

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

НОВАКОВСЬКА ВІКТОРІЯ ЯКІВНА



УДК 625.7/8

**ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОСТІЙКОСТІ ТА ВОДОСТІЙКОСТІ
БІТУМНОГО В'ЯЖУЧОГО ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ОБРОБКИ
МОДИФІКАЦІЄЮ ЕМУЛЬСІЙ ВОДНИМ КАТІОННИМ ЛАТЕКСОМ**

05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
Жданюк Валерій Кузьмович,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг, м. Харків

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Гамеляк Ігор Павлович,
Національний транспортний університет, завідувач кафедри аеропортів, м. Київ

кандидат технічних наук
Сідун Юрій Володимирович
Національний університет «Львівська політехніка»,
доцент кафедри автомобільних доріг та мостів,
м. Львів

Захист дисертації відбудеться «23» вересня 2021 р. о 14⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.059.01 при Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті за адресом: 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25, конференц-зал.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного автомобільно-дорожнього університету за адресою: 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Автореферат розісланий « 23 » серпня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук, доцент



Р.В. Смолянюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Збереження та планомірний розвиток мережі автомобільних доріг в умовах обмежених фінансових ресурсів вимагає застосування раціональних технологій відновлення та експлуатаційного утримання дорожнього покриття. До таких технологій належить влаштування тонких захисних шарів, що сукупно забезпечують захист поверхні існуючого шару покриття від зносу, його гідроізоляцію і збільшують коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям. Влаштування тонких захисних шарів за технологією поверхневої обробки можна виконувати з використанням бітумів або дорожніх бітумних емульсій. Можливість використання бітумних емульсій в холодному стані спільно з вологими мінеральними матеріалами та нанесення їх на поверхню існуючого шару покриття за температури навколишнього середовища свідчить про економічну та екологічну привабливість такої технології.

Проте, сукупність проблем пов'язаних з виготовленням бітумних емульсій з регульованими фізико-механічними властивостями на основі окиснених бітумів обмежує широке застосування поверхневих обробок. Залишковому в'язучому, що утворюється після розпаду традиційної дорожньої бітумної емульсії, властиві недостатньо висока теплостійкість, водостійкість, еластичність та утримуюча здатність зерен щебеню. Це зменшує довговічність тонких захисних шарів влаштованих за технологією поверхневої обробки з використанням дорожніх бітумних емульсій при зростаючих навантаженнях на них від коліс сучасних транспортних засобів. Зазначене свідчить про актуальність дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась згідно основних положень «Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» (розпорядження Кабінету міністрів України від 30. 05. 2018 р. № 430-р), «Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки» (постанова Кабінету міністрів України від 21. 03. 2018 р. № 382), а також згідно планів науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт Державного агентства автомобільних доріг України та тематики виконання науково-дослідних робіт Харківського національного автомобільно-дорожнього університету під час виконання наступних тем: № 35-12-08 «Провести моніторинг якості емульсій, що застосовуються дорожніми підприємствами України та надати пропозиції по їх оптимальному використанню» (державний реєстраційний № 0108U007431), № 35-01-08 «Контроль за дотриманням технологічних режимів при улаштуванні та ремонті дорожніх покриттів асфальтобетонними сумішами, які виготовляються на підприємстві ТзОВ «Паркінг +» (державний реєстраційний № 0108U002983), № 114/35-50-11 «Розробити посібник до ДСТУ Б В.27-129

щодо технологій приготування та застосування катіонних бітумних емульсій в дорожньому будівництві» (державний реєстраційний № 0111U005504).

Мета дисертаційної роботи. Підвищення теплостійкості та водостійкості бітумного в'язучого модифікацією емульсій водним катіонним латексом для збільшення довговічності поверхневих обробок.

Задачі дослідження.

Для досягнення поставленої мети вирішували наступні задачі:

1. Виконати аналіз існуючих даних щодо впливу складників на властивості бітумних емульсій та залишкового бітумного в'язучого, розглянути існуючі способи модифікації бітумних емульсій полімерами.
2. Теоретично обґрунтувати процеси структуроутворення та механізм розпаду модифікованих емульсій на поверхні мінеральних матеріалів та експериментально підтвердити особливості впливу на них індивідуальних складників.
3. Комплексно дослідити вплив вмісту емульгаторів та кислоти на термодинамічні характеристики водних фаз та показники фізико-механічних властивостей емульсій на основі окиснених нафтових бітумів.
4. Провести комплексні експериментальні дослідження впливу водного катіонного латексу на фізико-механічні властивості емульсій та залишкового бітумного в'язучого.
5. Дослідити вплив вмісту водного катіонного латексу, як складника катіонних бітумних емульсій, на теплостійкість, водостійкість, еластичність та показник утримуючої здатності зерен щебеню бітумним в'язучим. Визначити температурні залежності показника утримуючої здатності зерен щебеню бітумним в'язучим та вплив на нього циклічного заморожування-відтавання.
6. Розробити рекомендації щодо технології модифікації дорожніх бітумних емульсій водним латексом та виконати впровадження отриманих результатів у виробничих умовах.

Об'єкт дослідження. Дисперсна система у вигляді модифікованої дорожньої катіонної бітумної емульсії для поверхневої обробки.

Предмет дослідження. Закономірності впливу складників на властивості модифікованих катіонних бітумних емульсій та бітумного в'язучого.

Методи дослідження. У роботі використані стандартні методи визначення фізико-механічних властивостей катіонних бітумних емульсій та бітумів, методи статистичної обробки експериментальних даних і оцінки економічної ефективності. Для вирішення поставлених задач використано методи визначення поверхневого натягу, крайового кута змочування, седиментації бітумних емульсій, зчеплюваності в'язучого з мінеральною поверхнею. Утримуючу здатність зерен щебеню бітумним в'язучим для поверхневих обробок визначали за методом Віаліт.

Наукова новизна одержаних результатів.

- дістали подальшого розвитку теоретичні дослідження процесів структуроутворення, що протікають в дисперсійному середовищі при введенні водного катіонного латексу у готову катіонну бітумну емульсію, та механізму її розпаду;

- дістали подальшого розвитку дослідження закономірностей впливу різних емульгаторів на термодинамічні властивості водних фаз та емульсій на їх основі, які стали підґрунтям для вибору емульгаторів та їх концентрацій при підборі складу та приготуванні модифікованих емульсій для влаштування тонких захисних шарів за технологією поверхневої обробки;

- вперше комплексно досліджено вплив вмісту водного катіонного латексу у складі бітумних емульсій на теплостійкість, водостійкість, еластичність та здатність бітумного в'язучого утримувати зерна щебеню за різних температур та кількості циклів заморожування-відтавання.

Практичне значення одержаних результатів.

Прикладним аспектом використання наукового результату є підвищення довговічності тонких захисних шарів влаштованих за технологію поверхневої обробки з використанням бітумних емульсій модифікованих водним катіонним латексом.

Результати досліджень були використані при розробленні наступних нормативних документів: ДСТУ Б В.27-129:2013 «Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови», «Посібник до ДСТУ Б В.27-129 щодо технологій приготування та застосування катіонних бітумних емульсій в дорожньому будівництві».

За розробленими рекомендаціями щодо технології модифікації дорожніх бітумних емульсій водним катіонним латексом виконано науково-технічний супровід робіт з влаштування поверхневої обробки на автомобільній дорозі Р-78 «Харків–Зміїв–Балаклія–Гороховатка».

Результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальний процес в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті у лекційних курсах «Технологія будівництва автомобільних доріг», «Прогресивні технології експлуатації автомобільних доріг» та у дипломне проектування для студентів, що навчаються за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Особистий внесок здобувача. Наведені у дисертаційній роботі результати отримані здобувачем особисто або за його безпосередньою участю.

В опублікованих працях здобувачу належать: аналіз літератури щодо особливостей модифікації катіонних бітумних емульсій полімерами [1, 8]; розробка теоретичної моделі, що описує процес взаємодії бітумної емульсії з водним катіонним латексом, та механізму розпаду модифікованої емульсії на поверхні мінеральних матеріалів [1, 7, 14]; порівняльні експериментальні дослідження термодинамічних властивостей водних розчинів емульгаторів та

емульсій на їх основі [2, 4, 5,]; встановлення взаємозв'язку між поверхневими та фізико-механічними властивостями емульсій [6]; порівняльні експериментальні дослідження впливу різних емульгаторів на властивості залишкового в'язучого [12]; експериментальні дослідження впливу водного катіонного латексу серії «Butonal NS 198» на властивості катіонних бітумних емульсій та залишкового в'язучого [5, 7, 9, 10, 11, 13, 15].

Обґрунтованість та достовірність отриманих в роботі результатів підтверджується достатнім обсягом експериментальних досліджень, що отримані з використанням сучасного лабораторного обладнання, апробацією результатів роботи та виробничим впровадженням.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на VI та VII міжнародних науково-технічних інтернет-конференціях «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве» (Харків, ХНАГХ, 2006 р. та 2007 р.); II міжнародній науково-технічній інтернет-конференції «Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства» (Харків, ХНАГХ, 2007 р.); міжнародній науково-технічній конференції «Структуроутворення, технологія, властивості та довговічність органічних в'язучих і бетонів на їх основі» (Харків, ХНАДУ, 2007 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии» (Белгород, 2007 р.); міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених і аспірантів «Сучасні технології будівництва автомобільних доріг» (Харків, ХНАДУ, 2008 р.); міжнародній конференції молодих фахівців «Молоді вчені – автомобільним дорогам ХХІ століття» (Київ, НТУ, 2008 р.); міжнародній Промисловій конференції «Ефективність реалізації наукового, ресурсного і промислового потенціалу в сучасних умовах» (Славське, 2009 р.); міжнародній науково-технічній конференції «Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів» (Харків, ХНАДУ, 2010 р.); 8-й міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (Харків, УкрДУЗТ, 2019 р.); щорічних науково-техн. конференціях викладачів та наукових співробітників ХНАДУ (2007–2021 р.р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи і результати досліджень опубліковані в 16 друкованих працях, зокрема 7 публікацій у періодичних фахових виданнях, що входять до переліку МОН України (включені до міжнародної наукометричної бази Google Scholar), 1 стаття у виданні, що включене до наукометричної бази SCOPUS; 8 у збірниках праць за матеріалами наукових конференцій.

Структура дисертації. Дисертаційна робота викладена на 171 сторінці, з яких 158 сторінок належать до основного тексту, і складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел зі 163 найменувань, 3 додатків, містить 73 рисунки і 23 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність дисертаційної роботи, її зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету і задачі дисертаційного дослідження, визначено предмет та об'єкт дослідження, наведено методи дослідження, наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача, подано відомості про апробацію результатів роботи та структуру роботи.

У першому розділі виконано огляд і аналіз існуючих теоретичних та експериментальних даних щодо регулювання властивостей катіонних бітумних емульсій. Фундаментальним дослідженням фізико-хімічних властивостей дисперсних систем та регулюванню властивостей емульсій присвячені роботи вітчизняних та закордонних вчених таких, як А. А. Абрамзон, А. В. Берштейн, М. І. Волков, С. С. Воюцький, І. П. Гамеляк, С. В. Єгоров, В. К. Жданюк, А. Д. Зімон, В. О. Золотарьов, Е. Кінлок, В. Клейтон, Л. О. Кирилова, Л. Ф. Кириченко, М. І. Кучма, Т. А. Маркова, В. В. Мозговий, М. Ф. Нікішина, А. М. Онищенко, Е. М. Рвачова, І. А. Плотнікова, П. А. Ребіндер, Л. Ф. Ступакова, Ю. В. Сідун, С. Й. Солодкий, А. Фридрихсберг, А. Шварц, Ф. Шерман, А. Джеймс, К. Лоу, Д. Калкман, В. Екман, Г. Холлеран, Д. Лезуер, К. Такамура та інші.

Аналіз літературних джерел вказує на те, що емульгатор, як складник бітумної дорожньої емульсії, полегшує диспергування бітуму у водній фазі, знижуючи поверхневий натяг на границі розділу бітум-вода та запобігає коалесценції бітумних крапель, забезпечуючи їхню агрегативну стійкість. Функціональна дія катіоноактивного емульгатора забезпечується його взаємодією з кислотою. Експериментально багатьма дослідниками підтверджено, що дисперсність катіонної бітумної емульсії значною мірою залежить від природи і концентрації використаного емульгатора. Дисперсність емульсій впливає на інші важливі характеристики: в'язкість, однорідність, стійкість під час зберігання та транспортування, швидкість розпаду, товщину плівки, яку емульсія утворює на поверхні мінеральних матеріалів.

Виконаний аналіз літературних джерел показав обмеженість даних щодо досліджень термодинамічних властивостей сучасних емульгаторів, зокрема їхньої поверхневої активності по відношенню до води та водних розчинів кислоти. Недостатніми також є комплексні дослідження стосовно впливу термодинамічних характеристик сучасних емульгаторів на фізико-механічні властивості катіонних бітумних емульсій. На сьогодні не існує чітких рекомендацій за якими можна підібрати вміст емульгатора для виготовлення бітумної емульсії з певними фізико-механічними властивостями. Результати досліджень щодо впливу природи сучасних емульгаторів на в'язкість дорожніх емульсій на основі вітчизняних окиснених бітумів також практично відсутні.

Огляд літературних джерел щодо існуючих результатів досліджень впливу різних чинників та добавок на властивості катіонних бітумних емульсій показує, що дослідження впливу водного катіонного латексу на термодинамічні та фізико-механічні властивості емульсій на основі окиснених дорожніх бітумів потребують комплексних поглиблених досліджень. Залишається недостатньо вивченим вплив концентрації емульгаторів, рН емульсії, вмісту водного катіонного латексу на властивості залишкового окисненого бітуму, що утворюється внаслідок розпаду емульсій.

У другому розділі наведено теоретичні дослідження процесів структуроутворення, що протікають в дисперсійному середовищі при додаванні водного катіонного латексу у готову катіонну бітумну емульсію.

З позицій колоїдної хімії водні катіонні латекси мають структуру подібну структурі катіонних бітумних емульсій. При додаванні водного катіонного латексу у готову бітумну емульсію відбувається рівномірний розподіл міцел бітуму та латексу, які мають однойменні заряди, в об'ємі водної фази (рис. 1). Стабільність в обох системах забезпечується насиченими або близькими до насичення адсорбційними шарами орієнтованих молекул емульгаторів та за рахунок подвійного електричного шару навколо кожної бітумної або латексної частки (ядра міцели). Збільшення концентрації емульгатора викликає збільшення густини і міцності адсорбційних шарів навколо часток бітуму (латексу). Зростання концентрації емульгатора в дисперсійному середовищі сприяє підвищенню стабільності і однорідності як бітумної так і латексної емульсій. Зовнішній шар міцели утворюють іони хлору, або при застосуванні іншої кислоти відповідні іони кислотного залишку.

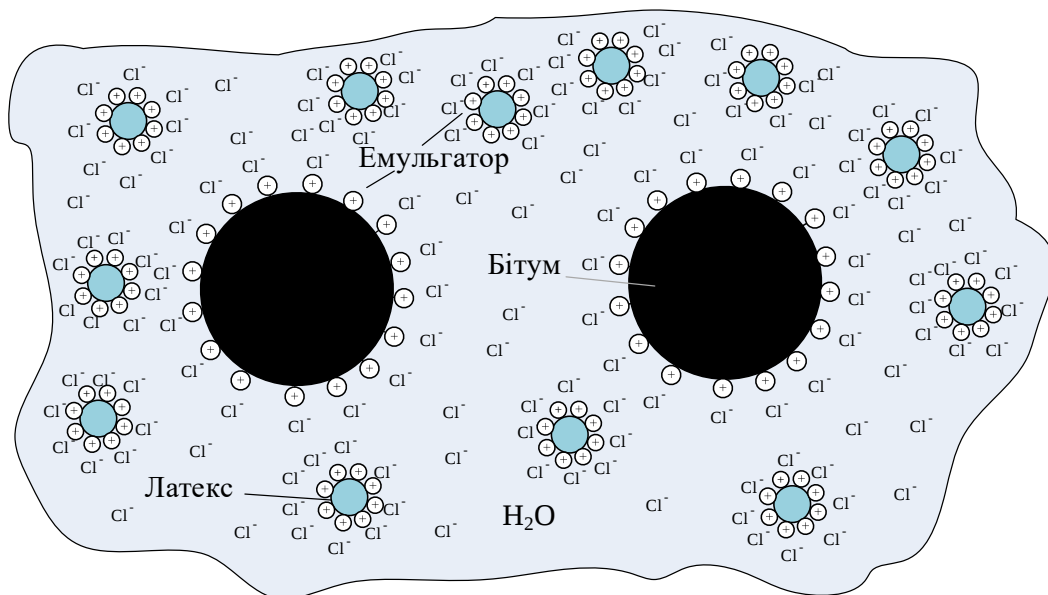


Рисунок 1 – Схематичне зображення структури бітумної емульсії, модифікованої катіонним латексом

Відомо, що краплі бітуму та латексу мають різні розміри та щільність, тому під час довгострокового зберігання модифікованій емульсії буде властива більша схильність до розшаровування.

Запропоновано механізм розпаду готової бітумної емульсії, модифікованої латексом, на поверхні мінерального матеріалу (рис. 2).

В першу чергу на поверхні кислих мінеральних матеріалів адсорбуються вода та іони гідрогену, які знаходяться в водній фазі емульсії. Паралельно відбувається поступова адсорбція молекул емульгаторів, спочатку вільних, потім емульгаторів з міцел латексу та бітумної емульсії.

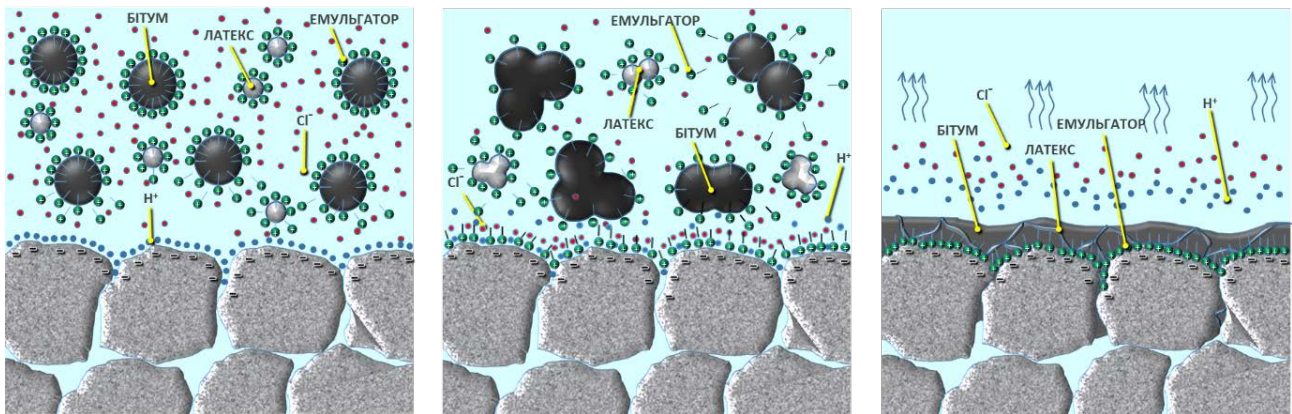


Рисунок 2 – Схематичне зображення основних стадій процесу розпаду бітумної емульсії модифікованої водним катіонним латексом на поверхні мінерального матеріалу

Наступним етапом є утворення зв'язку між активними центрами мінерального матеріалу та кислотою з емульгатором за рахунок електростатичного орієнтаційного тяжіння негативно зарядженої поверхні та позитивно заряджених полярних груп молекул емульгаторів. Внаслідок адсорбції молекул емульгатора поступово відбувається гідрофобізація мінеральної поверхні вуглецевими «хвостами» емульгаторів. Одночасно, внаслідок взаємодії кислоти з поверхнею мінеральних матеріалів, відбувається падіння кислотності водного середовища.

На наступному етапі, внаслідок адсорбції молекул емульгатора та падіння кислотності, краплі бітуму та латексу втрачають свої захисні оболонки і спочатку зливаються, а потім осідають на гідрофобізовану поверхню мінеральних матеріалів. Після втрати захисного шару молекул емульгатора краплі полімеру зливаються і в результаті гідрофобного тяжіння утворюють стільникову структуру навколо крапель бітуму. Утворюється змішаний коагулянт, що осідає на поверхню мінерального матеріалу (рис. 3).



Рисунок 3 – Схематичне зображення останньої стадії розпаду бітумної емульсії модифікованої водним катіонним латексом

Невелика частина води з емульсії адсорбується на поверхні мінеральних матеріалів, інша вода поступово витискується бітумом з емульгатором та випаровується.

Очевидно, що розпад катіоноактивної бітумної емульсії на поверхні мінерального матеріалу залежить від швидкості зменшення концентрації кислоти в дисперсійному середовищі та швидкості адсорбції молекул емульгатора. Відповідно розпад модифікованої латексом бітумної емульсії буде протікати повільніше, порівняно з не модифікованою бітумною емульсією, за рахунок додаткової кількості ПАР та води, що надходять з латексом у її склад.

У третьому розділі наведена характеристика матеріалів і методів досліджень, використаних у роботі.

Для приготування емульсій використовували нафтовий дорожній бітум марки БНД 70/100, катіоноактивні емульгатори виробництва фірми «СЕСА Arkema group» (Франція) і фірми «AkzoNobel» (Нідерланди), хлоридну кислоту щільністю $1,154 \text{ г/см}^3$ та концентрацією 31 %. Для модифікації емульсій використовували водний катіонний латекс Butonal NS 198 виробництва фірми BASF SE (Німеччина). Вміст водної фази в латексі складає 47 %.

Для визначення властивостей емульсій використовували гранітний щебінь кубовидної форми фракції від 5 мм до 10 мм Гайворонського спецкар'єру і фракції від 20 мм до 40 мм Кременчуцького кар'єроуправління «Кварц». Для визначення швидкості розпаду і індексу розпаду використовували пісок для скляної промисловості марки ВС-050-1 згідно з ГОСТ 22551 та кварцовий пісок Безлюдівського кар'єру (Харківська область).

Катіонні бітумні емульсії виготовляли в лабораторній установці конструкції заводу «Укрбудмаш» (Україна). Експериментальні дослідження виконували як за стандартними методами визначення властивостей катіонних бітумних емульсій, залишкових бітумів та в'язучих, так і спеціальними методами і приладами.

Поверхневий натяг водних розчинів і бітумних емульсій на границі поділу рідини-газ оцінювали за максимальним тиском в бульбашці з використанням мікроманометра. Визначення крайового кута змочування поверхні скляних

пластин водними розчинами емульгаторів і бітумними дорожніми катіонними емульсіями проводили методом лежачої краплі на поверхні твердого тіла, використовуючи оптичний проекційний прилад.

Утримуючу здатність залишкового в'язучого для поверхневих обробок кількісно визначали за методом Віаліт в інтервалі температур від плюс 25 °С до мінус 25 °С згідно EN 12272-3. Визначення зчеплюваності бітумних емульсій з мінеральними матеріалами визначали методом занурювання в воду згідно з ДСТУ EN 13614. Визначення схильності бітумних емульсій до розшарування проводили згідно з ДСТУ EN 12847. Процедура випаровування води для утворення залишкового в'язучого виконували згідно з американським методом California Test 331 «Method of test for residue by evaporation of latex modified emulsified asphalt».

Необхідну кількість випробувань визначали за результатами статистичної обробки експериментальних даних.

У четвертому розділі наведені результати дослідження впливу вмісту складників на властивості чотирьох взаємопов'язаних систем: водної фази, бітумної емульсії, модифікованої катіонним латексом бітумної емульсії, залишкового в'язучого.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що модифікація бітумних емульсій водним катіонним латексом практично не впливає на показники їх фізико-механічних властивостей (таблиця 1), проте суттєво позначається на теплостійкості залишкових бітумних в'язучих, утворених внаслідок їх розпаду.

Таблиця 1 – Результати дослідження фізико-механічних властивостей модифікованої бітумної емульсії на основі емульгатора Redicot EM-44

Назва показника властивостей	Концентрація «Butonal NS 198» від маси бітуму, %				
	0	1,5	3	4,5	6
Умовна в'язкість за температури 20 °С на приладі з діаметром отвору витоку 4 мм, с	10	10	9,5	9,5	9
Однорідність (залишок на ситі № 0,14), %	0,3	0,35	0,4	0,4	0,4
Показник концентрації водневих іонів, рН	2	2,2	2,3	2,3	2,3
Індекс розпаду (пісок для скляної промисловості), %	252	258	260	260	260

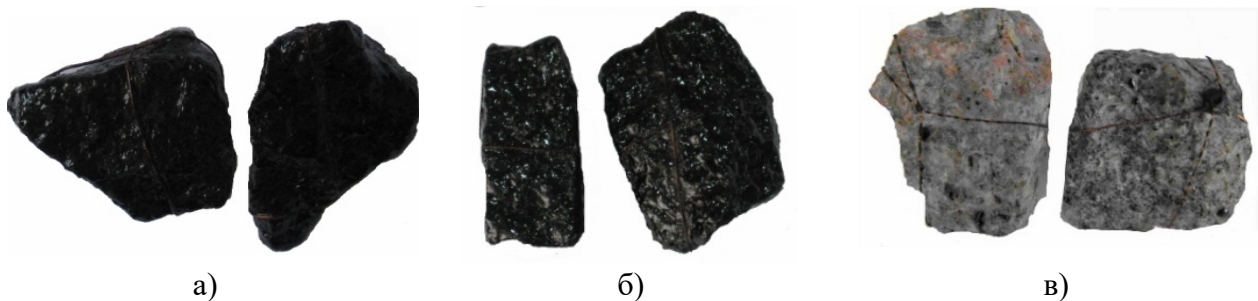
Результати дослідження впливу концентрації водного катіонного латексу Butonal NS 198 на фізико-механічні властивості бітумних в'язучих, виділених з модифікованих бітумних емульсій, показали, що у разі збільшення

концентрації латексу до 6 % теплостійкість в'язучого за показником температури розм'якшеності збільшилась на 16 °С (таблиця 2).

Таблиця 2 – Фізико-механічні властивості бітумних в'язучих, виділених з модифікованих бітумних емульсій на основі емульгатора Redicot EM-44 з різною концентрацією катіонного водного латексу

Назва показника властивостей	Концентрація Butonal NS 198 від маси бітуму, %				
	0	1,5	3	4,5	6
Пенетрація, 0,1 мм, за температури 25 °С	86	80	78	70	60
	0 °С	28	28	27	27
Температура розм'якшеності, °С	47	52	54	58	63
Розтяжність за температури 25 °С, см	60	50	45	45	40
Еластичність, %	-	65	68	72	74
Зчеплюваність залишкового в'язучого із поверхнею скла, %	92	94	95	95	97
Зчеплюваність залишкового в'язучого з поверхнею щебеню, %	90	92	93	95	96

Результати експериментального визначення показників водостійкості бітумних в'язучих, утворених з бітумної емульсії та модифікованої 3 % латексу бітумної емульсії, з поверхнею мінеральних матеріалів вказують на те, що величина показника зчеплюваності з поверхнею гранітного щебеню бітумного в'язучого, виділеного з немодифікованої емульсії порівняно з вихідним бітумом марки БНД 70/100, збільшилась в середньому на 85 %, а –бітумного в'язучого, виділеного з модифікованої емульсії, на 95 % (рис. 4).



а) модифікована 3 % латексу бітумна емульсія на основі емульгатора Polygam L80;
б) бітумна емульсія без латексу на основі емульгатора Polygam L80; (в) вихідний бітум
Рисунок 4 – Зерна гранітного щебеню після випробування на зчеплюваність за ДСТУ Б В.2.7-129

Отримані результати підтверджуються також високими значеннями показника зчеплюваності бітумних в'язучих, виділених з модифікованих бітумних емульсій, з поверхнею скляних пластин, порівняно з вихідним бітумом марки БНД 70/100 (рис. 5).

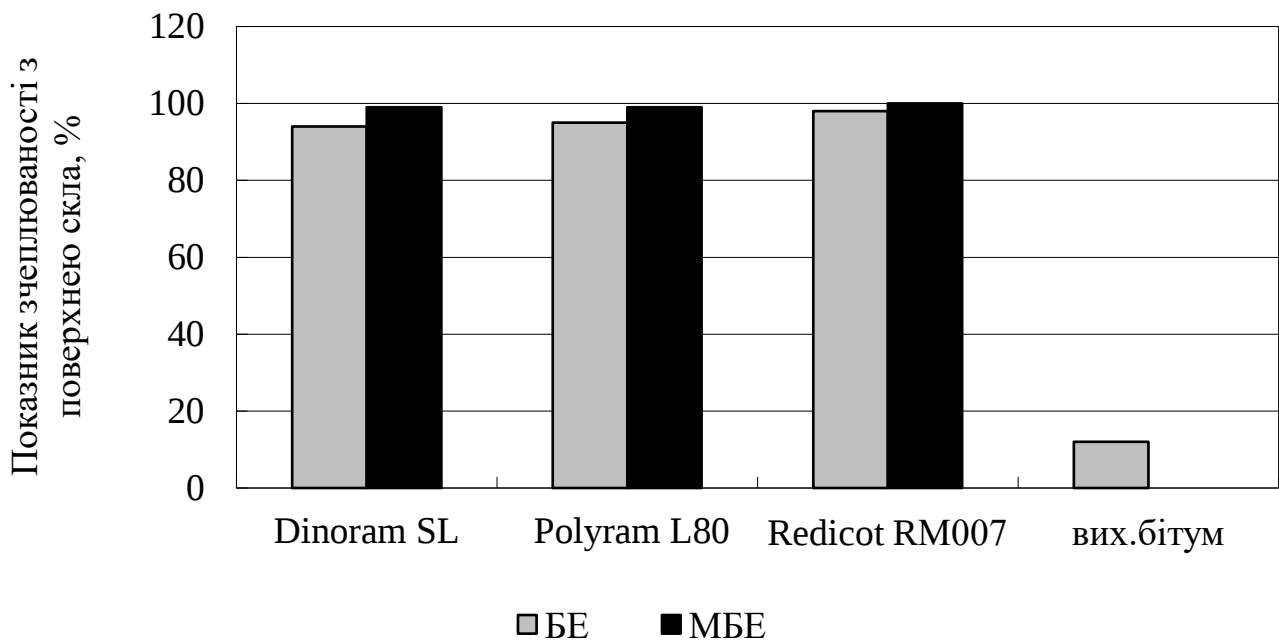


Рисунок 5 – Значення показника зчеплюваності з поверхнею скляних пластин бітумного в'язучого, виділеного з бітумних емульсій (БЕ), та з модифікованих 3 % латексу бітумних емульсій (МБЕ)

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що бітумним в'язучим, утвореним внаслідок розпаду модифікованих 3 % водного катіонного латексу бітумних емульсій на різних емульгаторах, властиві більші значення показника утримуючої здатності в діапазоні температур від мінус 5 до мінус 25 °С, порівняно з бітумним в'язучим, утвореними з бітумних емульсій без латексу (рис. 6). Показано, що в дослідженому діапазоні температур бітумні в'язучі, утворені внаслідок розпаду модифікованих емульсій, за показниками утримуючої здатності зерен щебеню є менш чутливим до зниження температури, порівняно з бітумними в'язучими, утвореними внаслідок розпаду емульсій без латексу.

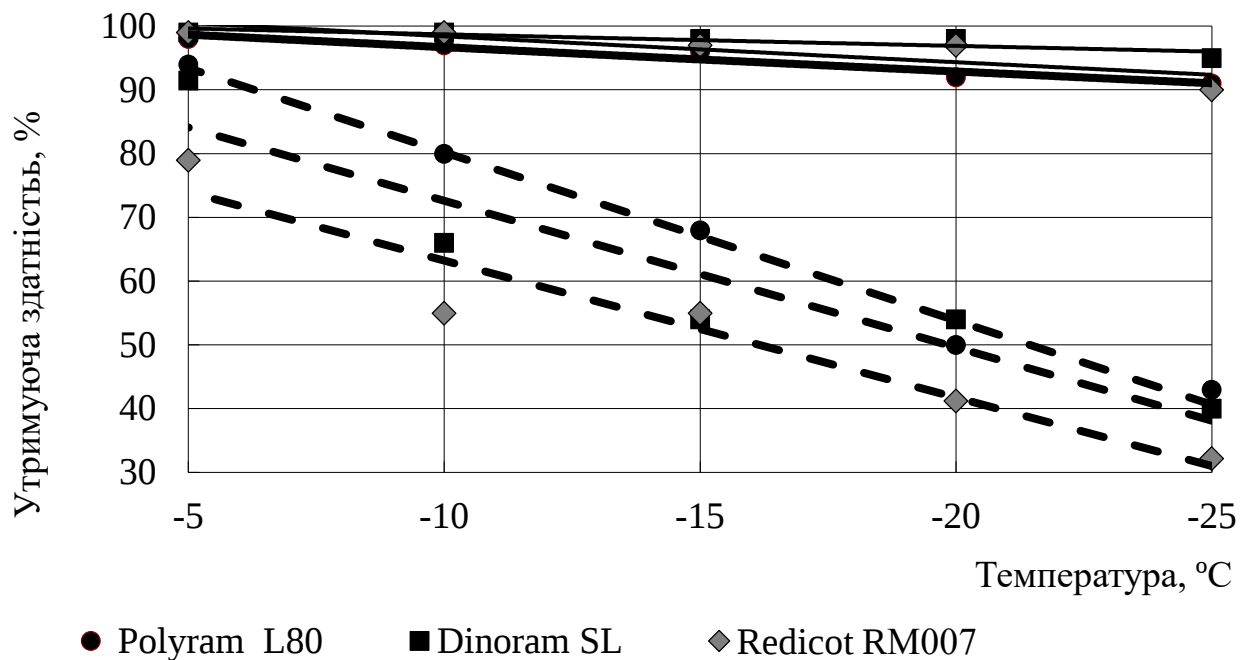


Рисунок 6 – Температурні залежності утримуючої здатності бітумних в'язучих (суцільні лінії – утворені з модифікованих латексом бітумних емульсій, пунктирні – утворені з немодифікованих бітумних емульсій)

Дослідженнями впливу циклічного заморожування – відтавання пластин з приживленими зернами щебеню встановлено, що бітумне в'язуче, утворене внаслідок розпаду модифікованої 3 % латексу бітумної емульсії на основі емульгатора Redicot RM007, за величиною показника утримуючої здатності перевищує бітумне в'язуче, утворене внаслідок розпаду немодифікованої емульсії (рис. 7). Показано, що після п'яти циклів заморожування–відтавання пластин з приживленими зернами щебеню показник утримуючої здатності бітумного в'язучого, утвореного внаслідок розпаду модифікованої бітумної емульсії, зменшився на 8 %, а бітумного в'язучого з немодифікованої бітумної емульсії на 40 %.

Дослідженнями встановлено, що температурна чутливість показника еластичності, а також показника утримуючої здатності зерен щебеню бітумним в'язучим, утвореним внаслідок розпаду бітумної емульсії модифікованої 6 % водного катіонного латексу, є найменшою, порівняно із бітумними в'язучими, утвореними внаслідок розпаду бітумних емульсій з концентрацією 4,5 %, 3 % та 1,5 % латексу у розрахунку на суху речовину (таблиця 3).

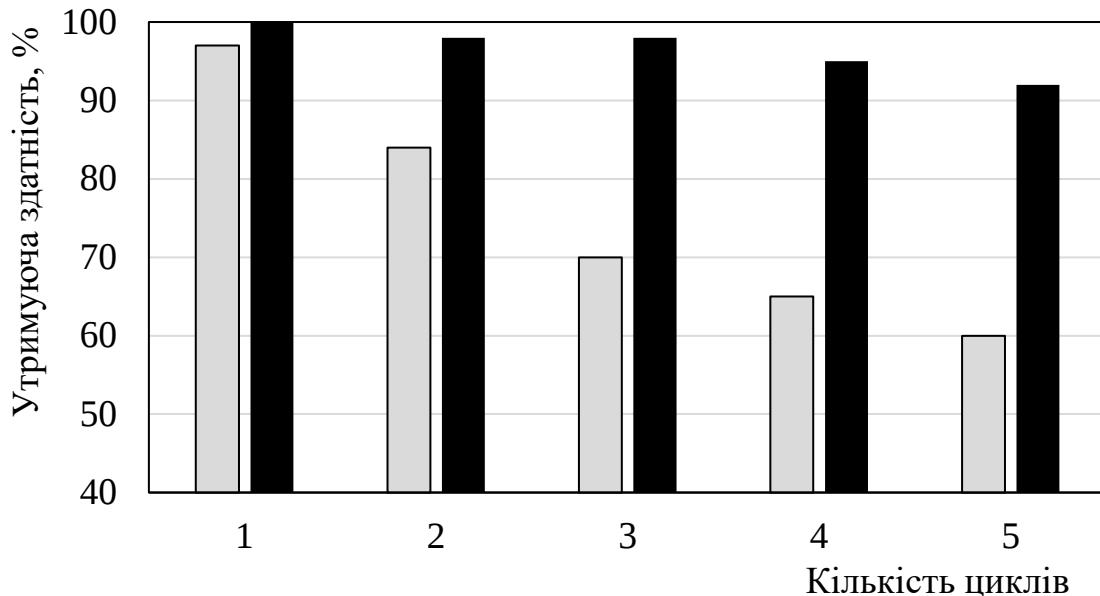


Рисунок 7 – Залежність утримуючої здатності бітумного в'язучого від кількості циклів заморожування-відтавання (чорний колір – утворене з модифікованої бітумної емульсії, сірий колір – з бітумної емульсії без латексу). Температура випробування мінус 10 °С

Таблиця 3 – Утримуюча здатність бітумних в'язучих за різних температур

Концентрація Butonal NS 198 від маси бітуму, %	Температура випробування, °С		
	мінус 5	мінус 10	мінус 25
0	88	52	30
1,5	94	71	34
3	95	90	57
4,5	99	96	73
6	100	98	95

Встановлено, що за температури мінус 25 °С збільшення значення показника утримуючої здатності зерен щебеню бітумним в'язучим з вмістом 6 % латексу становить 68 %, порівняно із бітумним в'язучим, утвореним внаслідок розпаду бітумної емульсії без латексу.

У **п'ятому розділі** наведено рекомендації щодо підбору складу та технології приготування модифікованих бітумних емульсій для будування та ремонтування шарів дорожнього одягу та висвітлено дані щодо практичного впровадження результатів дослідження.

Розроблені рекомендації використовувались під час влаштування тонкошарового покриття за технологією поверхневої обробки укладальною дорожньою колоною Shafer RZS 14000 на автомобільній дорозі Р-78 «Харків – Зміїв – Балаклія – Гороховатка».

Результати дисертаційного дослідження були використані при розробленні ДСТУ Б В.2.7-129:2013 «Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови» та «Посібник до ДСТУ Б В.2.7-129:2013 щодо технологій приготування та застосування катіонних бітумних емульсій в дорожньому будівництві». Результати дисертаційної роботи впроваджені також у навчальний процес в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті у лекційних курсах «Прогресивні технології експлуатації автомобільних доріг», «Технологія будівництва автомобільних доріг» та у дипломне проектування для студентів, що навчаються за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Виконані розрахунки економічної ефективності використання модифікованих латексом бітумних емульсій для влаштування тонких захисних шарів за технологією поверхневої обробки. Встановлено, що використання модифікованої бітумної емульсії для влаштування тонких захисних шарів за технологією поверхневої обробки дозволяє економити 5846,07 грн. на 1000 м², порівняно з використанням для вказаної технології немодифікованої бітумної емульсії.

ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовано та експериментальними дослідженнями підтверджено формування структури, яка забезпечує залишковому бітумному в'язучому одночасно еластичність, підвищену водостійкість, теплостійкість та утримуючу здатність зерен щебеню в захисному шарі, влаштованому за технологією поверхневої обробки. Обґрунтовано основні стадії механізму розпаду катіоноактивної бітумної емульсії, модифікованої водним катіонним латексом, на мінеральній поверхні.

2. Експериментально встановлено, що поверхневі властивості водних фаз та катіонних бітумних емульсій на їх основі мають близькі значення, тому обґрунтування вибору емульгаторів для приготування емульсій з певною швидкістю розпаду можна проводити на основі результатів визначення поверхневих властивостей водних фаз. Показано, що робота сил адгезії бітумних емульсій та водостійкість залишкових бітумів, утворених внаслідок їх розпаду, є взаємопов'язаними параметрами. Встановлено, що зі збільшенням роботи сил адгезії бітумної емульсії спостерігаються зростання значення показника зчеплюваності залишкового бітумного в'язучого з поверхнею зерен щебеню та скляних пластин.

3. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що додавання водного катіонного латексу до складу бітумних катіонних емульсій, виготовлених на основі дорожніх нафтових окиснених бітумів, практично не позначається на показниках їх фізико-механічних властивостей, проте суттєво позначається на теплостійкості та еластичності бітумних в'язучих, утворених

внаслідок їх розпаду. Показано, що за величиною теплостійкості та еластичності бітумні в'язучі, що утворені внаслідок розпаду бітумних емульсій, модифікованих 4,5 % водного катіонного латексу, відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-135, що висуваються до бітумополімерів БМПЗ 60/90-56, які традиційно виготовляють змішуванням за високих технологічних температур. За збільшення вмісту у складі бітумної емульсії катіонного латексу до 6 % відбувається збільшення температури розм'якшеності бітумного в'язучого на 16 °С, порівняно з вихідним окисненим бітумом.

4. За результатами експериментальних досліджень водостійкості встановлено, що зі збільшенням концентрації водного катіонного латексу у складі бітумних емульсій відбувається зростання показників зчеплюваності плівок бітумних в'язучих, утворених після розпаду емульсій, з поверхнею зерен щебеню та скляних пластин. Показано, що присутність у складі бітумної емульсії водного катіонного латексу у кількості 3 % від маси бітуму спричиняє зростання показника зчеплюваності з поверхнею зерен гранітного щебеню на 95 %, порівняно з вихідним окисненим бітумом марки БНД 70/100. За вмісту 6 % водного катіонного латексу у складі катіонної бітумної емульсії значення показника зчеплюваності плівок бітумного в'язучого з поверхнею скляних пластин становить 97 %.

5. Експериментально встановлено, що бітумні в'язучі, утворені внаслідок розпаду модифікованих катіонним латексом бітумних емульсій, характеризуються більшою величиною утримуючої здатності в діапазоні температур від мінус 5 до мінус 25 °С, порівняно з бітумними в'язучими, утвореними з бітумних емульсій без латексу. Показано, що за температури мінус 25 °С збільшення значення показника утримуючої здатності зерен щебеню залишковим бітумним в'язучим з вмістом 6 % латексу склало 68 %, порівняно з бітумним в'язучим без латексу. Встановлено, що бітумним в'язучим, утвореними внаслідок розпаду модифікованих емульсій, притаманна менша чутливість показника утримуючої здатності до впливу циклічного заморожування-відтавання, порівняно з бітумними в'язучими, утвореними внаслідок розпаду бітумних емульсій без латексу. Температурна чутливість показника еластичності, а також показника утримуючої здатності зерен щебеню бітумним в'язучим, утвореним внаслідок розпаду бітумної емульсії з 6 % латексу, є найменшою, порівняно із бітумними в'язучими, утвореними внаслідок розпаду бітумних емульсій з 4,5 %, 3 % та 1,5 % латексу від маси бітуму.

6. Результати виконаних досліджень впроваджені у виробничих умовах під час влаштування тонкошарового покриття за технологією поверхневої обробки шляхом синхронного нанесення модифікованої бітумної емульсії та розсипання щебеню на поверхню асфальтобетонного на автомобільній дорозі Р-78 «Харків – Зміїв – Балаклія – Гороховатка», а також у навчальний процес Харківського

національного автомобільно-дорожнього університету за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Результати дисертаційного дослідження були використані при розробленні ДСТУ Б В.2.7-129:2013 «Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови» та «Посібник до ДСТУ Б В.27-129:2013 щодо технологій приготування та застосування катіонних бітумних емульсій в дорожньому будівництві». Визначена економічна ефективність використання модифікованих бітумних емульсій для влаштування тонких захисних шарів за технологією поверхневої обробки яка складає 5846,07 грн. на 1000 м², порівняно з використанням для вказаних робіт не модифікованих дорожніх бітумних емульсій.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. V. Zhdaniuk, V. Novakovska Estimating the effect of aqueous cationic latex from the class of thermal elastic plastics on the properties of bitumen emulsions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. №4 (6(112)). P. 24-32 <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.237323>.

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. В. К. Жданюк, В. Я. Терлецька, О. М. Кривохижа, С. М. Микитенко. До питання про застосування емульсій бітумних дорожніх при будівництві та ремонті автомобільних доріг. *Автошляховик України*. 2005. №6. С. 33- 35.

2. В. К. Жданюк, В. Я. Терлецька. Дослідження властивостей емульгаторів для дорожніх бітумних емульсій. *Вісник ХНАДУ*. 2006. Вип. 34 - 36. С. 142-145.

3. В. К. Жданюк, В. Я. Терлецька. Катіонні бітумні емульсії модифіковані водним катіонним латексом. *Автошляховик України*. 2008. №1. С. 32-36.

4. В. К. Жданюк, В. Я. Терлецька. Термодинамічні властивості катіонних бітумних емульсій. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: зб. наукових праць*. Київ, НТУ. 2008. Вип.75. С. 150-153.

5. В. К. Жданюк, В. Я. Терлецька. Властивості катіонних бітумних емульсій модифікованих водним катіонним латексом “Butonal NS 198”. *Вісник ХНАДУ*. 2008. Вип. 40. С. 17-20.

6. В. К. Жданюк, В. Я. Терлецкая. Взаимосвязь термодинамических и физико-механических характеристик катионных битумных эмульсий. *Дороги і мости: зб. наукових праць*. 2009. Вип. 11. С. 343-349.

7. В. Я. Новаковська. Дослідження процесу розпаду бітумних та модифікованих бітумних емульсій. *Зб. наукових праць УкрДУЗТ*. 2015. Вип. 157. С. 92-97.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

- 8 В. К. Жданюк, В. Я. Терлецкая Особенности модифицирования битумных эмульсий полимерами. *«Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве»*. Материалы VII Международной научно-технической интернет-конференции. Х.: ХНАГХ. 2006. С. 53-54.
9. В. К. Жданюк, В. Я. Терлецкая, Ю. Г. Чугуенко. Свойства битумных эмульсий, модифицированных полимерами. *«Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства»*. Материалы II международной научно-технической интернет-конференции. Х.: ХНАГХ. 2007. С. 146-147.
10. Е. А. Аринушкина, С. В. Бородина, В. Я. Терлецкая. Влияние полимера класса термоэластопластов на свойства катионных битумных эмульсий. *«Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии»*. Сборник докладов международной научно-практической конференции. Белгород. 2007. Часть 4. С. 311-312.
11. В. К. Жданюк, В. Я. Терлецкая, Е. А. Аринушкина. Сравнительное исследование скорости распада битумных и битумно-полимерных эмульсий. *«Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве»*. Материалы VII Международной научно-технической интернет-конференции Х.: ХНАГХ. 2007. С. 15-17.
12. В. К. Жданюк, В. Я. Терлецкая. Свойства битума, выделенного из катионных дорожных битумных эмульсий. *«Современные технологии строительства и эксплуатации автомобильных дорог»*. Материалы международной научно-технической конференции молодых учёных и аспирантов Х.: ХНАДУ. 2008. С. 201-204.
13. В. К. Жданюк, Е. И. Артамонова, Е. А. Аринушкина, В. Я. Терлецкая. Катионные дорожные битумные эмульсии с добавкой водного латекса «Butonal NS 198» для дорожного строительства. *«Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях»*. Материалы Девятой ежегодной международной Промышленной конференции, п. Славское. 2009. С. 25-227.
14. В. Я. Терлецкая, В. К. Жданюк. Існуючі уявлення про структуру катіонних бітумних емульсій з добавками полімерів. *«Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів»*. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції, яка присвячена 80-річчю ХНАДУ та дорожнього факультету. Харків. 2010. С. 163-168.
15. В. Я. Новаковская, В. К. Жданюк. Аналіз впливу водного катіонного латексу Butonal NS 198 на властивості бітумних катіонних емульсій та залишкового в'язучого. *«Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті»*. Тези доповідей 8-ої міжнародної науково-технічної конференції. 2019. ч. 2. Харків: УкрДУЗТ. С. 176-177.

АНОТАЦІЯ

Новаковська В. Я. Підвищення теплостійкості та водостійкості бітумного в'язучого для поверхневої обробки модифікацією емульсій водним катіонним латексом. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми (192 – Будівництво та цивільна інженерія). – Харківський національний автомобільно-дорожній університет Міністерства освіти і науки України, Харків, 2021 р.

В дисертаційній роботі встановлено, що поверхневі властивості водних фаз та катіонних бітумних емульсій на їх основі мають близькі значення, тому вибір емульгаторів для приготування емульсій з певною швидкістю розпаду рекомендовано проводити на основі аналізу поверхневих властивостей водних фаз.

Встановлено, що введення катіонного латексу до складу бітумних емульсій підвищує теплостійкість та еластичність бітумних в'язучих, утворених внаслідок їхнього розпаду. Показано, що із збільшенням концентрації катіонного латексу у складі бітумних емульсій показники зчеплюваності плівок бітумних в'язучих, утворених після їхнього розпаду, з поверхнею зерен щебеню та скляних пластин, зростають.

Експериментально визначено, що бітумні в'язучі, утворені внаслідок розпаду модифікованих латексом бітумних емульсій, характеризуються більшою величиною утримуючої здатності в діапазоні низьких температур, порівняно з бітумними в'язучими, утвореними з емульсій без латексу.

Ключові слова: бітумна емульсія, водостійкість, залишкове бітумне в'язуче, латекс, поверхневий натяг, еластичність, температура розм'якшеності, поверхнева обробка, утримуюча здатність.

АННОТАЦИЯ

Новаковская В. Я. Повышение теплоустойчивости и водоустойчивости битумного вяжущего для поверхностной обработки модификацией эмульсий водным катионным латексом – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой (научной) степени кандидата технических наук по специальности 05.22.11 – автомобильные дороги и аэродромы. – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2021 р.

В диссертационной работе показано, что поверхностные свойства водных фаз и катионных битумных эмульсий на их основе имеют близкие значения, поэтому выбор эмульгаторов для приготовления эмульсий с определенной

скоростью распада рекомендуется проводить на основе анализа поверхностных свойств водных фаз.

Установлено, что введение катионного латекса в состав битумных эмульсий повышает теплостойкость и эластичность битумных вяжущих, образованных в результате их распада. Показано, что с увеличением концентрации катионного латекса в составе битумных эмульсий показатели сцепления пленок битумных вяжущих, образованных после распада эмульсий, с поверхностью зерен щебня и стеклянных пластин, возрастают.

Экспериментально определено, что битумные вяжущие, образованные в результате распада модифицированных латексом битумных эмульсий, характеризуются большей величиной удерживающей способности в диапазоне низких температур, по сравнению с битумными вяжущими, образованными из эмульсий без латекса.

Ключевые слова: битумная эмульсия, водостойчивость, остаточное битумное вяжущее, латекс, поверхностное натяжение, эластичность, температура размягчения, поверхностная обработка, удерживающая способность.

ABSTRACT

Novakovska V. Y. Increase of heat resistance and water resistance of bitumen binder for surface treatment by modification of emulsions aqueous cationic latex – On the rights of the manuscript.

Thesis for a Candidate of Technical Sciences degree by speciality 05.22.11 – Motor Roads and Airfields (192 – Construction and Civil Engineering). – Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, 2021.

The thesis theoretically substantiates and experimental studies confirm the possibility of forming the structure of residual bituminous binder, which provides it with elasticity, increased water resistance, heat resistance and retention capacity of aggregate in a protective layer arranged by surface treatment technology.

It is experimentally established that the surface properties of aqueous phases and cationic bitumen emulsions based on them have similar values, so the rationale for the choice of emulsifiers for preparing emulsions with a certain breaking rate is recommended based on the results of determining the surface properties of aqueous phases. It was found that with increasing work of the adhesion forces of the bitumen emulsion, there is an increase in the value of the adhesivity of the residual bituminous binder to the surface of the aggregate and glass plates.

Studies have shown that the introduction of aqueous cationic latex in the composition of cationic bitumen emulsions made from road petroleum oxidized bitumens, has virtually no effect on their physical and mechanical properties, but significantly affects the heat resistance and elasticity of their bituminous compounds. As the concentration of aqueous cationic latex in the composition of bitumen

emulsions increases, the adhesion of bitumen binder films formed after the breaking of emulsions with the surface of aggregate and glass plates increases.

It has been experimentally established that bituminous binders formed by the breaking of cationic latex-modified bitumen emulsions are characterized by a higher retention capacity in the low temperature range compared to bituminous binders formed by the breaking of bitumen emulsions without latex.

It has been found that bituminous binders formed due to the breaking of modified emulsions have a lower sensitivity of the retention capacity to the effects of cyclic freezing-thawing, compared to bituminous binders formed due to the breaking of bituminous emulsions. It is shown that the temperature sensitivity of the elasticity index, as well as the index of the retention capacity of aggregate by bituminous binder formed by the breaking of bitumen emulsion with 6 % latex, is the lowest compared to bituminous binders formed by breaking of bitumen emulsions of 4,5 %, 3 % and 1,5 % latex by weight of bitumen.

Key words: bitumen emulsion, water resistance, residual bitumen binder, latex, surface tension, elasticity, softening point, surface treatment, retention capacity.