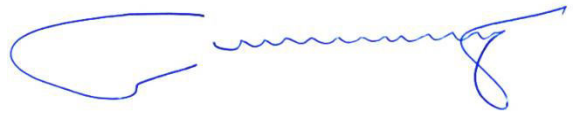


Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ГНАТЕНКО РОМАН ГРИГОРОВИЧ



УДК 625.7/.8

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ САНАЦІЇ ТРІЩИН В
АСФАЛЬТОБЕТОННОМУ ПОКРИТТІ БІТУМНО-ПОЛІМЕРНИМИ
ГЕРМЕТИЗУЮЧИМИ МАТЕРІАЛАМИ**

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 Міністерства освіти і науки України,
м. Харків
завідувач кафедри будівництва та експлуатації
автомобільних доріг

Офіційні опоненти: Доктор технічних наук, доцент
Онищенко Артур Миколайович,
Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України, м. Київ
завідувач кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних
споруд

Кандидат технічних наук, доцент
Сідун Юрій Володимирович,
Національний університет «Львівська Політехніка»
Міністерства освіти і науки України, м. Львів
доцент кафедри автомобільних доріг та мостів

Захист відбудеться «12» травня 2021 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.059.01 у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті за адресою: 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25, конференц-зал.

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

Автореферат розісланий « » квітня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, доцент



Р.В. Смолянюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Стан асфальтобетонного покриття дорожніх одягів автомобільних доріг та міських вулиць суттєво впливає на безпеку руху транспортних засобів. Асфальтобетонні шари покриття в конструкціях дорожнього одягу зазнають максимального спільного впливу факторів зовнішнього середовища та транспортних навантажень, які викликають утворення в них руйнувань у вигляді тріщин. Наявність тріщин в асфальтобетонному покритті сприяє проникненню вологи до нижче розташованих шарів дорожньої конструкції, що є причиною її передчасного руйнування. Для забезпечення надійної роботи нежорсткого дорожнього одягу необхідно мінімізувати негативний вплив тріщин на його довговічність. Цього можливо досягти санацією тріщин на початковій стадії їх виникнення. Відсутність своєчасних експлуатаційних заходів з санації тріщин може призвести у подальшому до збільшення витрат на ремонт асфальтобетонного покриття через його руйнування у вигляді вибоїн в зоні тріщин.

Довговічність загерметизованих тріщин в асфальтобетонних шарах покриття дорожнього одягу суттєво залежить від матеріалознавчих, конструкторських та технологічних аспектів, сукупно реалізованих в технології санації тріщин. Проте недостатній обсяг комплексних досліджень за цими трьома напрямками і, як наслідок, відсутність нормативно-технічних стандартів стримує повсюдне використання технології санації тріщин в асфальтобетонних шарах покриттів дорожніх одягів.

Отже, актуальність роботи полягає у вирішенні важливої науково-практичної задачі, направленої на підвищення довговічності нежорстких дорожніх одягів шляхом санації тріщин в асфальтобетонному покритті бітумно-полімерними герметизуючими матеріалами з підвищеною теплостійкістю, холодостійкістю та міцністю зчеплення з асфальтобетонною поверхнею в зоні тріщини, а також використання раціональних конструкторсько-технологічних рішень під час їхньої санації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася відповідно до 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) та згідно з тематикою науково-дослідних робіт Харківського національного автомобільно-дорожнього університету та планами науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт Державного агентства автомобільних доріг України у рамках виконання науково-дослідних робіт по темах № 162/35-93-12 «Провести дослідження та розробити рекомендації щодо технологій ремонту тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів» (державний реєстраційний № 0112U006524), № 13/35-38-14 «Переглянути ДСТУ Б В.2.7-136:2016 «Матеріали для заливки швів і тріщин покриттів автомобільних доріг. Загальні технічні вимоги» (державний реєстраційний № 0114U004633), № 35-03-17 «Дослідження рецептур бітумних мастик для герметизації тріщин дорожніх покриттів, з урахуванням особливостей температурних умов застосування та технологій їх

приготування» (державний реєстраційний № 0117U005851), № 36/35-16-17 «Провести дослідження та розробити національний стандарт з герметизації тріщин в покритті нежорсткого дорожнього одягу» (державний реєстраційний № 0117U003618).

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження полягає в підвищенні довговічності нежорстких дорожніх одягів санацією тріщин в асфальтобетонному покритті на основі встановлення закономірностей впливу складників герметизуючих матеріалів на їх теплостійкість, холодостійкість та міцність зчеплення з поверхнею асфальтобетону в тріщині.

Для досягнення мети дисертаційного дослідження вирішували такі задачі:

1. Провести аналіз сучасних уявлень про вплив зовнішніх факторів на процеси тріщиноутворення в асфальтобетонних покриттях; склад, структуру бітумних герметиків і мастик та її вплив на властивості; визначити критерії та методи оцінки довговічності герметизуючих матеріалів; теоретично обґрунтувати та експериментально підтвердити особливості процесів структуроутворення бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів на границі контакту з асфальтобетонним покриттям в зоні тріщини та їх вплив на формування міцних адгезійних зв'язків.

2. Експериментально дослідити вплив вмісту різних за функціональним призначенням складників бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів на основі окислених нафтових дорожніх бітумів на їхні властивості.

3. Розробити методику для оцінювання міцності зчеплення бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів гарячого застосування з асфальтобетонною поверхнею в зоні тріщини для випробувань у польових та лабораторних умовах.

4. Дослідити вплив технологічних режимів санації тріщин на міцність зчеплення між бітумно-полімерними герметизуючими матеріалами різного складу та асфальтобетонною поверхнею в зоні тріщини.

5. Здійснити дослідно-виробничу перевірку та впровадження результатів досліджень в дорожніх організаціях при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг та розробити рекомендації щодо герметизації тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів бітумно-полімерними герметизуючими матеріалами підвищеної холодостійкості.

Об'єкт дослідження. Технологія санації тріщин в асфальтобетонному покритті дорожніх одягів.

Предмет дослідження. Вплив складу бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів гарячого застосування та температурних чинників на міцність зчеплення з асфальтобетонною поверхнею в зоні тріщини.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених в роботі задач використані стандартні методи та прилади щодо визначення фізико-механічних властивостей герметизуючих матеріалів на основі нафтових дорожніх окислених бітумів, а також натурні методи дослідження стану асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів автомобільних доріг. Для поглиблених досліджень розроблено методику визначення міцності зчеплення бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів гарячого застосування з асфальтобетонною поверхнею в зоні тріщини.

Обробка експериментальних даних виконана статистичними методами з використанням ПЕОМ.

Наукова новизна отриманих результатів:

- дістали подальшого розвитку теоретичні і експериментальні дослідження закономірностей формування структури, її впливу на властивості термопластичних бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів на основі окислених нафтових дорожніх бітумів та формування адгезійних зв'язків між ними та поверхнею асфальтобетону в тріщині;

- вперше встановлено закономірності комплексного впливу вмісту та марки окисленого нафтового дорожнього бітуму, кількості модифікуючих добавок полімерів, пластифікатора та різних за генезисом наповнювачів на показники властивостей бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів. Показано, що інтенсивність зменшення дуктильності, еластичності та холодостійкості герметизуючих матеріалів більшою мірою зростає при збільшенні у їх складі вмісту мінеральних наповнювачів ніж дрібнодисперсної гумової крихти;

- вперше розроблено методику оцінювання міцності зчеплення термопластичних бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів з поверхнею асфальтобетону в тріщині та досліджено закономірності впливу температурних режимів об'єднання термопластичних герметизуючих матеріалів із субстратом на адгезійну міцність;

- встановлено, що на формування міцних адгезійних зв'язків між бітумно-полімерним герметизуючим матеріалом та поверхнею асфальтобетону в зоні тріщини одночасно впливає підвищення температури асфальтобетонного покриття при виконанні робіт з герметизації тріщин та зменшення концентрації наповнювача в мастичному герметизуючому матеріалі.

Практичне значення одержаних результатів:

- результати досліджень були використані при розробці нормативного документу ДСТУ Б В.2.7-136:2016 «Матеріали для герметизації швів і тріщин в покриттях дорожніх одягів автомобільних доріг. Загальні технічні вимоги», ДСТУ 8873:2019 «Автомобільні дороги. Настанова з герметизації тріщин», а також рекомендацій Р В. 3.2-02071168-825:2013 «Рекомендації щодо технологій ремонту тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів з використанням бітумно-полімерних мастик або герметиків», що увійшли у фонд нормативних документів Державного агентства автомобільних доріг України;

- здійснено впровадження результатів експериментальних досліджень у виробничих умовах при поточному ремонті дорожнього одягу на автомобільних дорогах М-03 «Київ-Харків-Довжанський» у межах Харківської області, М-07 «Київ-Ковель-Ягодин» у межах Волинської та Рівненської областей, М-02 «Кіпті-Глухів-Бачівськ» у межах Сумської області та інших. Загальна протяжність загерметизованих тріщин за період з 2014 по 2020 роки складає 548 710,70 пог. м;

- результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальний процес в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті у лекційних курсах «Експлуатація автомобільних доріг», «Інноваційні технології експлуатації

автомобільних доріг», а також у дипломне проектування для студентів, що навчаються за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Особистий внесок здобувача. Наведені у дисертаційній роботі результати досліджень отримані автором особисто або за його безпосередньою участю. В опублікованих працях здобувачу належать: порівняльні експериментальні дослідження властивостей герметизуючих матеріалів вітчизняного та закордонного виробництва; визначення впливу вмісту та марки бітуму на властивості герметизуючих матеріалів; експериментальні дослідження впливу пластифікатора на властивості бітумно-полімерних композицій; експериментальні дослідження впливу мінеральних наповнювачів різного генезису на властивості бітумно-полімерних мастик; дослідження впливу модифікації бітумів полімером класу термоеластопластів та катіонним латексом на властивості герметизуючих матеріалів; дослідження впливу старіння герметизуючих матеріалів на їх властивості; дослідження впливу температури поверхні асфальтобетонного покриття в зоні тріщини на міцність зчеплення з нею герметизуючих матеріалів; дослідження показників холодостійкості та теплостійкості бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів різного складу.

Апробація результатів дисертації. Основні положення експериментальних досліджень доповідались та обговорювались на: IX міжнародній промисловій конференції (Славське, 2009); X Міжнародній науково-технічній інтернет-конференції «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве» (Харків, 2012); Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні технології будівництва та експлуатації автомобільних доріг» (Харків, 2013); XI Міжнародній науково-технічній інтернет-конференції «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве» (Харків, 2014); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 85-річчю заснування ХНАДУ «Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті» (Харків, 2015); 6th European Transport Research Conference (Польща, Варшава, 2016); Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції «Будівництво та експлуатація об'єктів транспортної інфраструктури» (Харків, 2018); I Міжнародній науково-технічній конференції «Дорожно-будівельний комплекс: проблеми, перспективи, інновації» (Харків, 2019); щорічних науково-методичних конференціях викладачів та наукових співробітників ХНАДУ (2012-2020 рр.).

Публікації. Основні результати наукових досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковані у 16 друкованих роботах, із них: 5 наукових статей у фахових виданнях, що входять до переліку МОН України (із них 1 стаття у закордонному виданні, яке включено до наукометричної бази Scopus); 7 праць апробаційного характеру у збірниках наукових конференцій; 3 праці, які додатково відображають наукові результати дисертації; 1 патент.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, бібліографії зі 140 найменувань та трьох додатків. Повний обсяг роботи складає 190 сторінок, у тому числі 136 сторінок основного тексту. Текст ілюстрований 44 рисунками та містить 44 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі наведена загальна характеристика роботи, обґрунтовано актуальність дисертаційної теми, сформульовані мета й завдання дослідження, визначена наукова новизна, наведені основні результати роботи, показано практичне значення отриманих результатів та напрямки їхнього впровадження у виробництво.

У першому розділі проаналізовано стан існуючих даних про причини виникнення основних типів тріщин в асфальтобетонних шарах дорожніх одягів. Дослідженням впливу різних чинників на тріщиноутворення, підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів та розробці нових матеріалів для санації тріщин присвячені роботи багатьох вітчизняних та закордонних вчених: Веренька В.А., Гамеляка І.П., Жданюка В.К., Кирюхіна Г.Н., Кисіної А.М., Лисенка В.І., Михайличенка М.М., Мозгового В.В., Онищенко А.М., Розенталя Д.А., Савенка В.Я., Смірнова Е.М., Сідуна Ю.В., Солодкого С.Й., Стабникова Н.В., Airey G., Al-Khalid H., Al-Quadil., Bahia H.U., Crispino M., De Bondt A.H., Fromm H.J., Isacsson U., Jaskula P., Judycki J., Khasibati K., Masson J.F., Mieczkowski P., Molenaar A.A., Partl M., Pszczola M., Sebaaly P.E., Sybilski D., Yildirim Y., Zeng H., Zofka A. та інших.

Огляд літературних джерел показав, що головними причинами утворення тріщин у асфальтобетонному покритті дорожніх одягів є температурні деформації та втома від багаторазових навантажень під час руху транспортних засобів. Низька температура, висока щоденна амплітуда коливань температури та швидкість зміни градієнту температури протягом доби сприяють зростанню швидкості проростання тріщини по товщині шару. Ширина розкриття тріщин залежить від градієнта температури і відстані між ними.

Узагальнення існуючої закордонної інформації щодо технологій ремонту тріщин в асфальтобетонному шарі покриття дорожніх одягів дозволяє констатувати, що санацію тріщин можна виконувати за різних конструктивно-технологічних рішень їх підготовки до герметизації та процесів безпосереднього заповнення герметизуючим матеріалом. Для забезпечення довготривалої служби рекомендується попередньо (до герметизації тріщин) нарізувати жолоб в асфальтобетонному шарі покриття (заглиблення на поверхні покриття прямокутного або квадратного перерізу, яке проходить по тріщині). В численних публікаціях стверджується, що форма створюваного жолоба над тріщиною суттєво впливає на строк служби загерметизованої тріщини. Попереднє створення жолоба із співвідношенням ширини до глибини рівним одиниці або більше одиниці (ширина/глибина=1) покращує роботу герметизуючого матеріалу. Максимальна ширина жолоба повинна бути не більше ніж 30 мм, оскільки надмірна його ширина призводить до негативного впливу на герметизуючий матеріал транспортних засобів, що рухаються повільно, чим потенційно підвищується швидкість руйнування.

Герметизацію без нарізання жолоба зазвичай виконують у випадку «неробочих» тріщин, які мають мале переміщення під час розкриття, або жодного. Ширина напуску герметизуючого матеріалу на поверхню асфальтобетонного

покриття з кожного боку від тріщини згідно з різними літературними джерелами коливається від 5-10 мм до близько 50-100 мм. Зазвичай ширину напуску роблять не більше ніж 50 мм. Широкі напуски можуть призводити до пошкодження в результаті надмірного контакту з шинами транспортних засобів, що рухаються повільно.

Аналіз літературних даних щодо зарубіжного досвіду виробництва і використання мастик в технології санації тріщин в асфальтобетонних шарах покриттів свідчить про те, що найбільше застосування для виконання вказаних робіт знаходять бітумно-полімерні мастики гарячого застосування. Складники та рецептура таких герметизуючих матеріалів є комерційною таємницею виробників.

Узагальнення результатів аналізу літературних джерел показує, що дрібнодисперсний мінеральний наповнювач, полімери, пластифікатор та бітум як матриця є основними складниками бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів. Отримання герметизуючих матеріалів із заданими властивостями відбувається шляхом регулювання співвідношення складників у процесі наповнення бітуму дрібнодисперсними мінеральними наповнювачами, модифікації бітуму полімерами, введенням до складу бітумних композицій пластифікатора.

Більшість результатів досліджень щодо впливу класу та концентрації полімерів, пластифікаторів, наповнювачів різного генезису на фізико-механічні властивості були отримані для бітумно-полімерних гідроізоляційних та покрівельних матеріалів. Вплив вказаних складників на властивості бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів на основі окислених нафтових дорожніх бітумів є менше дослідженим.

З урахуванням особливостей технології санації тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів та умов роботи загерметизованих тріщин під час експлуатації до бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів зазвичай висувають основні вимоги за показниками теплостійкості, деформативності та еластичності, опору старінню в інтервалі експлуатаційних температур, а також міцності зчеплення з асфальтобетонною поверхнею в зоні тріщини. При цьому в Україні відсутня методика визначення показника міцності зчеплення термопластичних бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів з асфальтобетонною поверхнею.

У другому розділі сформульовані теоретичні передумови досліджень.

Для одночасного надання герметизуючому матеріалу високої деформативності та еластичності при низьких температурах, достатньої експлуатаційної теплостійкості та міцності зчеплення з асфальтобетонною поверхнею в тріщині доцільне поєднання в композицію пластифікованого окисленого нафтового дорожнього бітуму, полімеру класу термоеластопластів, водного катіонного латексу та дрібнодисперсних наповнювачів. Такі властивості бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів зумовлені формуванням двох просторових взаємопроникних структур із макромолекул полімеру та латексу.

Полімер класу термоеластопластів як складник бітумно-полімерного герметизуючого матеріалу при додаванні його до матриці (бітуму) підвищує її когезійну міцність та надає їй еластичності завдяки зшиванню молекул у тривимірну просторову сітку. Відомо, що вплив полімеру класу термоеластопластів більше позначається на властивостях при його введенні до

складу бітумів меншої марочної в'язкості порівняно з бітумами більшої марочної в'язкості. Очевидно, що це пов'язано з впливом групового складу матриці на розчинність термоеластопласту у ній. У складі окислених дорожніх бітумів меншої марочної в'язкості, порівняно з бітумами більшої марочної в'язкості, присутня більша кількість мальтенів. Завдяки більшому вмісту мальтенового складника в окисленому дорожньому бітумі розчинність полімерів класу термоеластопластів у ньому відбувається швидше. Це пов'язано з більшою кінетичною енергією теплового руху молекул низькомолекулярного складника, які позитивно впливають на прискорення розчинення термоеластопласту в бітумі. Ґрунтуючись на викладеному, тривалість розчинення полімеру класу термоеластопласту можливо скоротити шляхом використання для цього малов'язкого бітуму, або штучним збільшенням вмісту низькомолекулярного складника у ньому. Більший вміст складника з меншою молекулярною масою та найбільшою кінетичною енергією теплового руху його молекул сприятиме прискоренню набрякання та розчинення полімеру класу термоеластопластів у бітумі.

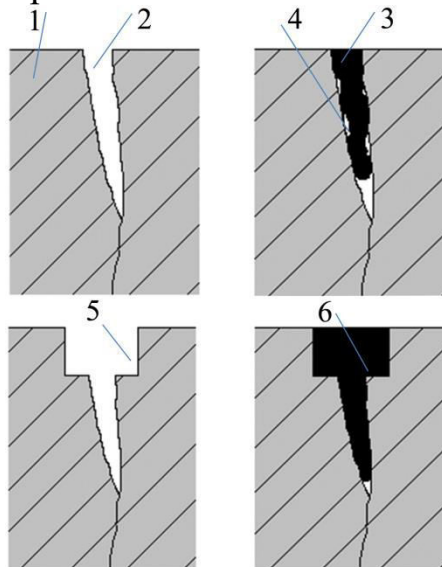
Для збільшення у бітумній матриці мальтенової частини з низькою молекулярною масою до неї доцільно долучати пластифікатори нафтового походження. Це сприятиме також зниженню температури крихкості та деформативності бітумної матриці за низьких температур. Разом з тим, збільшення вмісту пластифікатора у складі бітумної матриці викликатиме зниження показника її як теплостійкості, так і бітумно-полімерної композиції на її основі. Цей ефект можливо компенсувати збільшенням вмісту полімеру та наповнювача у її складі.

Катіонний латекс як складник бітумно-полімерного герметизуючого матеріалу вміщує катіоноактивний емульгатор і завдяки цьому покращує адгезійні властивості композиції і додатково впливає на її еластичність.

Наповнювачі, адсорбуючи низькомолекулярні компоненти мальтенової частини бітуму, викликають одночасно зростання теплостійкості і зменшення деформативності бітумно-полімерної герметизуючої мастики. При невеликих концентраціях наповнювача деформативність бітумно-полімерної мастики зменшується помірно. Зі збільшенням концентрації наповнювача бітумно-полімерна композиція поступово переходить з пластичного у в'язкий стан, що погіршує її технологічність.

Рихлий стан торцевих асфальтобетонних поверхонь в тріщині після її утворення суттєво впливатиме на міцність зчеплення термопластичного бітумно-полімерного герметизуючого матеріалу з ними завдяки формуванню слабких граничних шарів під час контакту між ними в процесі герметизації. Причиною утворення слабких граничних шарів у даному випадку є утворення макро- та мікронерівностей на поверхні розлому та швидке адсорбування на ній молекул газів з повітря і летких речовин (парів води). Під час санації тріщини в асфальтобетонному шарі покриття дорожнього одягу термопластичними бітумно-полімерними герметизуючими матеріалами (склеювання адгезивом двох поверхонь субстрату) у формуванні адгезійного з'єднання приймає участь три фази (адгезив, субстрат та повітря). Гарячий бітумно-полімерний герметизуючий матеріал, змочуючи рихлу торцеву поверхню тріщини під час її заповнення, повинен витиснути повітря з кожного мікрозаглиблення поверхні. Якщо бітумно-

полімерний герметизуючий матеріал не повністю витиснув повітря, його пухирі залишаються затисненими між рихлою асфальтобетонною поверхнею і застиглим герметизуючим матеріалом і стають концентраторами напружень. Схематичне зображення слабких граничних шарів із зацементованим повітрям на торцевих поверхнях тріщини наведено на рис. 1.



1 – субстрат, 2 – тріщина, 3 – тріщина, заповнена герметизуючим матеріалом, 4 – зацементовані пухирі повітря, 5 – нарізаний жолоб, 6 – заповнений герметиком жолоб

Рисунок 1 – Схема формування слабких граничних шарів в зоні контакту між адгезивом (бітумно-полімерний герметизуючий матеріал) та субстратом (асфальтобетонна поверхня в тріщині)

Очевидно, що технологічна операція видалення рихлої частини асфальтобетону на торцевих поверхнях тріщин перед їхньою герметизацією може бути рекомендована як основна в технології санації тріщин. Ця технологічна операція полягає у нарізанні жолоба прямокутної форми по абрису тріщини. Вона забезпечує видалення рихлої торцевої частини тріщини, що зменшує ймовірність утворення слабких граничних шарів. Результатом такої технологічної операції є збільшення міцності зчеплення термопластичного бітумно-полімерного герметизуючого матеріалу з торцевою поверхнею тріщини при достатній його змочуючій здатності за технологічної температури.

Одним із факторів, який додатково може впливати на величину міцності зчеплення між бітумно-полімерним герметизуючим матеріалом та торцевими асфальтобетонними поверхнями тріщини, є також температура як технологічний чинник. Збільшення температури поверхні асфальтобетонного покриття в зоні тріщини позитивно впливатиме на процес її змочування бітумно-полімерним герметизуючим матеріалом і, як результат, зменшення загальної площі утворених слабких граничних шарів та зростання міцності зчеплення адгезиву з субстратом.

У третьому розділі наведена характеристика прийнятих для дослідження матеріалів та методів дослідження.

Як складники бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів для порівняльних досліджень були використані окислені нафтові дорожні бітуми марок БНД 50/70 та БНД 70/100, полімерний модифікатор термоеластоласт класу SBS

марки «Kraton D-1101», водний катіонний латекс серії «Butonal NS 198», пластифікатор (продукт переробки нафти), дрібнодисперсні мінеральні наповнювачі (В – вапняк, К – крейда, Г – каолін) та подрібнена гумова крихта.

Для приготування бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів різного складу використовували лабораторну електромеханічну мішалку з оливковим теплоносієм.

Експериментальні дослідження виконували з використанням як стандартних методів випробувань бітумів, бітумних композицій, дрібнодисперсних наповнювачів, так і додаткових методів, що дозволяють більш повно характеризувати вплив складників на властивості досліджуваних герметизуючих матеріалів.

Для досліджень впливу складу термопластичних бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів за різних температурних режимів їх використання на міцність зчеплення з поверхнею асфальтобетону в зоні тріщини була розроблена методика проведення випробувань, в основу якої покладено метод рівномірного відриву. Вказаний метод дозволяє вимірювати максимальну величину зусилля відділення адгезиву від субстрату одночасно по всій площі контакту. При цьому зусилля прикладають перпендикулярно площині відриву, а величину міцності зчеплення (адгезії) характеризують силою, віднесеною до площі контакту.

Визначення міцності зчеплення герметизуючих матеріалів різного складу з асфальтобетонною поверхнею виконували за допомогою приладу ОНИКС-1.АП, який забезпечує оцінювання руйнівного зусилля за методом рівномірного відриву. Для проведення випробувань зразки готували з'єднанням металевих штампів з поверхнею термопластичного бітумно-полімерного герметизуючого матеріалу, нанесеного на асфальтобетонну поверхню, за принципом «гаряче до гарячого».

У четвертому розділі наведені результати експериментальних досліджень. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що зі збільшенням вмісту пластифікатора у складі бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів їхня холодостійкість за критерієм гнучкості при низьких температурах на стрижні певного діаметру зростає. Наявність пластифікатора у складі бітумно-полімерних герметиків гарячого застосування у кількості 15 % забезпечує їм значення температури крихкості за Фраасом і температури гнучкості на стрижні діаметром 20 мм нижче мінус 30 °С. Експериментально підтверджено, що зі збільшенням концентрації полімеру типу стирол-бутадієн стирол у складі пластифікованих окислених дорожніх бітумів їхня теплостійкість за величиною температури розм'якшення зростає. Встановлено, що зі збільшенням у складі герметика концентрації мінеральних наповнювачів його температура розм'якшення, температура крихкості та показник гнучкості при низьких температурах зростають, а глибина занурення голки, дуктильність та еластичність зменшуються.

У разі додавання до складу термопластичного бітумно-полімерного герметика дрібнодисперсних мінеральних наповнювачів різного генезису у кількості 15 % за масою його температура розм'якшення зростає у межах від 4 °С до 8 °С. За абсолютною величиною показник гнучкості при низьких температурах для бітумно-полімерного герметика становить нижче мінус 35 °С, а для мастик з 15 % різних мінеральних наповнювачів – не нижче мінус 25 °С. Найбільше

зменшення еластичності (на 38 %) властиве бітумно-полімерному герметику, до складу якого додавали мінеральний наповнювач з індексом Г, а найменше (3 %) – бітумно-полімерній мастиці з наповнювачем з індексом В. Такий ефект викликаний більшою дисперсністю мінерального наповнювача з індексом Г та більшим його впливом на адсорбцію молекул складників, які забезпечують еластичність композиції. Встановлено, що додавання полімерів до матричного бітуму забезпечує більший внесок у зростання теплостійкості бітумно-полімерного герметика ніж наповнення його дрібнодисперсними наповнювачами.

Зміна показників властивостей (гнучкість та температура розм'якшення) бітумно-полімерних мастик з різними наповнювачами після їхнього прогрівання зростає зі збільшенням вмісту наповнювачів у їхньому складі. При низькій концентрації наповнювачів вказані показники властивостей за абсолютною величиною зростають доволі помірно. Найбільший опір старінню, оцінений одночасно за цими двома показниками, властивий бітумно-полімерній мастиці, наповненій гумовою крихтою.

Показано, що температурним залежностям зусилля відриву, а також міцності зчеплення (рис. 2) бітумно-полімерного герметика гарячого застосування з асфальтобетонною поверхнею в зоні тріщини, властива тенденція зменшення значень при зростанні температури випробування.

Визначено, що величина температури поверхні асфальтобетонного покриття, за якої здійснюється санація тріщин, суттєво впливає на абсолютні значення міцності зчеплення герметизуючого матеріалу з поверхнею асфальтобетону (рис. 3). Показано, що характерною ознакою залежності міцності зчеплення бітумно-полімерного герметика від температури поверхні асфальтобетонного покриття, за якої здійснюється герметизація тріщин, є більш інтенсивне зростання абсолютної величини цього показника зі зниженням температури випробування.

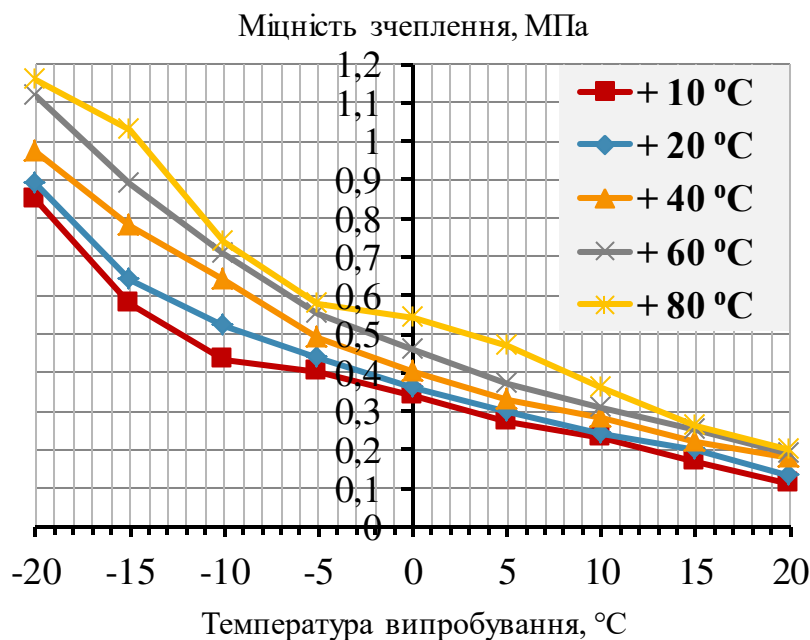


Рисунок 2 – Залежність міцності зчеплення від температури випробування (в легенді наведені температури поверхні субстрату при нанесенні бітумно-полімерного герметика)

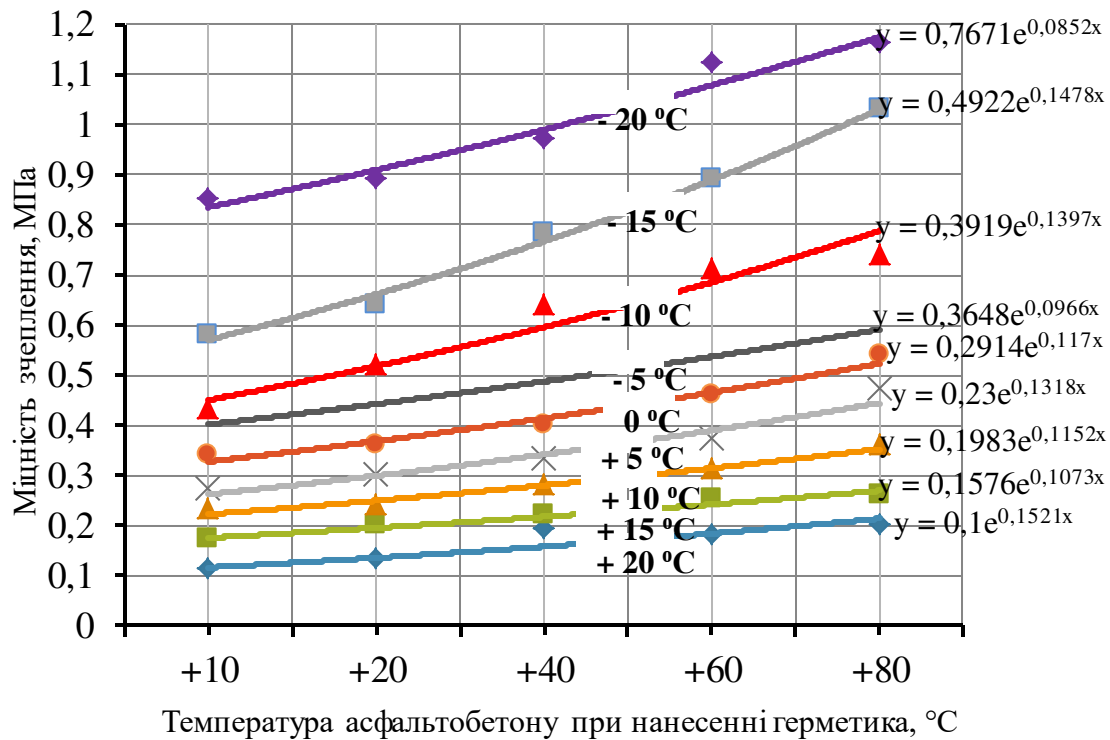


Рисунок 3 – Залежність міцності зчеплення бітумно-полімерного герметика від температури поверхні асфальтобетонного покриття, за якої здійснюється санація тріщини

Експериментально визначено, що зі збільшенням вмісту досліджуваних наповнювачів у складі бітумно-полімерної мастики гарячого застосування її міцність зчеплення з поверхнею асфальтобетону зменшується (рис. 4). Водночас величина міцності зчеплення з поверхнею асфальтобетону бітумно-полімерних мастик з різними за походженням наповнювачами зростає зі зниженням температури її визначення.

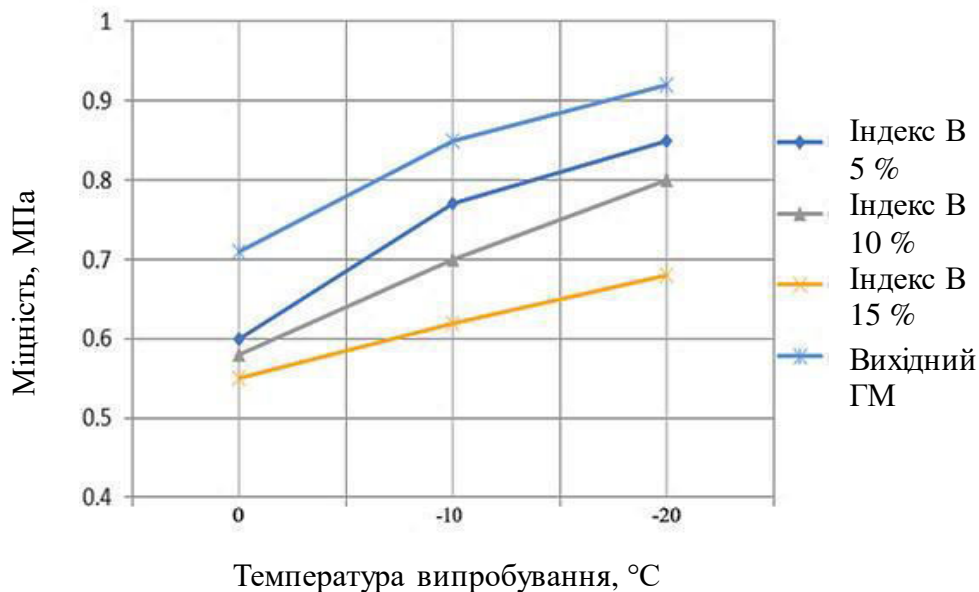


Рисунок 4 – Температурна залежність міцності зчеплення з поверхнею асфальтобетону бітумно-полімерного герметика та мастик на його основі з різним вмістом вапнякового наповнювача

Зменшення міцності зчеплення з поверхнею асфальтобетону бітумно-полімерних мастик за умови збільшення у їхньому складі вмісту наповнювача пов'язане зі збільшенням їхньої в'язкості за технологічної температури порівняно з герметиком і, відповідно, погіршенням змочуючої здатності. Це викликає формування більшої кількості слабких граничних шарів на границі контакту мастики з поверхнею асфальтобетону, які призводять до зменшення міцності зчеплення мастики з нею.

У п'ятому розділі наведені рекомендації щодо технологій герметизації тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів та висвітлені дані щодо практичного впровадження результатів виконаних досліджень.

За розробленими рекомендаціями були виконані роботи з санації тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів на автомобільних дорогах в Харківській, Волинській, Дніпропетровській, Рівненській, Львівській, Сумській та Чернігівській областях загальною протяжністю 548 710,70 погонних метрів. Впроваджено у виробництво технологію приготування бітумно-полімерних герметиків та бітумно-полімерних мастик гарячого застосування на основі нафтових окислених дорожніх бітумів з високими показниками теплостійкості, холодостійкості та адгезійної активності по відношенню до поверхні асфальтобетонного шару покриття дорожніх одягів у зоні тріщини.

Результати досліджень впроваджені під час розробки для дорожньої галузі України державних стандартів ДСТУ Б В.2.7-136:2016 «Матеріали для герметизації швів і тріщин в покриттях дорожніх одягів автомобільних доріг. Загальні технічні вимоги», ДСТУ 8873:2019 «Автомобільні дороги. Настанова з герметизації тріщин», а також галузевих рекомендацій Р В. 3.2-02071168-825:2013 «Рекомендації щодо технологій ремонту тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів з використанням бітумно-полімерних мастик або герметиків».

Результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальний процес для підготовки фахівців на освітньо-кваліфікаційний рівень «Бакалавр» та «Магістр» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» при викладанні навчальних дисциплін «Експлуатація автомобільних доріг», «Інноваційні напрямки експлуатації автомобільних доріг» та в дипломному проектуванні кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Результати досліджень у виробничих умовах під час моніторингу стану загерметизованих тріщин свідчать про те, що санація тріщин на початковій стадії їх утворення подовжує термін експлуатації асфальтобетонного дорожнього покриття впродовж не менше 2,5-3,0 років без руйнувань в зоні тріщин.

ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено можливість формування структури, яка забезпечує одночасно високу холодостійкість, еластичність, теплостійкість та міцність зчеплення бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів гарячого застосування з торцевими поверхнями тріщини в асфальтобетонному покритті дорожніх одягів в експлуатаційному діапазоні

температур. Показано, що холодостійкість та теплостійкість бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів визначається вмістом мальтенової частини у вихідному матричному бітумі, вмістом пластифікуючого та полімерного складників, а також дрібнодисперсних наповнювачів. Основним чинником, що впливає на довготривалу водонепроникність загерметизованих тріщин в асфальтобетонному покритті дорожнього одягу, є здатність бітумно-полімерного герметизуючого матеріалу утворювати міцні адгезійні зв'язки з торцевою поверхнею асфальтобетону в тріщині.

2. Експериментально досліджено закономірності впливу вмісту та марочної в'язкості окисленого нафтового дорожнього бітуму, концентрації полімерів класу термоеластопластів, пластифікатора та різних за походженням наповнювачів на показники властивостей бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів гарячого застосування. Показано, що зниження температури крихкості та гнучкості термопластичних бітумно-пластичних герметизуючих матеріалів при низьких температурах забезпечується збільшенням вмісту пластифікуючого складника у вихідному матричному бітумі. Встановлено, що збільшенням вмісту полімеру класу термоеластопластів та катіонного латексу у складі пластифікованого матричного бітуму досягається підвищення еластичності та теплостійкості бітумно-полімерного герметика за критерієм температури розм'якшення.

3. Показано, що зі збільшенням концентрації дрібнодисперсних наповнювачів у складі бітумно-полімерного герметизуючого матеріалу його температура розм'якшення та щільність зростають. Одночасно збільшення вмісту наповнювачів викликає погіршення показників холодостійкості та еластичності мастик. Встановлено, що інтенсивність зменшення дуктильності, еластичності та холодостійкості герметизуючих матеріалів більшою мірою зростає при збільшенні у їхньому складі вмісту дрібнодисперсних мінеральних наповнювачів ніж подрібненої гумової крихти. Експериментальними дослідженнями встановлено, що введення полімерів до матричного бітуму забезпечує більший внесок у зростання теплостійкості за критерієм температури розм'якшення ніж подальше насичення отриманої композиції дрібнодисперсними наповнювачами.

4. Розроблено методику експериментального визначення міцності зчеплення герметизуючих матеріалів гарячого застосування з поверхнею асфальтобетону за методом рівномірного відривання адгезиву від субстрату. За розробленою методикою експериментально досліджено закономірності впливу температури поверхні асфальтобетону в зоні тріщини під час її герметизації та складу бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів на міцність зчеплення між ними. Встановлено закономірне зростання міцності зчеплення бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів з асфальтобетонною поверхнею в тріщині при збільшенні її температури шляхом нагрівання безпосередньо перед герметизацією. Це досягається завдяки зменшенню негативного впливу слабких граничних шарів на міцність адгезивних зв'язків. Дослідженнями встановлено, що зі збільшенням вмісту наповнювачів у складі бітумно-полімерних герметизуючих мастик гарячого застосування їх міцність зчеплення з поверхнею асфальтобетону в тріщині зменшується.

5. Здійснено впровадження результатів експериментальних досліджень у виробничих умовах під час виконання робіт з санації тріщин в асфальтобетонному покритті дорожніх одягів автомобільних доріг у Волинській, Чернігівській, Харківській, Львівській, Дніпропетровській, Рівненській, Сумській областях, на міських дорогах та вулицях (загальна протяжність герметизованих тріщин за період з 2014 по 2020 рік складає 548 710,70 пог. м), а також у навчальний процес Харківського національного автомобільно-дорожнього університету за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Результати дисертаційного дослідження впроваджені під час розроблення для дорожньої галузі України двох державних стандартів – ДСТУ Б В.2.7-136:2016 «Матеріали для герметизації швів і тріщин в покриттях дорожніх одягів автомобільних доріг. Загальні технічні вимоги», ДСТУ 8873:2019 «Автомобільні дороги. Настанова з герметизації тріщин», а також галузевих рекомендацій Р В. 3.2-02071168-825:2013 «Рекомендації щодо технологій ремонту тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів з використанням бітумно-полімерних мастик або герметиків», які використовуються дорожніми підприємствами під час приготування бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів та виконанні робіт з санації тріщин. Впроваджено у виробництво технологію приготування бітумно-полімерних герметиків та мастик гарячого застосування з високими показниками теплостійкості, холодостійкості та адгезійної активності по відношенню до поверхні асфальтобетону.

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. Gnatenko, R., Tsykrunova, K., and Zhdanyuk, V. Technological Sides of Crack Sealing in Asphalt Pavements. *Transportation Research Procedia*. 2016. Volume 14. P. 804-810. Cited 3 times. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.028>

Статті у наукових фахових виданнях України:

2. Гнатенко Р. Г., Циркунова К. В., Жданюк В. К. Бітумно-полімерні мастики високої холодостійкості та теплостійкості для герметизації тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів. *Автошляховик України*. 2015. № 1-2. С.66-70.

3. Жданюк В. К., Воловик О. О., Циркунова К. В., Гнатенко Р. Г., Біжан О. П. Дослідження міцності зчеплення бітумінозного герметизуючого матеріалу з поверхнею асфальтобетонного покриття дорожньої конструкції в зоні тріщини. *Нові технології в будівництві*. 2018. № 35. С. 77-81. DOI: <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2018.35.13>

4. Жданюк В. К., Воловик О. О., Біжан О. П., Циркунова К. В., Гнатенко Р. Г. Щодо конструктивно-технологічних особливостей герметизації тріщин в асфальтобетонних покриттях. *Вісник ХНАДУ*. 2019. Вип. 84. С. 82-87. DOI: 10.30977/BUL.2619-5548.2019.84.0.82

5. Жданюк В. К., Воловик О. О., Біжан О. П., Циркунова К. В., Гнатенко Р. Г. Матеріалознавчі та конструктивно-технологічні особливості забезпечення міцності зчеплення герметизуючих матеріалів з поверхнею асфальтобетонного покриття в зоні тріщини. *Вісник ХНАДУ*. 2019. Вип. 85. С. 66-72. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2019.85.0.66

У збірниках доповідей, тез конференцій і семінарів:

6. Жданюк К. В., Гнатенко Р. Г., Зражевець Є. М., Жданюк В. К. Підвищення якості мастик модифікацією покрівельного бітуму комплексними добавками. *Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях* : матеріали IX ежегодной промышленной конференции, п. Славское, 9-13 февр. 2009 г. п.Славское, 2009. С. 232-234.

7. Гнатенко Р. Г., Макарьев О. О., Циркунова К. В., Жданюк В. К. Особливості технології ремонту тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів. *Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве* : матеріали X Международной научно-технической интернет-конференции, г.Харьков, 25 нояб. – 25 декаб. 2011 г. Харьков : ХНАГХ, 2012. С. 156-158.

8. Жданюк В. К., Лапченко А. С., Гнатенко Р. Г., Алессандро Гіаннатасіо Щодо низькотемпературних властивостей бітумів. *Сучасні технології будівництва та експлуатації автомобільних доріг* : матеріали міжнародної науково-технічної конференції, м. Харків, 14-16 листоп. 2013 р. Харків : ХНАДУ, 2013. С. 100-103.

9. Жданюк В. К., Циркунова К. В., Гнатенко Р. Г. Щодо герметизації тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів автомобільних доріг. *Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве* : матеріали XI Международной научно-технической интернет-конференции, г. Харьков, 25 нояб. – 25 декаб. 2013 г. Харьков : ХНАГХ, 2014. С. 92-94.

10. Гнатенко Р. Г., Циркунова К. В., Жданюк В. К. Бітумно-полімерна мастика з каоліновим наповнювачем для герметизації тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів. *Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті* : збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 85-річчю заснування ХНАДУ. Харків : ХНАДУ, 2015. С. 126-128.

11. Воловик О. О., Гнатенко Р. Г., Жданюк В. К. Метод та результати оцінки міцності зчеплення герметизуючого матеріалу з асфальтобетонним покриттям в зоні тріщин. *Будівництво та експлуатація об'єктів транспортної інфраструктури* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції, м. Харків, 23 жовтня 2018 р. Харків : ХНАДУ, 2018. С. 157-161.

12. Жданюк В. К., Гнатенко Р. Г. Основні фактори, що впливають на довготривалу водонепроникність загерметизованих тріщин в асфальтобетонних покриттях. *Дорожньо-будівельний комплекс: проблеми, перспективи, інновації* : матеріали I Міжнародної науково-технічної конференції, м. Харків, 15 листопада 2019 р. Харків : ХНАДУ, 2019. С.106-109.

Опубліковані праці, що додатково відображають наукові результати дисертації:

Нормативні документи:

13. ДСТУ Б В.2.7-136:2016 Матеріали для герметизації швів і тріщин в покриттях дорожніх одягів автомобільних доріг. Загальні технічні вимоги. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016. 15 с.

14. ДСТУ 8873:2019 Автомобільні дороги. Настанова з герметизації тріщин. [Чинний від 2020-07-01]. Вид. офіц. 2019. 12 с.

15. Р В. 3.2-02071168-825:2013 Рекомендації щодо технологій ремонту тріщин в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів з використанням бітумно-полімерних мастик або герметиків. [Чинний від 2013-11-04]. Вид. офіц. Харків : Видавництво Укравтодор, 2013. 11 с.

Патент:

16. Патент на корисну модель № 54502 Україна, МПК (2009) C08L 95/00 C09D 195/00 Герметизуюча бітумно-полімерна мастика / Жданюк В.К., Волювач С.В., Золотов М.С., Жданюк К.В., Гнатенко Р.Г., Арінушкіна О.О. (Україна); заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. № u2010062293; заявл. 25.05.2010; опубл. 10.11.2010, Бюл. №21. 4 с.

АНОТАЦІЯ

Гнатенко Р.Г. Удосконалення технології санації тріщин в асфальтобетонному покритті бітумно-полімерними герметизуючими матеріалами. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – Автомобільні шляхи та аеродроми (192 – Будівництва та цивільна інженерія). – Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, 2021.

У дисертаційній роботі вирішена важлива науково-практична задача, що полягає в підвищенні довговічності нежорстких дорожніх одягів шляхом герметизації тріщин в асфальтобетонному покритті бітумно-полімерними герметизуючими матеріалами з підвищеною теплостійкістю, холодостійкістю та міцністю зчеплення з асфальтобетонною поверхнею в зоні тріщини, а також використання раціональних конструкторсько-технологічних рішень під час їхньої санації.

Приведені результати дослідження закономірностей впливу вмісту та марочної в'язкості окислених нафтових дорожніх бітумів, концентрації полімерів класу термоеластопластів, пластифікатора та різних за походженням наповнювачів на показники властивостей бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів гарячого застосування. Показано, що введення полімерів до матричного бітуму забезпечує більший внесок у зростання його теплостійкості ніж подальше насичення отриманої композиції дрібнодисперсними наповнювачами.

Наведено розроблену методику оцінювання міцності зчеплення термопластичних бітумно-полімерних герметизуючих матеріалів з поверхнею асфальтобетону в зоні тріщини. Встановлено, що температура поверхні асфальтобетонного покриття в зоні тріщини під час її герметизації суттєво впливає на міцність адгезійних зв'язків між герметиком та нею.

Ключові слова: асфальтобетонний шар покриття, санація, герметизуючий матеріал, бітумно-полімерна мастика, холодостійкість, міцність зчеплення.

АННОТАЦИЯ

Гнатенко Р.Г. Усовершенствование технологии санации трещин в асфальтобетонном покрытии битумно-полимерными герметизирующими материалами. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.11 – Автомобильные дороги и аэродромы. (192 – Строительство и гражданская инженерия). – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, 2021.

В диссертационной работе решена важная научно-практическая задача, которая состоит в повышении долговечности нежестких дорожных одежд путем герметизации трещин в асфальтобетонном покрытии битумно-полимерными герметизирующими материалами с повышенной теплостойкостью, хладостойкостью и прочностью сцепления с асфальтобетонной поверхностью в зоне трещины, а также использования рациональных конструкторско-технологических решений при санации трещин.

Приведены результаты исследования закономерностей влияния содержания и марочной вязкости окисленных нефтяных дорожных битумов, концентрации полимеров класса термоэластопластов, пластификатора и разных по происхождению наполнителей на свойства битумно-полимерных герметизирующих материалов горячего применения. Показано, что введение полимеров в матричный битум обеспечивает значительно больший вклад в возрастание его теплоустойчивости чем дальнейшее наполнение полученной композиции мелкодисперсными наполнителями.

Приведено разработанную методику определения прочности сцепления термопластичных битумно-полимерных герметизирующих материалов с поверхностью асфальтобетона в зоне трещины. Установлено, что температура поверхности асфальтобетонного покрытия в зоне трещины во время ее герметизации существенно влияет на прочность адгезионных связей между герметиком и ею.

Ключевые слова: асфальтобетонный слой покрытия, санація, герметизуючий матеріал, бітумно-полімерна мастика, холодостійкість, прочність зчеплення.

ABSTRACT

Gnatenko R.G. Improvement of crack curing technology in asphalt wearing course with bitumen-polymer sealing materials. – As manuscript.

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

The thesis covers solving of important scientific and practical task which implies the increase of durability of flexible road pavements by means of crack sealing in asphalt concrete pavement with bitumen-polymer sealing materials of increased heat resistance,

frost resistance and strength of adhesion to asphalt concrete surface in zone of crack as well as the use of sustainable design and technological solutions during curing.

Distress such as cracks appear in asphalt concrete pavement courses of motor roads under the influence of traffic loads and external climatic factors at different stages of the service period. Cracks in asphalt pavement courses result in intensive reduction of the whole structure rigidity due to penetration of water through it to the courses of unbound materials and subgrade soil. Analysis of foreign experience of repair of cracks in asphalt concrete pavements indicates that crack sealing with hot applied bitumen-polymer materials is the most wide spread technique in Europe.

Possibility of formation of structure providing both high frost resistance, elasticity, service heat resistance and strength of adhesion of hot-applied bitumen-polymer sealing materials to crack walls of road pavement asphalt concrete has been theoretically substantiated. It has been proved that formation of two interpenetrative spatial structures from macromolecules of thermoplastic elastomers and macromolecules of cationic latex in bitumen volume is possible to be reached by their sequenced combining with plasticized oxidized maltenes high content road bitumen.

Evaluation methodology of strength of thermoplastic bitumen-polymer sealing material adhesion to the surface of asphalt concrete in crack has been developed, which allows studying the influence pattern of temperature regimen of their combining effect on adhesion strength between them.

Influence patterns of content and viscosity of oxidized petroleum road bitumen, concentration of thermoplastic elastomers, plasticizer and various fillers on properties of hot-applied bitumen-polymer sealing materials have been experimentally studied. Decrease of brittle point and flexibility of bitumen-polymer sealing materials at low temperatures due to increase of plasticizing component amount in initial matrix bitumen has been found. Increase of thermoplastic elastomer and cationic latex content in plasticized matrix bitumen demonstrated the increase of elasticity and heat resistance of bitumen-polymer sealant by softening point criterion.

It has been determined that increase of concentration of mineral fillers in bitumen-polymer sealing material results in increase of its softening point, brittle point and flexibility at low temperatures, and decrease of needle penetration, ductility and elasticity. Introduction of polymers to matrix bitumen has been proved to provide higher increase of heat resistance by softening point criterion as compared to introduction of fine fillers.

Regular increase of strength of bitumen-polymer sealing material adhesion to asphalt concrete crack surface when decreasing test temperature has been determined by the results of the experimental research. It has been found that the value of asphalt concrete pavement temperature during crack sealing has significant influence on absolute values of pull-off load and strength of adhesion of sealing material to asphalt concrete surface. Increase of filler content in hot-applied bitumen-polymer mastic composition has been shown to cause decrease of its strength of adhesion to asphalt concrete surface. Heating of asphalt concrete surface in zone of crack, immediately prior to its sealing, gives rise to stronger adhesive bonds between the surface and the sealant.

The results of the scientific research has been implemented in state and branch standards, including two state standards and branch recommendations as well as during

sealing of cracks in asphalt concrete pavements of state motor roads M-06 Kyiv – Chop (km 434+230 – km 621+500), M-07 Kyiv – Kovel – Yagodyn, M-03 Kyiv – Kharkiv – Dovzhanskiy, M-18 Kharkiv – Simferopol – Alushta – Yalta, M-01 Kyiv – Chernihiv – Novi Yarylovychi, etc.

Key words: asphalt concrete pavement course, sanation, sealing material, bitumen-polymer mastic, frost resistance, adhesion strength.

Підписано до друку 01.04.2021 р. Формат 60×84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times.
Умовн. друк. арк. 0,90. Обл.-вид. арк. 0,90.
Зам. № 410-7. Наклад 100 прим.

Видавець та виготовлювач: ФОП Брагинець О. В.
Свід. про внесення до держ. реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК, № 4879 від 07.04.2015.
Виписка з єдиного держ. реєстру серія ААВ, № 257729 від 01.12.2011.
Україна, 14029, м. Чернігів, вул. О. Кошового, 6, к. 15.
<http://siver-druk.com.ua> e-mail: siverdruk11@gmail.com