітум БНД 60/90 виробництва ВАТ «Мозирський НПЗ» (Республіка Білорусь).

Розроблені і використані рецепти бітумної емульсії для ЛЕМС типу Сларрі Сіл наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Рецепти бітумної емульсії для ЛЕМС

Компоненти емульсії, мас.%	№ рецепту і вид бітуму		
	1. Nybit E85 (Nynas).	2. БНД 60/90 (Мозирський НПЗ)	3. БНД 60/90 (Мозирський НПЗ)
Бітум	62	62	62
Емульгатор Redicote E-11	1,1	1,1	1,1
Співемульгатор Redicote 505	–	–	0,25
Соляна кислота	до рівня рН 2,5 у водній фазі	до рівня рН 2,5 у водній фазі	до рівня рН 2,5 у водній фазі
Вода	до 100	до 100	до 100

Приготування бітумних емульсій здійснювали у лабораторній бітумно-емульсійній установці SEP-0,3R виробництва данської компанії «Денімотех» (рис. 1).



Рис. 1. Лабораторна бітумно-емульсійна установка SEP-0,3R

В усіх рецептах емульсій використаний рідкий, розчинний у воді емульгатор для катіонних повільнорозпадних емульсій Redicote E-11 (Akzo Nobel), що призначений для литих холодних сумішей. Третій рецепт емульсії включає рідкий співемульгатором Redicote 505, спеціально розроблений компанією Akzo Nobel для сумісної роботи зі стандартними емульгаторами марки Redicote. Продукт дає змогу виготовити ЛЕМС на низькокіслотних бітумах за допомогою збільшення швидкості набору когезійної міцності суміші [9].

Як регулювальну добавку (присадку) був використаний 10 % розчин емульгатора Redicote E-11, що дає змогу регулювати час розпаду суміші, тобто забезпечує необхідний проміжок часу для виготовлення та укладання ЛЕМС.

Розпад ЛЕМС у лабораторних умовах визначали у такій послідовності:

- змішування мінеральних компонентів, води, присадки та емульсії в емальованому посуді;
- ручне перемішування суміші шпателем у нахиленому посуді для можливості оцінювання рухливості суміші впродовж усього часу перемішування;
- фіксування розпаду суміші як час від змішування усіх компонентів суміші до моменту, коли емульсійно-мінеральна система втратить рухливість і можливість подальшого перемішування.

Експериментальна частина

Дослідження емульсій розроблених рецептів підтвердили, що емульсії є катіонними, повільнорозпадними (ЕК-П) і відповідають вимогам ТУ У В.2.7-45.2-00018112-208-2002 [6] для ЛЕМС типу Сларрі Сіл (табл. 2).

Таблиця 2

Фізико-технічні показники емульсії

Показники	Норми та вимоги	Фактичні дані для емульсії рецепту			Метод випробування згідно з:
		1	2	3	
1. Зовнішній вигляд	Однорідна темно-коричнева рідина	Однорідна темно-коричнева рідина			9.2 [7]
2. Показник концентрації водневих іонів, рН	1,5-6,5	4,45	2,98	2,95	9.3 [7]
3. Однорідність (залишок на ситі № 014), %, не більше	0,5	0,08	0,04	0,07	9.4 [7]
4. Вміст бітуму з емульгатором, %	50-70	61,18	61,84	61,52	9.5 [7]
5. Умовна в'язкість, с, не більше: за температури 25 °С на апараті з діаметром отвору витoku 4 мм	20	8,2	7,4	7,2	9.6 [7]
6. Зчеплюваність в'язучого, виділеного з емульсії, з поверхнею щебеню, %, не менше	90	95	95	95	9.8 [7]
7. Індекс розпаду, %, більше	260	288,6	270,8	265,2	9.10 [7]

Експериментально встановлено, що гранулометричний склад гранітного щебеню Новоград-Волинського каменедробильного заводу належить до третього типу гранскладу мінеральної частини ЛЕМС відповідно до робочих нормативів ISSA (International Slurry Surfacing Association) [4]. Кам'яний матеріал третього типу (рис. 2) рекомендується використовувати на ділянках доріг з інтенсивністю руху більше 2000 авт./добу, де необхідно забезпечити високі значення коефіцієнта зчеплення. Для подальшого підбору складу ЛЕМС із кам'яного матеріалу була відібрана фракція 0–5 мм.

За наведеною методикою підбору складу ЛЕМС був опрацьований загалом 31 склад ЛЕМС і визначено три базові склади (табл. 3, склади 1.1; 2.1; 3.1), після чого був змінений вміст цементу з кроком 0,5 г в більший і менший бік стосовно встановленого середнього значення для

дослідження впливу вмісту цементу у суміші на критерій оптимізації (табл. 3, склад 1.2; 1.3; 2.2; 2.3; 3.2; 3.3).

Проведені дослідження підтвердили відповідність ЛЕМС розроблених складів нормативним вимогам [4, 5] та їх оптимальність за критерієм розпаду суміші.

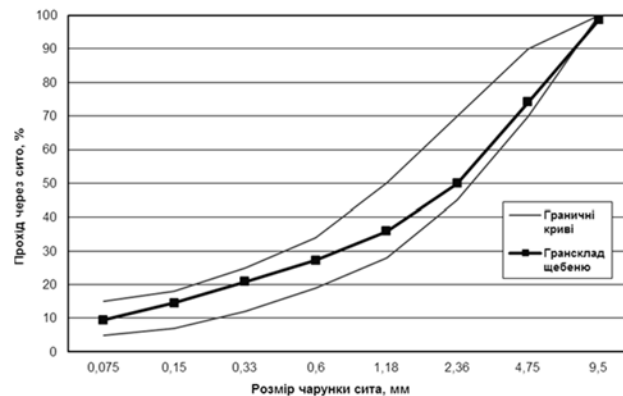


Рис. 2. Відповідність гранулометричного складу кам'яного матеріалу третьому типу за нормативами ISSA

Таблиця 3

Оптимальні склади ЛЕМС

Склад	Вміст компонентів ЛЕМС					Час розпаду, с
	Кам'яний матеріал, г	Цемент, г	Вода, мл	Присадка (10% розчин Redicote E-11), мл	Емульсія, г	
На основі емульсії на дистиляційному бітумі Nybit E 85						
1.1	100	0,75	10	0,25	14	226
1.2	100	0,25	10	0,5	14	220
1.3	100	1,25	10	0,5	14	200
На основі емульсії на окисленому бітумі БНД 60/90						
2.1	100	1,0	10	2,0	14	190
2.2	100	0,5	10	2,5	14	180
2.3	100	1,5	10	2,0	14	191
На основі емульсії на окисленому бітумі БНД 60/90 із співемульгатором Redicote 505						
3.1	100	0,75	10	1,75	14	190
3.2	100	0,25	10	2,25	14	185
3.3	100	1,25	10	1,75	14	181

Було встановлено, що додавання цементу до суміші до певного граничного значення (склад 1.1; 2.1; 3.1), збільшує період розпаду суміші, за перевищення цього значення цемент зменшує період розпаду суміші або особливо не впливає на нього, проте спричиняє збільшення крихкості затверділої суміші (склад 2.3; 3.3). Зменшення кількості цементу зумовлює збільшення вмісту регульовальної добавки (присадки). Крім того, цемент покращує фракційний склад кам'яного матеріалу та надає можливість регулювати пластичність суміші. Залежність між вмістом регульовальної добавки (присадки) і часом розпаду є прямо пропорційною.

Рецепт бітумної емульсії для ЛЕМС необхідно розробляти залежно від виду бітуму (окислений, дистиляційний, модифікований), що використовується для приготування емульсії. Використання дистиляційних бітумів Nybit E 85 фактично виключає застосування регульовальної добавки (табл. 3, склад 1.1;1.2;1.3). Результати випробувань показали, що використання співемульгатора Redicote 505 в кількості 0,25 мас.% емульсії не призводить до значних змін фізико-технічних показників емульсії та не має вагомого впливу на показники розпаду ЛЕМС. Проте

використання цієї добавки є необхідним для виготовлення ЛЕМС на окислених бітумах, з огляду на швидкість набору сумішшю когезійної міцності.

Висновок

Розроблено рецепти бітумних емульсій для технології Сларрі Сіл і визначено їх фізико-технічні показники. Підібрано склад ЛЕМС, що відповідає вимогам нормативних документів за критерієм її розпаду, на основі емульсій на дистиляційному бітумі Nybit E 85, на окисленому бітумі БНД 60/90 виробництва ВАТ «Мозирський НПЗ», на окисленому бітумі БНД 60/90 виробництва ВАТ «Мозирський НПЗ» із співемульгатором Redicote 505 в кількості 0,25 мас.% емульсії (табл. 3). Встановлений вплив вмісту цементу і регулювальної добавки на показник розпаду суміші.

1. *Островерхий О.Г. Проектування тонкошарових емульсійно-мінеральних покриттів дорожніх одягів / автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11 / О.Г. Островерхий / Нац. транспорт. ун-т. – К., 2002. – 16 с.* 2. *Дороги і мости: зб. наук. пр. / С.В. Кіщинський, Ю.Ф. Гончаренко, Е.М. Гнатюк. Досвід та проблеми влаштування на дорогах України тонкошарових покриттів типу «Сларрі Сіл». – К.: ДерждорНДІ, 2008. – Вип. 10.* 3. *AkzoNobel Surface Chemistry. Інформаційний бюлетень відділу дорожніх добавок. – Європа. – Вип. 80. – Осінь 2009.* 4. *ISSA Technical Bulletin A105 (Revised) May 2003, Recommended Performance Guidelines for Emulsified Asphalt Slurry Seal, International Slurry Surfacing Association, Annapolis, MD, Web Page: www.slurry.org.* 5. *СТО СОЮЗДОРСТРОЙ 2.1.3.3.2/4-2012. «Автомобильные дороги. Ремонт асфальтобетонных покрытий. – Ч. 2: Устройство защитных слоёв и слоёв износа. – Раздел 4: Устройство защитного слоя с использованием литой эмульсионно-минеральной смеси методом «Сларри-Сил». – М., 2012.* 6. *ТУ У В.2.7-45.2-00018112-208-2002. «Суміші литі емульсійно-мінеральні та холодні асфальтобетонні». – К.: Укравтодор, 2002.* 7. *ДСТУ Б В.2.7-129:2006. «Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови». – К.: Мінбуд України, 2006.* 8. *ДСТУ 4044-2001. «Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови». – К.: Держстандарт, 2001.* 9. *AkzoNobel Surface Chemistry. Інформаційний бюлетень по застосуванню асфальтобетонну. – 2011. – Вип. 82.*