Голові разової спеціалізованої ради у
Національному університеті «Львівська політехніка»,
д.т.н., професору Олегу ГРИНИШИНУ

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Бідося Володимира Миколайовича
“ Надстійкі катіонні бітумні емульсії для дорожнього будівництва”
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
галузь знань 19 Архітектура та будівництво.

Актуальність теми дисертаційної роботи. Надстійкі емульсії дають змогу протягом відносно довгого часу рівномірно змішуватись з мінеральними матеріалами і створювати з ними однорідні суміші вкриваючи зерна мінерального матеріалу. Такі емульсії знаходять своє використання для таких дорожніх технологій: холодний ресайклінг, технологій просочення, стабілізації та укріплення ґрунтів, литих емульсійно-мінеральних сумішах та інших. Визначальним фактором для створення таких емульсій є кількість та тип використаного емульгатора. Для виготовлення надстійких емульсій можна використовувати емульгатори для повільнорозпадних емульсій, але з їх більшим дозуванням в емульсії. Проте перспективним є застосування спеціальних емульгаторів (англійською cationic super stable proven emulsifier), що дозволить знизити кількість поверхнево-активної речовини (ПАР) в емульсії та відповідно і кислоти, яку, як правило, потребує емульгатор для реакції. Отже, за вірного добору емульгаторів та їх дозування можна досягти потрібних технічних, економічних та екологічних переваг для надстійких катіонних бітумних емульсій. Використання надстійких катіонних бітумних емульсій для влаштування шарів дорожнього одягу є доцільним, оскільки вони володіють покращеними характеристиками розпаду та стійкістю за зберігання та дозволяють транспортувати і використовувати бітумно-емульсійні суміші протягом достатнього великого періоду часу до їх розпаду.

Аналіз змісту дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п’яти розділів основної частини, загальних висновків, списку використаної літератури та п’яти додатків.

Загальний обсяг дисертації становить 175 сторінок друкованого тексту, зокрема: 129 сторінок основної частини, що має 42 рисунки і 47 таблиць; 12 сторінок списку використаної літератури, що містить 120 джерела, та 15 сторінок додатків.

Вступ (4 стор.) містить наступні елементи: обґрунтування вибору теми дисертаційної роботи, визначення мети й завдань дослідження, вказання об'єкта і предмета дослідження, опис застосованих методів досліджень, визначення наукової новизни та практичного значення отриманих результатів, вказання особистого внеску дослідника у проведення наукових досліджень, а також інформацію про апробацію результатів та публікації, а також структуру й обсяг дисертаційної роботи.

У **першому розділі** дисертаційної роботи (19 стор.) проведений огляд літературних джерел, засвідчив, що використання надстійких катіонних бітумних емульсій у бітумно-емульсійних технологіях є недостатньо дослідженим у світі. В Україні не застосовують надстійкі емульсії, а закордоном їх використання є не частим явищем. Актуальність дисертаційних досліджень полягає у можливості використання надстійких катіонних бітумних емульсій у бітумно-емульсійних технологіях. Внаслідок правильного проектування складу надстійкої емульсії, можна добитись підвищених характеристик розпаду та стабільності при зберіганні. Сформульовано наукову гіпотезу, мету й завдання дослідження.

У **другому розділі** дисертаційної роботи (18 стор.) обрано методи дослідження бітумів за показниками: пенетрація (глибина проникності голки) за температури 25°С, температура розм'якшеності, розтяжність (дуктильність) за температури 25°С та 0°С, температура крихкості, зчеплюваність зі щебнем та склом. Емульгатори для виготовлення БЕ випробовували згідно ДСТУ 9187:2022 за наступними показниками: зовнішнім виглядом, густиною, умовною в'язкістю. Для бітумних емульсій обрано методи дослідження фізико-технічних показників відповідно до ДСТУ Б В.2.7-129:2013, а визначення характеристик розпаду та стійкості за зберігання відбувалось за різними методами згідно з вітчизняним та європейськими стандартами. Запропоновано новий оперативний метод визначення характеристик розпаду емульсій для технології холодного ресайклінгу. Підібрано методи дослідження мінеральний матеріалів для: литих емульсійно-мінеральних сумішей, холодного ресайклінгу та стабілізації ґрунту. Для литих емульсійно-мінеральних сумішей мінеральні матеріали досліджували за зерновим складом та «реактивністю» за критерієм

поглинання метилену синього. Для технології холодного ресайклінгу визначається вміст органічного в'яжучого у фрезерованому матеріалі та гранулометричний склад фрезерованного матеріалу. Для технології стабілізації ґрунту проводились дослідження максимальної щільності ґрунту та фізичних властивостей ґрунту: визначення вологості ґрунту методом висушування до постійної маси, визначення границі текучості, визначення границі розкочування. Обрано методи для дослідження матеріалів для дорожнього будівництва на основі надстійких емульсій. Литі емульсійно-мінеральні суміші досліджувались за такими показниками: визначення розпаду суміші, когезійна міцність, втрата матеріалу за вологого абразивного зносу. Для матеріалу дорожнього виготовленого за методом холодного ресайклінгу встановлювали фізико-механічні властивості: середня густина, водонасичення, границя міцності за стиску за температур 20 і 50 °С на 3, 7, 28 доби. Ґрунти стабілізовані органічним в'яжучим, а саме бітумними емульсіями досліджувались за показниками: середньої густини; границі міцності при стиску; границі міцності на розтяг при згині і показників деформативності. Для вихідного бітуму та відновленого в'яжучого із бітумних емульсій проводилось дослідження FTIR-спектрів за допомогою спектрометра Spectrum Two, для побудови спектрів досліджуваних зразків використовували програмне забезпечення PerkinElmer Spectrum. Розроблена Блок-схема досліджень для кращого розуміння запланованого дисертаційного дослідження.

У **третьому розділі** дисертаційної роботи (35 стор.) досліджено властивості бітумів нафтових окиснених дорожніх для бітумних емульсій. Бітуми є придатними для виготовлення бітумних емульсій та відповідають вимогам нормативних документів. Визначено показники катіоноактивних емульгаторів, усі чотири емульгатори, що використовуються є рідинами. У емульгатора Redicote E-4875 NPF густина є найбільшою і становить більше одиниці, відповідно його умовна в'язкість також є найбільшою. Досліджено властивості мінеральних матеріалів для бітумно-емульсійних технологій. Проаналізовано фізико-механічні показники виготовлених емульсій, що дають можливість стверджувати, що всі бітумні емульсії відповідають вимогам. Бітумні емульсії із Redicote E-4875 NPF демонструють меншу умовну в'язкість із більшим вмістом емульгатора, тоді як у бітумних емульсій із іншими емульгаторами ця залежність не спостерігається. Бітумні емульсії із емульгатором Polyram L950 на соляній кислоті демонструють меншу умовну в'язкість ніж бітумні емульсії з тим же емульгатором на ортофосфорній кислоті. Вміст

емульгатора найяскравіше впливає на стійкість при зберіганні. Спостерігається лінійна залежність між вмістом емульгатора та стійкістю при зберіганні. Бітумні емульсії із більшим вмістом емульгатора мають кращу стійкість при зберіганні. Усі БЕ довго змішуються із мінеральним заповнювачем, відповідно у них високий індекс розпаду та час (стан) до розпаду. Збільшення кількості емульгатора у емульсії однозначно збільшує індекс розпаду та дає змогу досягти показника час (стан) до розпаду >300 с, для усіх бітумних емульсій окрім емульсій із емульгатор Redicote E-11 із дозуванням 0,9% та 1,2% на соляній кислоті, а також емульсій із емульгатор Redicote C-320E із дозуванням 0,9% та 1,2% на ортофосфорній кислоті. Отримані результати характеристик розпаду свідчать про те, що БЕ на емульгаторі Redicote E-4875 NPF мають найбільшу стійкість під час змішування з портландцементом. Бітумні емульсії із емульгатором Redicote C-320E мають найменшу стійкість під час змішування із портландцементом незалежно від типу кислоти, що використовується. Проведені спектроскопічні дослідження підтверджують наявність первинних та вторинних амінів у залишковому в'яжучому емульсії. Більше поглинання у діапазоні, що відповідає амінам у зразках залишкового в'яжучого із бітумних емульсій в порівнянні із вихідним бітумом свідчить про наявність залишків емульгаторів. Підібрано склади бітумних емульсій для технології литих емульсійно-мінеральних сумішей, холодного ресайклінгу та стабілізації ґрунтів.

У **четвертому розділі** дисертаційної роботи (44 стор.) Встановлено, що час розпаду литих емульсійно-мінеральних сумішей залежить від складу використаної емульсії та реактивності кам'яного матеріалу за показником метилену синього. Чим вище показник метилену синього, тим більшу кількість регулятора розпаду потребує лита емульсійно-мінеральна суміш для досягнення необхідно розпаду суміші. Також необхідна кількість регулятора розпаду в литих емульсійно-мінеральних сумішах залежить від типу емульгатора в складі емульсії. Спостерігається певна лінійна залежність між кількістю регулятора розпаду та розпадом суміші, проте вплив напряму залежить від емульгатора у бітумній емульсії і у кожному випадку він є індивідуальним. Результати досліджень свідчать про те, що емульсії із 1,2% вмістом E4875 NPF для технології литих емульсійно-мінеральних сумішей із метиленом синім 18 мл доцільно застосовувати за температури довкілля 30°C. Саме за такої температури розпад суміші становить близько 180 с без необхідності включення регулятора розпаду в суміш. На противагу цьому в склад литої

емульсійно-мінеральної суміші на емульсії із Redicote E11-1,2% мас. необхідно включати 1,7 регулятора розпад суміші. Щодо когезійної міцності литих емульсійно-мінеральних сумішей обидва склади показали однаковий час для відкриття руху транспортних засобів, але показники втрати матеріалу за вологого зносу у бітумної емульсії із емульгатором Redicote E4875 NPF є меншими ніж у бітумної емульсії Redicote E11-1,2% мас і знаходяться в межах нормативних вимог. Досліджено, що додавання щебенево-піщаної суміші та портландцементу в склад суміші виготовленої за методом холодного ресайклінгу пришвидшує розпад бітумної емульсії, але своєю чергою бітумна емульсія уповільнює тужавіння портландцементу, що призводить до більшого часу транспортування суміші виготовленої за методом холодного ресайклінгу за потреби у випадку холодного ресайклінгу «на заводі» та більшого часу на технологічні операції укладання, профілювання та ущільнення шару. Ця особливість впливає на границю міцності на стиск в часі, адже катіонна бітумна емульсія у матеріалі дорожньому виготовленому методом холодного ресайклінгу, сповільнюючи початкове тужавіння портландцементу, не знижує границю міцності зразків на стиск на 28 добу, а навпаки збільшує її. За границею міцності за стиску за температури 20°C та 50°C найвищими показниками характеризується матеріал із портландцементом та бітумною емульсією із емульгатором Redicote 4875 NPF. Цьому матеріалу характерні і найнижчі показники водонасичення. Це є закономірним оскільки, аналіз фото випробуваних зразків вказує на те що покриття суміші виготовленої за методом холодного ресайклінгу залишковим в'яжучим із бітумної емульсії із емульгатором Redicote 4875 NPF є найкращим. Таке хороше покриття є не випадковим, адже ця бітумна емульсія є найстійкішою до розпаду за стандартними характеристиками розпаду для бітумної емульсії та за запропонованим методом розпаду бітумної емульсії в суміші виготовленої за методом холодного ресайклінгу. Визначено фізико-механічні показники стабілізованих ґрунтів та модуль деформації, які вказують на те, що оптимальним серед досліджених складів бітумної емульсії є склад із спеціальним емульгатором Redicote E-4875 NPF, адже йому властивий найдовший розпад бітумної емульсії за стабілізації ґрунту та вищі показники якості стабілізованого ґрунту. Запропоновано вимоги до надстійких бітумних емульсій за характеристики розпаду та стійкості за зберігання та вимоги до надстійких бітумних емульсій для конкретної дорожньої технології, а саме литих емульсійно-мінеральних сумішей, холодного ресайклінгу та стабілізації грунтів.

У **п’ятому розділі** дисертаційної роботи (7 стор.) наведені результати промислового впровадження, що підтверджують ефективність використання надстійких емульсій, а саме це наведено у актах компаніями: ТОВ «ВОЛИНЬДОРБУД», ТОВ «УНІДОР СЕРВІС». Загалом за даними актами впровадження було виготовлено надстійкі катіонні бітумні емульсії , що використовувались для влаштування литих емульсійно-мінеральних сумішей та шару із суміші виготовленої за методом холодного ресайклінгу. Наведені результати дисертаційної роботи використовуються і впроваджені в навчальний процес кафедри автомобільних доріг та мостів Національного університету «Львівська політехніка» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», освітньо-професійної програми «Автомобільні дороги та аеродроми» в рамках викладання дисципліни «Сучасні матеріали та технології в дорожньому будівництві». Приведена економічна ефективність розроблених складів надстійких бітумних емульсій для литих емульсійно-мінеральних сумішей, холодного ресайклінгу та стабілізації ґрунту.

У **загальних висновках** (2 стор.) узагальнено результати дисертаційної роботи, підтверджуючи досягнення мети дослідження та вирішення поставлених завдань.

У додатках (14 стор.) подано результати експериментальних досліджень, акти впровадження результатів дослідження на практиці та освітньому процесі.

Дисертаційна робота має цілісну структуру, всі розділи дослідження взаємопов’язані між собою.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, достовірність і новизна досліджень.

Проведено аналітичний огляд, сформульовано гіпотезу досліджень та розроблено теоретичні передумови використання надстійких бітумних емульсій та дорожніх сумішей матеріалів на їх основі. Отримані результати були експериментально підтверджені. Висновки та рекомендації, зроблені автором, узгоджуються з існуючими уявленнями та підтверджені результатами лабораторних досліджень та практичної реалізації, тому є обґрунтованими.

Достовірність результатів дослідження.

Отримані результати, висновки, рекомендації і методики, представлені в дисертаційній роботі, підтверджуються застосуванням комплексу незалежних методів досліджень, які взаємно доповнюють один одного. Велика кількість отриманих даних дозволили автору вивести правильні закономірності і на цій основі зробити обґрунтовані

висновки.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у тому, що в ході досліджень автором вперше було:

Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість отримання катіонних бітумних емульсій для дорожнього будівництва з необхідними характеристиками розпаду та стійкості за зберігання шляхом використання спеціальних емульгаторів за відповідного дозування, котрі отримали загальну назву надстійкі бітумні емульсії;

Розроблено і оптимізовано склади катіонних бітумних емульсій, що забезпечують високу стійкість до розпаду та зберігання;

Набуло подальшого розвитку дослідження особливої структуроутворюючої ролі надстійких бітумних емульсій при влаштуванні литих емульсійно-мінеральних сумішей та матеріалів виготовлених за технологією холодного ресайклінгу, що сприяє підвищенню технологічності цих сумішей;

Досліджено різницю та подібність в результатах надстійких бітумних емульсій за різними методами досліджень щодо характеристик розпаду та стійкості за зберігання. Стандартні характеристики розпаду емульсій корелюють із спеціальним характеристиками розпаду емульсій для технологій литих емульсійно-мінеральних сумішей та матеріалів виготовлених за технологією холодного ресайклінгу;

Практичне значення полягає у можливості збільшення термінів зберігання та транспортування бітумних емульсій, її стійкості до розпаду, як наслідок використання надстійких бітумних катіонних емульсій у бітумно-емульсійних технологіях дасть змогу збільшити термін транспортування та укладання сумішей із цими емульсіями.

Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів полягає в аналізі світового досвіду використання бітумних катіонних емульсій у дорожньому будівництві, у постановці завдання, плануванні експериментальних досліджень та особистому їх виконанні, дослідженні можливості використання надстійких бітумних катіонних емульсій у таких дорожніх технологіях, як холодний ресайклінг, стабілізація ґрунтів, литих емульсійно-мінеральних сумішах, узагальнення отриманих результатів, практичному впроваджені результатів та формулювання основних висновків

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Дисертаційна робота не має ознак академічного плагіату та інших порушень, які могли б поставити під

сумнів самостійний характер виконаного дослідження та дотримання норм академічної доброчесності.

Відповідність дисертації встановленим вимогам. Дисертаційна робота Бідося Володимира Миколайовича є самостійною й завершеною працею. Зміст роботи - чіткий та зрозумілий. Робота має важливе наукове значення та представляє значний практичний інтерес. Загальна характеристика дисертації - позитивна. Дисертаційна робота за вимогами щодо структури, змісту, загального обсягу та кількості наукових публікацій, що висуваються до здобувача наукового ступеня доктора філософії, відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України, та є результатом науково- дослідної роботи, що характеризується належним науково-методичним рівнем її виконання.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

1) Не було розглянуто екологічні аспекти використання надстійких бітумних емульсій. зокрема — на вміст кислот, залишкових ПАР та потенційний вплив на навколишнє середовище після укладання. Цей аспект стає все більш актуальним у сучасному дорожньому будівництві.
2) У розділі 4.3 варто було б встановити вплив бітумної емульсії на стабільність фізико-механічних показників стабілізованого ґрунту з часом, зокрема під дією вологи та температурних коливань. Водночас відсутні порівняльні дані фізико-механічних показників для природного ґрунту або ґрунту, стабілізованого за стандартною технологією, що обмежує можливість об'єктивної оцінки ефективності запропонованого підходу.
3) У роботі використано емульгатори лише двох виробників, доцільно було б виготовити та дослідити емульсії із емульгаторами більшої кількості компаній.
4) Для отримання максимально достовірної математичної моделі залежності властивостей надстійких катіонних бітумних емульсій від ряду досліджених факторів, в роботі варто було б використати метод математичного планування експерименту.

Зазначені зауваження мають здебільшого рекомендаційний характер і стосуються окремих аспектів структурування та подання матеріалу. та не обмежують значущість досліджень, актуальність теми та компетентність автора.

Загальний висновок. Зміст роботи - чіткий та зрозумілий. Робота має важливе наукове значення та представляє значний практичний інтерес. Загальна характеристика дисертації - позитивна. Вважаю, що робота відповідає галузі знань 19 «Архітектура та

будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Дисертаційна робота Бідося Володимира Миколайовича “Надстійкі катіонні бітумні емульсії для дорожнього будівництва” є самостійною й завершеною працею. Робота за своїм змістом та оформленням відповідає вимогам Наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами), «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44), а її автор, Бідось Володимир Миколайович - заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Рецензент

Доцент кафедри «Автомобільні дороги та мости»
Національного університету «Львівська політехніка»,
доц., к.т.н. Юрій НОВИЦЬКИЙ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"
ВІДДІЛ КАДРІВ 02071010
ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ
НАЧАЛЬНИК ВІДДІЛУ КАДРІВ
21 " 07 2025 р