

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Сідуна Юрія Володимировича**

«Підвищення швидкості набору когезійної міцності литих холодних емульсійно-мінеральних сумішей», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та виробы

**Актуальність проблеми.** Технологія литих холодних емульсійно-мінеральних сумішей (ЛЕМС) для будівництва тонкошарових покриттів (ТП) є актуальною, адже вона дозволяє відновити транспортно – експлуатаційні характеристики покриттів (шорсткість та рівність), продовжити термін служби існуючих покриттів в результаті герметизації волосяних тріщин і невеликих вибоїн, попередити тріщиноутворення за рахунок дифузії нового в'язучого та відновлення зістареного бітуму. Тонкошарові покриття із ЛЕМС є економічним видом ремонту, що покликаний замінити використання поверхневих обробок та відповідають санітарно-гігієнічним вимогам і підвищують комфортність та безпеку дорожнього руху, загалом вони відновлюють зношений або вберігають існуючий верхній шар покриття. Широке впровадження технології влаштування ТП із ЛЕМС тормозиться тим фактом, що в вітчизняних умовах сучасна технологія натикається на використання в'язучих з нестабільними властивостями (високою неоднорідністю), неоднорідних заповнювачів, відсутність якісних емульгаторів та недостатньо підготовлені кадри. Одним із виявлених вузьких місць застосування даної технології є використання в'язучих та заповнювачів, що не забезпечують необхідної швидкості набору когезійної міцності укладеної литої суміші, а відтак інтенсивного формування тонкошарових покриттів і своєчасне відкриття руху по них. ЛЕМС на основі окислених бітумів та неоптимальних за критерієм загальної поверхневої активності кам'яних матеріалів демонструють низьку швидкість набору когезійної міцності суміші відповідно до світових стандартів та практичних вимог. Ця особливість разом із залежністю ЛЕМС від температури та вологості навколишнього середовища спричиняє обмеженість використання технології. Тому потрібно вести пошук технологічних рішень для розв'язку даної проблеми.

Актуальність теми дисертації також підтверджується тим, що вона виконана в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи «Розроблення технології одержання дорожніх бітумів та бітумних емульсій, модифікованих полімеризаційними та конденсаційними смолами» (№ держ. реєстр. 0115U000425).

**Метою дисертаційної роботи** є розроблення складів ЛЕМС на основі пред'явлення вимог до сировини вихідних матеріалів, управління процесами структуроутворення в частині розпаду емульсії та швидкості набору когезійної міцності, отримання матеріалу із заданими властивостями для підвищення надійності та довговічності тонкошарових покриттів.

**Аналіз основного змісту роботи, її наукової новизни, ступеня обґрунтованості наукових положень та висновків.**

Основні наукові положення дисертаційної роботи полягають у тому, доведена можливість підвищення когезійної міцності ЛЕМС на основі окислених бітумів, що традиційно широко використовуються в дорожньому будівництві України за рахунок їх модифікації та варіювання технологічних чинників складу, а саме: використання спів-емульгаторів, інден-кумаронової смоли, добору кам'яних матеріалів з потрібним гранулометричним складом та низькою поверхневою активністю.

**Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації** підтверджується результатами експериментів з використанням рентгенофазового аналізу кам'яних матеріалів та лазерної дифракції кам'яних матеріалів та бітумної емульсії. Запропоновано нові методики для оцінювання швидкості набору когезійної міцності, які дали змогу оцінити ЛЕМС за показниками початку набору когезійної міцності (комкування) та експрес-показником формування суміші.

Достовірність результатів підтверджується застосуванням стандартних методів та апробованих методик, використанням повірених засобів вимірювальної техніки та обладнання і відтворюваністю експериментальних результатів.

**Практичне значення отриманих результатів.** Запропоновано сім основних етапів взаємодії катіонної бітумної емульсії з кислим мінеральним матеріалом в процесі приготування та загустівання ЛЕМС, що дає змогу регулювати процес формування ТП. Підібрано рецепти бітумних емульсій на дистиляційних, окислених та окислених модифікованих бітумах. Запроектовано рецепти емульсій на основі окисленого бітуму із включенням спеціальних прискорювачів когезійної міцності ЛЕМС, а саме: спів-емульгаторів Redicote 505, Redicote 540, та полімерних модифікаторів

синтетичних латексів Torptex A і Torptex B, натурального латексу Algoltex C. Визначено різницю між фізико-технічними показниками емульсій.

Встановлено загальну поверхневу активність кам'яних матеріалів 9 вітчизняних кар'єрів та досліджено придатні для використання в ЛЕМС заповнювачі. Запропоновано проводити підбір мінеральної частини суміші за допомогою розрахункових гранулометричних кривих, які вписуються в граничні межі для кожного з типів ЛЕМС.

Підібрано оптимальні склади ЛЕМС за критерієм швидкості набору когезійної міцності суміші на емульсіях, що виготовлені з модифікованого інден-кумароновою смолою бітуму, дистиляційних бітумів та емульсій із спів-емульгаторами.

У роботі наведено дослідно - виробниче впровадження ЛЕМС на основі ЕКПМ-60 з інден-кумароновою смолою в рамках якого було проведено ремонт асфальтобетонного покриття біля входу до Львівського центру Інституту космічних досліджень.

Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел та 6 додатків. Загальний обсяг дисертації – 172 сторінки (основна частина – 120 ст.). Дисертація містить 46 таблиць, 51 рисунок, 161 найменування використаної літератури. Дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

*У першому розділі* наведено критичний огляд літературних джерел з проблеми технології ЛЕМС, а саме проаналізовано розвиток будівництва та переваги ТП на основі ЛЕМС, закордонний та вітчизняний досвід удосконалення технології ЛЕМС, розглянуто шляхи підвищення швидкості набору когезійної міцності ЛЕМС. Сформульовано наукову гіпотезу, мету та задачі дослідження.

*У другому розділі* охарактеризовано використані сировинні матеріали для ЛЕМС та приведено стандартні методи досліджень, що стосуються складників ЛЕМС та самих сумішей. Виділено сім основних етапів взаємодії катіонної бітумної емульсії з кислим мінеральним матеріалом в процесі формування ТП. Запропоновано нові методики оцінювання швидкості набору когезійної міцності ЛЕМС за допомогою двох нових показників: початок набору когезійної міцності (комкування) та експрес-показник формування суміші.

*У третьому розділі* встановлено, що дистиляційні бітуми виготовлені із важкої нафти тяжіють до 2 структурного типу «золь» та характеризуються кислотними числом 3,5 мг КОН/г, а окислені до 3 структурного типу «золь-гель» та характеризуються кислотними числами 0,5 – 0,6 мг КОН/г.

Досліджено, що модифікація окислених бітумів інден-кумароновою смолою у кількості 7 % мас. та включення пластифікатора у кількості 8 % мас. дала змогу збільшити температуру розм'якшеності бітуму на 3 °С, а зчеплюваність бітуму із поверхнею скла в 4 рази та зменшити вміст парафінів у цьому бітумі в 1,35 рази. Виділено, що ключовим чинником впливу інден-кумаронової смоли на окислений бітум є підвищення його кислотного числа до значення 2,5 мг КОН/г, що робить його більш придатним для використання в ЛЕМС. Розроблено склади бітумних емульсій для марок ЕКМ-60 та ЕКПМ- 60 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013 на дистиляційних, окислених та модифікованих окислених бітумах. Для підвищення швидкості набору когезійної міцності в склади на окислених бітумах включали: спів-емульгатори Redicote 505, Redicote 540 в кількості 0,25 % мас. БЕ, синтетичні латекси Tortex А і Tortex В, натуральний латекс Algoltex С в кількості 3% понад масу БЕ. Виконано порівняння гранулометричного складу типів сумішей кам'яного матеріалу згідно з нормами СОУ та ISSA та встановлено, що граничні гранулометричні криві є схожими, відмінність полягає в різниці розмірів запропонованих для просіювання сит. Прийнято рішення проводити підбір за допомогою запропонованих нами розрахункових гранулометричних кривих, які вписуються в граничні межі для кожного з типів ЛЕМС за СОУ 42.1-37641918-119:2014. Розрахункові гранулометричні криві основані на певних вузьких фракцій для кожного з трьох типів ЛЕМС. Порівняння рентгенофазового аналізу та лазерної дифракції оптимального кам'яного матеріалу за критерієм метилен синій із Клесівського кар'єру нерудних копалин «Технобуд» (МС =9 мл) та найбільшповерхнево-активного заповнювача серед досліджених із кар'єру ПАТ «Ушицького комбінату будівельних матеріалів» (МС=20 мл.), дало змогу стверджувати, що за схожого мінералогічного складу, показник метилену синього буде вищим в тому матеріалі, в якому вміст пилюватих і глинистих частинок із високою питомою поверхнею є вищим.

*У четвертому розділі* експериментально встановлено вплив кожного з компонентів ЛЕМС на розпад суміші та початок набору когезійної міцності та виявлено прямо пропорційну залежність вмісту присадки, води, бітумної емульсії на ці показники. Вплив цементу також є прямо пропорційним, але тільки до певного граничного значення (приблизно 1 частини в суміші), після чого цемент за незначного підвищення вмісту особливо не впливає на ці показники, а за відчутного збільшення вмісту – зменшує їх. Визначено вплив ступеня дисперсності бітумної емульсії виготовленої на лабораторній та промисловій установках на розпад суміші та встановлено, що за розподілення краплин в бітумній емульсії повинно коливатись в інтервалі 0-10 мк, за

інтервалу 0- 100 мк виготовлення якісної ЛЕМС не можливо. Визначено, що незалежно від використаного бітуму (дистиляційний чи окислений), чим вище значення показника МС кам'яного матеріалу, тим швидкість набору когезійної міцності ЛЕМС є нижчою. Гранулометричний склад кам'яного матеріалу, що відповідає типу суміші 3 (0-15) є найефективніший за критерієм швидкості набору когезійної міцності. Найповільніший ріст когезійної міцності спостерігаємо за використанням гран складу кам'яного матеріалу, що відповідає типу суміші 1 (0-5). Встановлено, що дистиляційні бітуми мають низку переваг порівняно з окисленими для використання в ЛЕМС. Суміш на дистиляційних бітумах за температури 25°C та нормальної відносної вологості повітря характеризується над швидким схоплюванням (<0,25 год), самоущільненням (<0,25 год) та затвердінням (<0,75 год), а на окислених швидким схоплюванням (<0,5 год), повільним самоущільненням (>3,5 год.) та затвердінням (>5,5 год). Використання дистиляційного бітуму дає змогу виготовляти суміш навіть за температури 10°C та підвищеної відносної вологості повітря без значних витрат часу на її твердіння (самоущільнення настає за 0,75 год, затвердіння за 1,0 год). Жоден з прискорювачів когезійної міцності ЛЕМС не може конкурувати з ЛЕМС на дистиляційному бітумі за показниками швидкості когезійної міцності ЛЕМС. Крім того найменші втрати матеріалу під час вологого абразивного зносу спостерігаємо у ЛЕМС на основі дистиляційних бітумів.

У п'ятому розділі наведено дослідно-виробниче впровадження ЛЕМС на основі ЕКПМ-60 з ІКС в рамках якого було проведено ремонт асфальтобетонного покриття біля входу до Львівського центру Інституту космічних досліджень та впровадження в навчальний процес (розроблено дві методичні рекомендації). Також наведено відгук на проект другої редакції СОУ 42.1-37641918-XXX:201X «Суміші литі емульсійно-мінеральні. Технічні умови». Визначена економічна ефективність розроблених ЛЕМС.

Маючи сучасне обладнання та достатню кількість випробувань автору слід більш активно приймати участь в розробці нормативних документів стосовно випробування та використання бітумно – емульсійних технологій в дорожньому будівництві України.

В додатках наведено довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи, ретгенофазовий аналіз Клесівського та Ушицького відсівів, список опублікованих праць за темою дисертації.

Висновки по роботі достатньою мірою відображають актуальність, новизну та практичну цінність проведених досліджень. В дисертації використовується сучасна технічна термінологія. Ілюстрації, схеми, таблиці

достатньо добре доповнюють текстовий матеріал. Зміст та оформлення роботи відповідає вимогам щодо присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань.

Основний зміст роботи викладений у 9 наукових фахових виданнях України (з них: 1 стаття – у виданні, що включене до наукометричної бази Scopus, та 2 статті – у виданні, що входить до бібліографічної бази даних РІНЦ) та 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави та в 7 тезах доповідей на наукових конференціях та матеріалах конференцій.

Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням дисертації.

### **Зауваження до дисертаційної роботи:**

1. Замість терміну “терміну служби” краще використовувати термін – “строк служби”. Термін “твердіння” ЛЕМС при різних температурних режимах краще замінити на “формування структури тонкошарового покриття” або “загустівання”, так як відбувається збільшення вязкості, а не хімічна реакція.

2. Залишається не в'ясненим наскільки ЛЕМС підвищують шорсткість та зчіпні властивості існуючих покриттів і чи можуть вони використовуватися при ремонтів покриттів із ЩМА 20, що найбільш поширені на магістральних дорогах України. Крім того, ЛЕМС широко застосовуються в якості захисного шару та шару зносу в цементобетонних покриттях, що не відмічено в роботі.

3. Задачі досліджень можна було б оптимізувати відповідно до загального підходу фізико – хімічної механіки “склад – технологія виготовлення – структура – задані властивості матеріалу – якість (ефективність) покриття”. У задачах доцільно було б додати поведінку тонкошарових покриттів з ЛЕМС при експлуатації.

4. Блок-схема досліджень доцільно було б представити у вигляді системної моделі досліджень не тільки з прямими, але із зворотніми зв'язками та функцією мети.

5. Термін зчеплюваність бітуму зі склом доцільно замінити на адгезію і доповнити даними визначення адгезії з матеріалами кислих та основних порід.

6. Цікавим було б встановлення впливу окремих складових групового хімічного бітуму на розпад емульсії та початок набору когезійної міцності, зокрема визначення впливу асфальтенів так як їх кількість можна легко регулювати добавкою природного бітуму.

7. Вимоги до швидкості набору когезійної міцності ЛЕМС потребують уточнення в залежності від температури та відносної вологості влаштування шару ЛЕМС та формування структури покриття.

8. Необхідно вказати не тільки швидкість руху, але й параметри навантаження на вісь та тиск в пневматик для відкриття руху транспортних засобів.

9. Основна проблеми вітчизняних матеріалів велика неоднорідність показників властивостей. Тому більше уваги необхідно було б надати в роботі визначенню коефіцієнта варіації параметрів та повторюваності результатів випробувань.

#### **Загальний висновок.**

У цілому, дисертаційна робота «Підвищення швидкості набору когезійної міцності литих холодних емульсійно-мінеральних сумішей» є закінченою науково-дослідною роботою, містить нове вирішення актуального завдання для будівельної галузі, має важливе практичне значення.

Робота відповідає паспорту спеціальності 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби і вимогам МОН України та пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., а її автор Сідун Юрій Володимирович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук,  
професор, завідувач кафедри аеропортів  
Національного  
транспортного університету

  
Гамеляк І. П.

Вчений секретар

  
Мельниченко О. І.

