

УКРАЇНЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Подтележнікова Інна Володимирівна

УДК 691.3: 699.8(043.3)

**ЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ І СТАЛЕВИХ
КОНСТРУКЦІЙ МОСТІВ ТА ІНШИХ СПОРУД,
ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В УМОВАХ ОБВОДНЕННЯ І
СТРУМІВ ВИТОКУ**

Спеціальність 05.23.05 - будівельні матеріали і вироби

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2008

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України на кафедрі будівельних матеріалів, конструкцій та споруд.

Науковий керівник: доктор хімічних наук, професор **Плугін Аркадій Миколайович**, професор кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Української державної академії залізничного транспорту.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Жданюк Валерій Кузьмович**, завідувач кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг Харківського національного автомобільно-дорожнього університету;

кандидат технічних наук, доцент **Костюк Тетяна Олександрівна**, доцент кафедри будівельних матеріалів та виробів Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури.

Захист відбудеться 15 січня 2009 року о 14³⁰ годин на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.02 Української державної академії залізничного транспорту (Україна, 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий " _____ " грудня 2008 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
канд. техн. наук, доцент

Г.Л. Ватуля

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На мережі залізниць експлуатується велика кількість мостів, тунелів і водопропускних труб, сталеві і залізобетонні конструкції яких піддані електрокорозійному руйнуванню. Причиною такого руйнування є дія струмів витоку на електрифікованих ділянках залізниць. Це викликає зниження несучої здатності конструкцій зазначених споруд, скорочення терміну служби і, що найважливіше, загрожує безпеці руху поїздів, і може призводити до аварій.

У зв'язку з цим зниження величезного збитку від корозії, а також продовження терміну служби і захисту від корозії металевих конструкцій і споруд з них є важливою науково-технічною проблемою.

Найбільш доступним способом захисту є антикорозійні покриття. Однак, незважаючи на велику кількість розроблених вітчизняних і закордонних покриттів, проблема захисту металевих і залізобетонних конструкцій від електрокорозії залишається невирішеною. Це обумовлено: недоступністю особливо якісних покриттів через їхню дорожнечу; відсутністю простих і надійних способів контролю захисних властивостей покриттів; недостатнім вивченням механізмів руйнування покриттів в умовах впливу струмів витоку на конструкції, що захищаються та експлуатуються, у вологому середовищі.

Особливе значення у вирішенні цих завдань має невисока вартість створюваних захисних покриттів, можливість їхнього виробництва з місцевої сировини, а також виготовлення в польових умовах.

Перспективним у створенні таких антикорозійних покриттів є використання епоксидної смоли, модифікованої іншими смолами і наповнювачами з одержанням кращих фізико-механічних та інших характеристик.

На підставі викладеного тема дисертації, присвячена розробленню антикорозійних недорогих надійних захисних покриттів, у т.ч. декоративних, для металевих і залізобетонних конструкцій мостів і водопропускних труб на основі використання колоїдно-хімічних уявлень про електроповерхневі явища, процеси, взаємодії і властивості, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі «Будівельні матеріали, конструкції та споруди» Української державної академії залізничного транспорту в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи за темою «Теоретичні та експериментальні дослідження із створенням нових матеріалів і засобів захисту від корозії металевих мостів та інших конструкцій» (№ДР 0100U000825), а також у рамках планів НДДКР Укрзалізниці, планів Південної залізниці за темами:

- «Підвищення довговічності конструкцій мостів та їх захист від корозії» (договір №406/03-34/03-ЦТех від 31.06.2003);

- «Дослідження та розробка рекомендацій по захисту конструктивних елементів будівель та споруд, що експлуатуються, від агресивних дій» (договір №4/07-ЦТех-778/07-ЦЮ від 31.03.2007),

а також у рамках госпдоговірних НДР з Південною залізницею:

- «Ремонт залізобетонних конструкцій шляхопроводу на 802 км ділянки Гребінка – Черкаси» (договір №П/П-06/454/НЮ від 03.04.2006);

- «Капітальний ремонт водопропускної труби на 111 км ділянці Харків – Куп'янськ» (договір № П/П-07587/НЮ від 23.03.2007);

- «Капітальний ремонт верхньої частини водопропускної труби на 365 км ділянці Основа – Букине» (договір № П/П-07586/НЮ від 23.03.2007);

- «Капітальний ремонт водопропускної труби на 19 км ділянці Харків - Люботин» (договір № П/П-071913/НЮ від 16.06.2007).

Мета дослідження: метою дисертаційної роботи є підвищення довговічності металевих і залізобетонних конструкцій мостів, а також бетонних і цегельних водопропускних труб та інших інженерних споруд, що експлуатуються в умовах обводнення та струмів витоку, за рахунок створення вискоєфективних антикорозійних захисних покриттів на основі закономірностей фізико-хімічної механіки дисперсних систем і матеріалів, удосконалення уявлень про електроповерхневі й електродні явища, процеси та взаємодії.

Наукова гіпотеза досліджень полягає в такому:

- інтенсивний знос сталевих конструкцій мостів, тунелів і водопропускних труб, що експлуатуються на електрифікованих ділянках залізниць, обумовлений сумісною дією обводнення і струмів витоку, при якій на сталевих конструкціях виникають електричні потенціали, що викликають під захисним покриттям реакції електрокорозії і тиск, а в бетонних, залізобетонних і цегляних конструкціях виникає винос продуктів гідратації цементу у воду або водонасичений ґрунт, що значно прискорює руйнування захисних покриттів і конструкцій та вимагає розроблення і застосування нових захисних покриттів з високою адгезією до вологих поверхонь, високою безнапірною водонепроникністю й електрохемостійкістю у поєднанні з хорошими декоративними властивостями;

- створення нових захисних покриттів з такими властивостями може бути забезпечене за рахунок поєднання епоксидної смоли ЕД-20 і затверджувача для вологих і мокрих поверхонь УП-583 Д з кам'яновугільною (КВС) та інденкумароновою (ІКС) смолами, а також з пігментами, що містять поверхневі центри полімеризації епоксидної смоли, в оптимальному співвідношенні, що забезпечує оптимальну мікро- і субмікроструктуру захисного покриття і його максимальну довговічність в умовах обводнення і струмів витоку.

Для досягнення поставленої мети з урахуванням викладеної наукової гіпотези вирішували такі основні **завдання**:

1. Розроблення нових методик досліджень адгезійних та реологічних характеристик для лабораторних і польових умов.

2. Розвиток уявлень про механізми виникнення дефектів в антикорозійних покриттях, взаємодій між компонентами цих покриттів, проникної здатності агресивного середовища під покриття.

3. Дослідження структури та властивостей епоксидної смоли і композицій на її основі.

4. Розроблення антикорозійних захисних покриттів для залізобетонних і металевих конструкцій мостів, що експлуатуються в умовах впливу блукаючих струмів і струмів витоку, і технології їх виготовлення.

5. Експериментальна перевірка захисних властивостей і довговічності розроблених захисних складів.

6. Експлуатаційні випробування розроблених покриттів і впровадження

результатів досліджень.

Об'єкт дослідження - сталеві і залізобетонні конструкції, захисні покриття.

Предмет дослідження - структура, властивості, процеси й механізми при електрокорозії і захисті сталевих та залізобетонних конструкцій.

Методи дослідження. У роботі був застосований комплекс стандартних методів досліджень властивостей лакофарбових матеріалів. Крім того, використали спеціальні існуючі і розроблені в дисертації фізико-механічні, фізичні й фізико-хімічні методи досліджень: оптичної та електронної мікроскопії (МБИ-6 та EM5); потенціостатичні; інфрачервоної спектроскопії (ІЧС) за допомогою спектрофотометра (KARLZAIZ); седиментації в гасі (торсіонні ваги ВТ-500); безнапірної водонепроникності; виміру умовної в'язкості; відриву адгезіометром наклеєних штампів на поверхні покриття; визначення кута змочування θ краплі рідини, а також методики: зіставлення реальної та теоретичної густини суміші піску, мікронаповнювача, пігментів і води; виміру струму, що проходить через захищену поверхню, при високій електричній напрузі та агресивному середовищі; розрахунку електроповерхневого потенціалу по величинах стандартного водневого потенціалу простих речовин.

Наукову новизну роботи складають:

- розроблені в дисертації методики:
 - оцінки довговічності антикорозійних покриттів за морозостійкістю та адгезією;
 - оцінки електрохемостійкості антикорозійних складів за величиною струму та електроопором при високій напрузі з використанням спеціального датчика з магнітним притиском;
 - розвинені уявлення про: механізм протікання електрокорозійних процесів під захисним покриттям; механізм взаємодії між КВС, ЕД-20, ІКС і пігментами; адгезію полімеркомпозиційних захисних покриттів до сталевих і бетонних поверхонь; залежності адгезії затверділого захисного покриття від крайового кута змочування при його нанесенні на поверхню;
 - отримані дані про електроповерхневі властивості пігментів, КВС, ІКС і ЕД-20;
 - розвинені уявлення про структуру та структурні характеристики захисних покриттів на мікро-, субмікрорівнях та їх оптимальні (за водонепроникністю та адгезією) величини;
 - розроблені нові способи розрахунку оптимальних (за захисними властивостями і довговічністю) складів покриттів;
 - адгезійні, реологічні та фільтраційні характеристики розроблених захисних покриттів;
 - результати фізико-хімічних (електронно-мікроскопічних та ІЧ-спектроскопічних) досліджень захисних покриттів та їхніх компонентів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у використанні розроблених захисних покриттів при ремонті сильно пошкоджених залізобетонних конструкцій шляхопроводу на 802 км ділянки Гребінка – Черкаси, капітальному ремонті водопропускних труб на 111 км ділянки Харків – Куп'янск, 365 км ділянки Основа – Букине, 19 км дільниці Харків – Люботин Південної залізниці. Основний техніко-економічний ефект від впровадження розроблених захисних

покриттів полягає в тому, що разом з іншими новими матеріалами й технологіями вони забезпечили виключення зазначених штучних споруджень із числа аварійних із установленням нормальних швидкостей руху поїздів. Розроблені покриття забезпечать також надійний захист конструкцій від руйнування і набагато більший термін служби відновлених споруд, у порівнянні із традиційними технологіями ремонту та засобами пасивного захисту.

Особистий внесок здобувача. Автором особисто виконано таке: зроблено критичний огляд літературних джерел; обґрунтовано критерій електрохемостійкості для вибору складових захисних покриттів; розроблено та експериментально доведено гіпотези про механізм електрокорозії під захисними покриттями, залежності довговічності захисного покриття від його безнапірної водонепроникності, залежності адгезії затверділого захисного покриття від здатності розтікатися при його нанесенні на поверхню; обґрунтовано вибір пігментів, що найбільш підходять; розроблено методики, зібрано схеми і пристрої, виконано всі (крім ІЧС) експериментальні лабораторні дослідження; розроблено способи визначення оптимальних складів, самі покриття і технологія їх виготовлення; було взято основну участь у всіх експлуатаційних випробуваннях і впровадженні розроблених захисних покриттів, розроблено та затверджено технічні умови на створені в дисертації захисні покриття ТУ У 45.2-01116472-105:2006, розроблено відповідні розділи в галузевому нормативному документі: ЦП 0142 Правила фарбування залізничних мостів, що експлуатуються.

У співавторстві виконані такі теоретичні та експериментальні дослідження: розроблення механізмів, схеми та фізико-хімічної моделі електрокорозії сталі під захисними покриттями; аналіз, висновки й обговорення результатів досліджень; фізико-хімічні дослідження за допомогою інфрачервоної спектроскопії, дослідження адгезії, струму й електроопору захисних покриттів на сталевих конструкціях мостів; розроблено і виготовлено датчик та магнітний притиск для вимірювання струму та електроопору на вертикальних сталевих поверхнях.

Участь автора в спільних публікаціях відображено в переліку опублікованих робіт.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень дисертаційної роботи доповідалися на:

1. Міжнародній науково-практичній конференції «Захист від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж», Донецьк, 9-12 червня 2003р.
2. Науково-технічній конференції «Математические модели процессов в строительстве (железобетонные конструкции и материалы)», Луганськ, 9-11 червня 2004р.
3. Українському міжгалузевому науково-практичному семінарі «Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення», Київ, 27-28 червня 2006р.
4. Нараді експертів Комісії ОСЗ з інфраструктури та рухомого складу за підтемою №2.2 «Земляное полотно, искусственные сооружения и их комплексная диагностика», м. Сенець, Словацька Республіка, 19-22 вересня 2006р.
5. VIII науково-технічній конференції «Actualne problemy naukowo-badawcze bodownictwa», Ольштин, Польща, 2006р.

6. На раді експертів Комісії ОСЗ з інфраструктури та рухомого складу за підтемою №2.2 «Земляное полотно, искусственные сооружения и их комплексная диагностика», Хісар, Болгарія, 11-13 вересня 2007р.

7. 62÷68 науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ і фахівців залізничного транспорту в 2002÷2008р.

Розглянуті і схвалені «Рекомендації по захисту конструктивних елементів будівель та споруд, що експлуатуються, від агресивних дій».

На розроблені захисні покриття затверджені Технічні умови ТУ У 45.2-01116472-105:2006 р. «Склади захисні кольорові ЗС-1М і ЗС-3М для бетонних, залізобетонних і металевих конструкцій».

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 11 робіт, з них 9 у виданнях, що рекомендовані ВАК України, а також отримано 2 патенти України на винахід.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, основних висновків, списку використаних літературних джерел з 152 найменувань на 9 сторінках. Містить 158 сторінок основного тексту, 104 рисунків і 15 таблиць на 48 повних сторінках, 3 додатка.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульовані: мета, завдання досліджень, наукова новизна, гіпотеза і практичне значення отриманих результатів. Відображено основні наукові положення і результати досліджень, що виносяться на захист. Наведені дані про структуру дисертації, публікації й апробацію роботи.

У розділі 1 наведений аналітичний огляд літератури з теми і вибір напрямків досліджень.

У металевих і залізобетонних прогонових спорудах мостів і шляхопроводів найбільш піддаються корозії конструкції проїзної частини і поруч розташовані з ними елементи, наприклад пояси ферм, через високий ступінь їх забруднення від поїздів.

Ці місця повинні фарбуватися частіше інших, при цьому повинні застосовуватися особливо стійкі фарби або захисні покриття. На підставі виконаного аналізу існуючих нормативних документів і літературних даних найбільш стійкими є ЛФП на основі епоксидних смол. Це пояснюється їх високими атмосферостійкістю, хемо-, водо-, масло- і бензостійкістю. Подібними властивостями володіють покриття на основі поліуретанових смол, у т.ч. ті що містять цинк. Однак, за аналогією з відомим у нормативній літературі поліуретановим покриттям УР-175, наведеним у СНиП 2.03.11-85, це покриття не є маслобензостійким.

Крім того, для елементів проїзної частини (крім верхніх поясів подовжніх балок) мостовики застосовують старі традиційні ЛФП на основі сурику залізного на оліфі натуральній. Однак вони не можуть бути універсальними через невідповідність вимог за декоративними властивостями.

На основі виконаного аналізу захисних покриттів, що використовуються для металевих і залізобетонних мостів, та існуючих уявлень про механізми корозії металів обґрунтована комплексна наукова гіпотеза досліджень.

Обґрунтування гіпотези, сформульованої у вступі, впливає з нижченаведеного.

Для забезпечення максимальних непроникності для агресивного середовища, адгезії до бетону, сталі і цегляної кладки, міцності взаємодій між компонентами проникаюча захисна композиція повинна мати оптимальну структуру і відповідно оптимальне співвідношення між компонентами (оптимальним складом). Це можливо лише на основі уявлень про структуру сталі і її поверхню, про дійсний механізм електрокорозії сталі, у тому числі під захисними покриттями, процеси переносу агресивного середовища і постійного струму через покриття, а також електроповерхневі властивості сталі захисних покриттів і їхніх компонентів.

Аналіз даних про технічний стан, агресивні впливи і способи захисту будівельних конструкцій дозволив вибрати технологічні критерії для розроблення антикорозійних покриттів, що полягають у хорошій сумісності полімерів і наповнювачів, що забезпечує когезійну й адгезійну міцність до металу, вибірну до катодних і анодних ділянок, і до бетону.

Як недорога основа покриття вибрана смола ІКС, структурна формула якої містить активні функціональні полярні групи $C=O$, що забезпечують її вибірну адсорбцію до металу і пігментів. Як високоміцна складова вибрана практично водонепроникна полімерна суміш із епоксидної смоли ЕД-20 з ацетоном і затверджувачем УП-583 Д (ПЕПА – для покривного шару), що має хорошу сумісність з ІКС і вибірну адсорбцію до катодних (за рахунок груп NH_2) і анодних (за рахунок груп $C=O$) ділянок. Дипольні моменти вказаних груп перевищують дипольний момент OH в молекулі води, що забезпечує витіснення води з поверхні металу, а також водонепроникність адгезійного контакту.

Для підвищення ефективності антикорозійного покриття доцільне застосування наповнювача, активні центри якого можуть служити центрами полімеризації і формування спрощеної структури в тонких прошарках між частинками наповнювача.

Аналіз існуючих уявлень про структуру складових захисного покриття дає підставу припустити, що компоненти покриття мають структуру мікроскопічного, субмікроскопічного і надмолекулярного рівнів, що може бути ефективно використано для оптимізації складу з метою забезпечення високої довговічності і надійності антикорозійних захисних покриттів.

У розділі 2 наведені характеристики основних матеріалів, дані про використані існуючі, вдосконалені й нові методи і методики досліджень.

Для дослідження використовувалися полімерні в'язучі матеріали – смоли ІКС, КВС, ЕД-20; затверджувачі для епоксидних смол – поліетиленполіамін (ПЕПА); і УП-583 Д; розчинник 647 або ацетон, а також мінеральний наповнювач - кварцовий піл і пігменти: сурики – жовтий та зелений, оксиди цинку ZnO і титану TiO_2 , алюмінієва пудра Al .

Як наголошувалося, в роботі використаний комплекс стандартних фізико-механічних, фізичних і фізико-хімічних методів досліджень. З числа фізико-

хімічних методів: оптичної й електронної мікроскопії (мікроскопи МБИ-6 і EM5 відповідно); потенціостатичний метод (потенціостат ПИ-50-1); метод інфрачервоної спектроскопії ІЧС (спектрофотометр (KARLZAIZ)); метод вимірювання умовної в'язкості (віскозиметр ВЗ-1).

Використані спеціальні методи, що також існують на кафедрі: седиментації порошкових матеріалів в інертному рідкому середовищі (керосин); відриву адгезіометром наклеєних штампів на поверхні; безнапірної водонепроникності; визначення кута змочування θ краплі свіжовиготовленого покриття на сталевій і бетонній поверхні; визначення електроповерхневого потенціалу по величинах стандартного водневого потенціалу простих речовин.

Крім того, в дисертації розроблені і застосовані нові спеціальні методи й методики досліджень: визначення оптимальних структурних характеристик захисних покриттів, що розробляються, за реальною і теоретичною густиною водних сумішей піску, мікронаповнювача і пігментів; вимірювання струму, що проходить через поверхню, що захищається, на сталевій пластині при високій електричній напрузі й агресивному середовищі; визначення довговічності захисних покриттів за зміною в часі міцності захищених пористих бетонних зразків і адгезії покриттів при їх заморожуванні і відтаванні.

У розділі 3 розвинені уявлення про протікання струмів витоку через конструкції штучних споруд на електрифікованих ділянках залізниць.

Живлення струмом електрифікованого залізничного транспорту здійснюється через контактну мережу, яка у свою чергу живиться від тягових підстанцій, що розташовані уздовж лінії на відстані до 20 км. Мережа розділена на окремі ділянки (секції, електрично ізольовані одна від одної).

У рейках при цьому виникають позитивні (у зоні поїзда з електротягою) і негативні (поблизу тягової підстанції) потенціали з утворенням двох зон - анодної і катодної, відповідно. При цьому виникає струм, який стікає з рейок через підрейкові основи і конструкції штучних споруд в землю. Цей струм називається струмом витоку.

При подовжньому секціонуванні (уздовж лінії) в секції виділяють контактну мережу великих штучних споруд (тунелі, мости, естакади і шляхопроводи), так що електричні потенціали потрапляють на конструкції цих споруд, а струми витоку проходять через них.

Крім того, рейкові колії на ділянці штучних споруд також розділяються на своєрідні секції за допомогою ізолюючих стиків. З урахуванням цього при русі електропоїзда перед електролокомотивом і під поїздом на рейковій колії виникає ділянка з позитивним (по відношенню до землі) потенціалом. При виході локомотива за межі моста, труби або з тунелю потенціал зникає, тобто потенціал і струм витоку в межах виділеної секції, а також на конструкціях штучних споруд, по суті, є не постійними, а пульсуючими односпрямованими.

На мостах і шляхопроводах із сталевими прогоновими спорудами потенціал і струм витоку можуть потрапити на конструкції прогонової споруди через контактну мережу і брудні та мокрі (дощ, сніг, заледеніння) ізолятори.

Потенціали на сталевих конструкціях при цьому приводять до виникнення електроміграційних і відповідно дифузійних потоків іонів агресивного середовища і продуктів корозії через капіляри, що існують в захисних покриттях. При цьому

корозія під непошкодженим захисним покриттям визначатиметься двома режимами – кінетичним (швидкість реакції корозії) і дифузійним (відведенням гідратованих катіонів заліза Fe^{2+}). Слід враховувати, що навіть при виникненні позитивного потенціалу витоків відрив катіонів заліза Fe^{2+} , найімовірніше, протікає лише на анодних ділянках, оскільки на катодних ділянках позитивні протиіони ПЕШ, що знаходяться, швидше за все, в міцному адсорбційному зв'язку з підкладкою, перешкоджатимуть виходу катіонів заліза.

Відповідно до теорії низькочастотної діелектричної дисперсії дисперсних систем, довжина шляху дифузійного потоку (довжина дифузійного шляху) становить:

$$l = \sqrt{\frac{D \cdot t}{2\pi}}, \quad (1)$$

де D – коефіцієнт дифузії протиіонів Ca^{2+} , cm^2/c ; t – тривалість інтервалу між поїздами, с.

Виконані за цим рівнянням розрахунки показали, що при електрокорозії сталі під захисним покриттям виникаючі катіони заліза Fe^{2+} і гідроксильні іони OH^- встигнуть вийти із звичайних анодних ділянок через капіляри на поверхню захисного покриття, а кисень з повітря – підійти до звичайних катодних ділянок через захисне покриття.

Згідно з механізмом безнапірної фільтрації вода, що також потрібна для протікання електрокорозії, проникає через покриття за виразом:

$$W = \frac{\Delta V}{S \cdot \Delta t}, \quad (2)$$

де ΔV – кількість води, що проникла через захисне покриття, cm^3 , за час t , с; S – площа, через яку проникає вода, cm^2 .

За попередніми експериментами, виконаними для різних захисних покриттів, величина ΔV має порядок 10^{-9} cm^3/c .

При такій величині за час $t = 600$ с (відповідає часу проходження поїзда по мосту) вода встигне переміститися на глибину $l = 0,6 \cdot 10^{-6}$ см, що надто мало, а на всю товщину захисного покриття – за $t = 1,6$ року (без урахування руху поїздів з електротягою).

Отже, лімітуючою стадією процесів електрокорозії сталевих конструкцій є безнапірна водонепроникність захисних покриттів, що обчислюється роками, а ефективним способом оцінки захисних властивостей покриттів – спосіб визначення їх безнапірної проникності.

У дисертації розвинені уявлення про структуру та електроповерхневі властивості компонентів захисних покриттів.

Структура епоксидної смоли в затвердженому стані (затверджувач ПЕПА) є глобулярною з перевагою ланцюгових і об'ємних утворень з глобул. ЕД із затверджувачем ПЕПА і більшістю поширених затверджувачів має високу адгезію до сухих поверхонь різноманітних матеріалів. Ця універсальність обумовлена

одночасним існуванням в них сильно полярних функціональних груп: OH ($\mu = 5,14 \cdot 10^{-30}$ Кл·м) і NH_2 ($5,08 \cdot 10^{-30}$ Кл·м). Група NH_2 , ймовірно, залишається на поверхні смоли, що твердіє, в місці обриву її зв'язку з радикалом R' . Гідроксильна група OH , крім того, здатна утворювати водневі зв'язки з кисневою поверхнею.

На відміну від ПЕПА, молекула затверджувача УП-583 має дві дипольні групи з паралельними односпрямованими дипольними моментами і результируючим дипольним моментом $\mu = 10,16 \cdot 10^{-30}$ Кл·м, значно більшим, ніж у молекули води $\mu = 6,1 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Це забезпечує віджимання води із сталевих, бетонних, цегляних і кам'яних поверхонь і полімеризацію епоксидної смоли у мокрих і вологих поверхонь.

Кам'яновугільна смола складається з ненасичених вуглеводнів – бензолу C_6H_6 , толуолу $C_6H_5CH_3$, крезолу $CH_3C_6H_4OH$, фенолу C_6H_5OH відповідно, і їх гомологів – піролу C_4H_5N , піридину C_5H_5N та інших, а також легких масел і води (до 9%).

Згідно зі структурними формулами толуол, фенол, нафталін, пірол і піридин містять полярні групи з негативним $-C-N$, $-C-OH$ і позитивним $-C-NH$ полюсами назовні. Це надає компонентам КВС полярних властивостей: толуол $\mu = 1,2 \cdot 10^{-30}$ Кл·м, фенол $\mu = 4,82 \cdot 10^{-30}$ Кл·м, пірол $\mu = 6,1 \cdot 10^{-30}$ Кл·м, піридин $\mu = 7,29 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Ці високі значення забезпечують високу електроповерхневу активність складових КВС, особливо фенолу, піролу і піридину, а також їх хорошу сумісність (змішуваність) з епоксидною смолою і високу адгезійну здатність покриттів до сталі і неорганічних матеріалів.

Поверхня інден-кумаронової смоли містить полярну функціональну групу $-C=O$, що є однією з найбільш полярних, з негативним дипольним моментом $\mu = 8,3 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Це припускає високу електроповерхневу активність ІКС, її хорошу адгезійну здатність, хорошу змішуваність із сумішшю епоксидної смоли і затверджувачем, амініні функціональні групи якого мають позитивний дипольний момент $\mu = 5,08 \cdot 10^{-30}$ Кл·м.

Розчинник – ацетон АЦ (диметилметакетон; 2-пропанол CH_3COCH_3) є сильно полярною рідиною з дипольним моментом $\mu = 9,46 \cdot 10^{-30}$ Кл·м, також значно більшим, ніж у води. Це визначає високу здатність ацетону розчиняти ЕД, КВС і ІКС.

Активні центри АЦ мінерального наповнювача і пігментів істотно впливають на процеси полімеризації і формування структури полімерних композиційних матеріалів. Найбільш поширеним активним центром є гідроксильна група OH . Її вплив забезпечується за рахунок диполь-дипольної взаємодії з полярними функціональними групами розглянутих полімерних компонентів покриттів, а також хімічної взаємодії, при якій гідроксильна група стає центром полімеризації, від якого починається поліконденсація гідроксилвмісних полімерів.

Структура ЕД навколо частки наповнювача складається з довгих фібрилярних утворень смоли (структурних елементів), поляризація яких відбулася на АЦ наповнювача, в проміжках між якими розташована ЕД звичайної глобулярної структури.

Довжина фібрилярних структурних елементів, а отже, товщина адсорбованого шару ЕД рівна близько 1 мкм.

Подібні орієнтування структури у поверхні часток пігментів і сталі, очевидно, властиві і для інден-кумаронової смоли, що обумовлює необхідність пошуку оптимальних співвідношень між компонентами покриттів.

Узагальнювальною характеристикою електроповерхневих властивостей наповнювачів і пігментів (кварцовий пил із середнім розміром часток $d = 37$ мкм, за сертифікатом) є електроповерхневий потенціал $\psi_0 = -0,55$ В (електрокінетичний потенціал кварцу $\zeta \approx -140$ мВ). Відповідно, для пігментів: оксид цинку ZnO (цинквмісний пігмент, $d = 2-3$ мкм) $\psi_0 = +1,285$ В, а діоксид титану TiO_2 ($d = 0,2-0,3$ мкм) $\psi_0 = -0,027$ В. Частки цинквмісного пігменту мають кулясту або частково голкову форму, частки TiO_2 - кулясту.

Якщо покриття на основі ЕД-20 із затверджувачем ПЕПА наносити на мокрі поверхні, то полімеризація смоли поблизу поверхні не настає. Для забезпечення хорошої адгезії до вологих поверхонь ЕД-20 необхідне застосування затверджувача УП-583 Д, у присутності якого з поверхні витісняється вільна вода і вода дифузійних частин ПЕШ в конденсатних плівках.

Досягнення декоративних властивостей (світлих кольорів) захисних покриттів може бути забезпечене за рахунок застосування інден-кумаронової смоли у поєднанні з різними пігментами і розчинниками.

Застосування КВС і ІКС, а також простих наповнювачів у значній кількості забезпечує істотне зниження вартості таких покриттів.

Викладене створює передумови для розроблення покриттів, що мають атмосферо-, водо-, масло-, бензо- і електрохемостійкість, придатних для захисту металевих і залізобетонних конструкцій мостів і водопропускних труб, експлуатованих на електрифікованих постійним струмом ділянках залізниць в умовах обводнення.

Геометричні й електроповерхневі характеристики компонентів захисних покриттів наведені в табл. 1.

Поєднання електрично активних наповнювачів і пігментів з полярною матрицею дозволяє сформувати просторову структуру із структуроутворюючих елементів, зв'язаних через тонкі прошарки полімерної матриці з направленою власною структурою.

Таблиця 1

Характеристики компонентів захисного покриття

№ п/п	Матеріали	Рівні структури	Розміри, d	Електроповерхневі властивості
1	Ацетон	Молекулярний	3,8 Å	$C=O$ ($\mu = -9,46 \cdot 10^{-30}$ Кл·м)
2	ЕД+ІКС	Надмолекулярний	100-50 Å	OH ($\mu = -5,14 \cdot 10^{-30}$ Кл·м) NH_2 ($\mu = +5,08 \cdot 10^{-30}$ Кл·м, для ПЕПА) ($\mu = +10,16 \cdot 10^{-30}$ Кл·м, для УП-583 Д)
3	КВС	Надмолекулярний	0,25-0,3 мкм	$C-N$ ($\mu = -1,2 \cdot 10^{-30}$ Кл·м) $C-OH$ ($\mu = -4,28 \cdot 10^{-30}$ Кл·м) $C-NH$ ($\mu = +6,1 \cdot 10^{-30}$ Кл·м)

4	Оксид цинку	Субмікрорівень	0,2-0,3 мкм	$\psi_0 = +1,285$ В
5	Діоксид титану	Субмікрорівень	$\approx 0,3$ мкм	$\psi_0 = -0,027$ В
6	Кварцовий пил	Мікрорівень	37 мкм	$\psi_0 = -0,55$ В, $\zeta \approx -140$ мВ

Схеми контактів у плоскій упаковці (на поверхні) на мікро- і субмікрорівнях при різних об'ємних співвідношеннях між мікронаповнювачем і пігментом, між пігментом і полімерною складовою наведені на рис. 1, 2. На мікрорівні оптимальним за щільністю і адгезією є контакт часток кварцового пилу і наповнювача за схемою на рис. 1, а, а на субмікрорівні – між частками пігменту і полімерною складовою за схемою на рис. 2, б.

Оптимальна структура може бути забезпечена шляхом дотримання оптимальних структурних характеристик (коефіцієнтів розсунення KP_{OPT} структурних елементів) на будь-якому рівні структури. При цьому узагальнювальним виразом для структурних характеристик на мікро- і субмікрорівнях є:

$$KP_{OPT} = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{\delta_{OPT}}{d_{CЭ}}\right)^3 - 1,1, \quad (3)$$

де δ_{OPT} – оптимальна за щільністю і міцністю структури середня відстань між структуроутворюючими елементами на відповідному структурному рівні; $d_{CЭ}$ – середній розмір структурного елемента (частки).

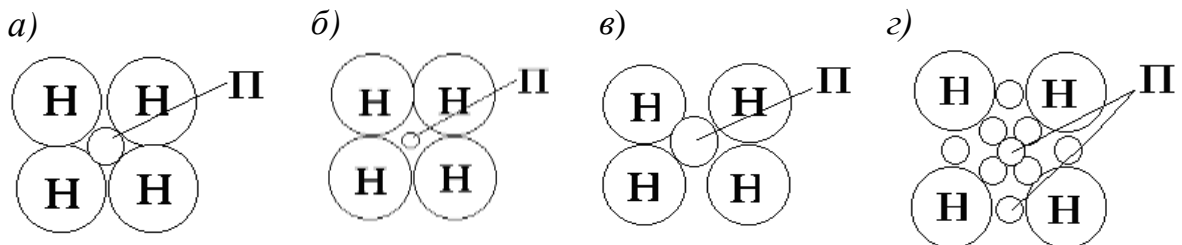


Рис.1. Можливі схеми формування контактів на мікрорівні (між частками наповнювача **Н** і пігменту **П**) в покритті, що розробляється

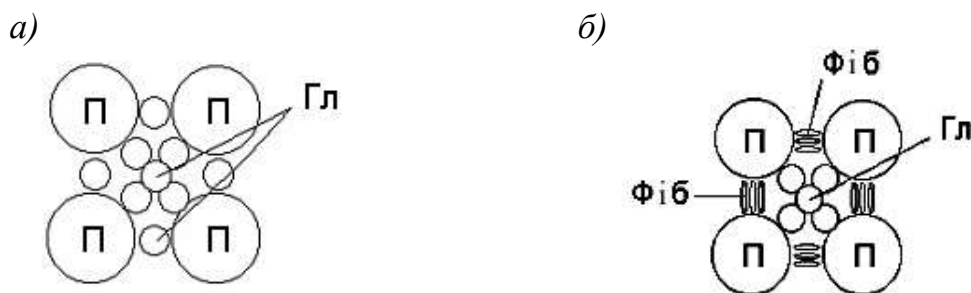


Рис.2. Можливі схеми формування оптимальних за щільністю і міцністю контактів на субмікрорівні в захисному покритті: а - прошарки між частками пігменту з глобул полімерів **Гл**; б - прошарки між частками пігменту з фібрилярних структурних елементів епоксидної смоли **Фіб**

У розділі 4 наведені результати досліджень, присвячених експериментальній перевірці розвинених теоретичних положень, розробленню оптимальних складів захисних покриттів і перевірці їх технологічних і захисних властивостей, а також довговічності.

Для дослідження взаємодій між компонентами покриттів використали метод інфрачервоної спектроскопії (ІЧС). Аналіз отриманих ІЧ-спектрів показав, що між ІКС і ЕД немає хімічних взаємодій. Разом з тим наявність полярних груп у кожного з компонентів забезпечує їх хороше взаємне перемішування і міцну диполь-дипольну взаємодію. Розчинник сприяє цьому перемішуванню, проте в хімічну взаємодію також не вступає, видаляється після твердіння композиції шляхом випаровування.

Виконані оптико-мікроскопічні дослідження за допомогою оптичного мікроскопа МБИ-6, електронно-мікроскопічні дослідження за допомогою мікроскопа EM5 з додатковим збільшенням знімків за допомогою сканеру і ПЕОМ, а також седиментаційні дослідження за допомогою торсіонних вагів ВТ-500 підтвердили, що частки досліджуваних пігментів - ZnO і TiO_2 мають розміри 0,2-0,3 мкм (рис. 3, 4), а кварцовий мікронаповнювач $Kв$ – до 40 мкм (найбільш представницька фракція по масі). Ці розміри мають як самостійні пігменти і мікронаповнювач, так і у складі сумішей ІКС+Ац і ЕД+Ац. Частинки пігментів коагулюють у флокули, які мають розмір 2 мкм і залежно від концентрації пігменту утворюють агрегати з двох, трьох, чотирьох і більше флокул, а біля поверхні – суцільні шари.

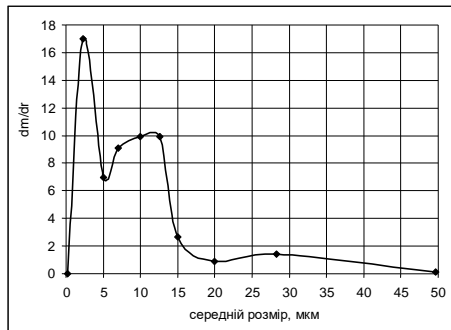


Рис. 3. Диференціальна крива зміни маси осідаючих часток ZnO

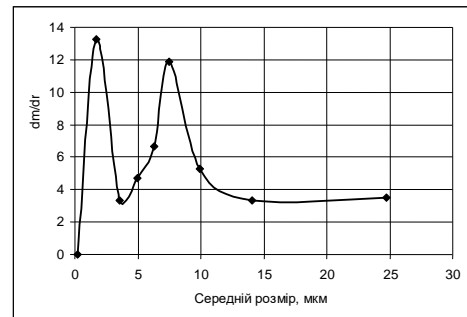


Рис. 4. Диференціальна крива зміни маси осідаючих часток TiO_2

Оптико-мікроскопічні знімки ОМЗ (приклади на рис. 5) підтвердили, що розроблені захисні покриття мають щільний контакт із сталеву поверхнею і частками пігменту. Глибина контакту, обумовлена іон-дипольною взаємодією, розповсюджується в захисне покриття на 50-150 мкм. Вода, що міститься в КВС і відповідно у покритті ЗС-ЗМ в краплинно-рідкому стані, віджимається з поверхні сталевих пластин затверджувачем УП-583. Покриття має щільну мікроструктуру з глобулярними і більшими утвореннями.

Теоретично обґрунтовано й експериментально підтверджено, що оптимальне (за в'язкістю) відношення ацетону Ац (або розчинника 647) до інденкумаронової смоли ІКС ($Ац/ІКС$)_{опт} = 0,5 (рис. 6). При цьому забезпечуються мінімальна в'язкість суміші і мінімальне випаровування ацетону з неї, що

відповідно забезпечує максимальну адгезію і мінімальну проникність захисного покриття.

Це дозволило уточнити мікроскопічний й субмікроскопічний структурні рівні захисних покриттів, які визначаються розмірами структурних елементів відповідно частинок мікронаповнювача (кварцовий пи́л, $d = 37$ мкм), флокул пігментів (ZnO або TiO_2 , $d \approx 2$ мкм), фібрилярних утворень ЕД – близько 1 мкм. Відповідно уточнені рівняння для оптимальних структурних характеристик (коефіцієнтів розсунення λ структурних елементів) захисних покриттів, які мають вигляд:

- на мікрорівні (коефіцієнт розсунення часток мікронаповнювача сумішшю пігменту і полімеру $\lambda_{П+Пол}^H$);
- на субмікрорівні (коефіцієнт розсунення флокул пігменту сумішшю полімерів $\lambda_{Пол}^\Phi$

$$\lambda_{П+Пол}^H = \frac{V^{П+Пол}}{V_{ПВС}^H} = \frac{\frac{П}{\rho^П} + \frac{Пол}{\rho^{Пол}}}{\frac{H}{\rho_{НАС}^H} \cdot П_{ПВС}^H}, \quad \lambda_{Пол}^\Phi = \frac{V^П}{V_{ПВС}^П} = \frac{\frac{П}{\rho^П} + \frac{Пол}{\rho^{Пол}}}{\frac{H}{\rho_{НАС}^H} \cdot П_{ПВС}^H}, \quad (4)$$

де $V^{П+Пол}$ – абсолютний об'єм пігменту і полімеру; $V_{ПВС}^H$ – об'єм пустот мікронаповнювача в його ущільненому стані; $П$ – вміст в суміші пігменту; $Н$ – вміст в суміші мікронаповнювача (кварцовий пи́л); $\rho^П$ – дійсна густина пігменту; $\rho_{НАС}^H$ – насипна густина наповнювача в його ущільненому стані; $П_{ПВС}^H$ – пустотність мікронаповнювача в його ущільненому стані; $Пол$ – вміст в суміші полімерів; $\rho^{Пол}$ – дійсна густина полімеру.

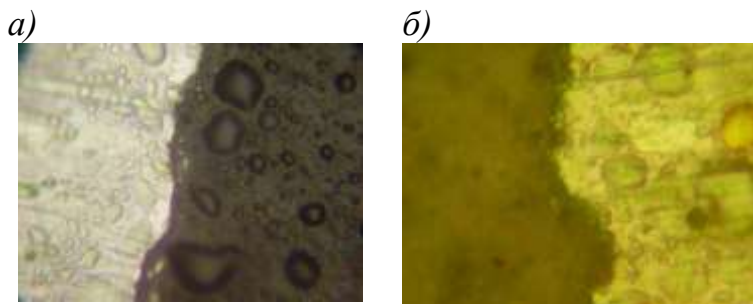


Рис. 5. ОМЗ х50· 3С-3М (а) і 3С-1М № 31 зелений (б). Округлі утворення мають розміри від 10 – 40 до 400 мкм

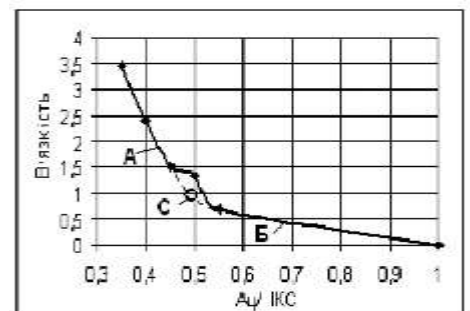


Рис. 6. Зміна в'язкості суміші ІКС+Ац від зміни відношення Ац/ІКС

Уточнені стосовно захисних покриттів, що розробляються, рівняння для оптимальних структурних характеристик:

$$\lambda_{ОПТ}^H = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{\delta_{ОПТ}^{П+Пол}}{d^H}\right)^3 - 1,1, \quad \lambda_{ОПТ}^\Phi = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{\delta_{ОПТ}^{Пол}}{d^П}\right)^3 - 1,1, \quad (5)$$

де $\delta_{ОПТ}^{П+Пол}$ – оптимальна товщина прошарку у суміші пігменту і полімеру між частками мікронаповнювача; $\delta_{ОПТ}^{Пол}$ – оптимальна товщина прошарку полімеру між частками мікронаповнювача; d^H – середній діаметр часток наповнювача; $d^П$ – середній діаметр флокул пігменту.

З урахуванням рівнянь (4) і (5) розроблено експериментальний спосіб визначення вказаних оптимальних (за густиною сумішей) структурних характеристик. Він полягає в тому, що при оптимальній товщині прошарку між частками мікронаповнювача або флокулами пігменту експериментальна густина суміші наблизатиметься до розрахункової, визначеної за абсолютними обсягами її складових.

Графіки на рис. 7 експериментальної залежності адгезії захисних покриттів з пігментами ZnO і TiO_2 від коефіцієнтів розсунення флокул $\lambda^Ф$ пігментів підтвердили коректність рівнянь для оптимальних коефіцієнтів розсунення (структурних характеристик) на субмікрорівні. Отримані оптимальні величини ($\lambda = 1,35$) підтверджують розрахункові дані.

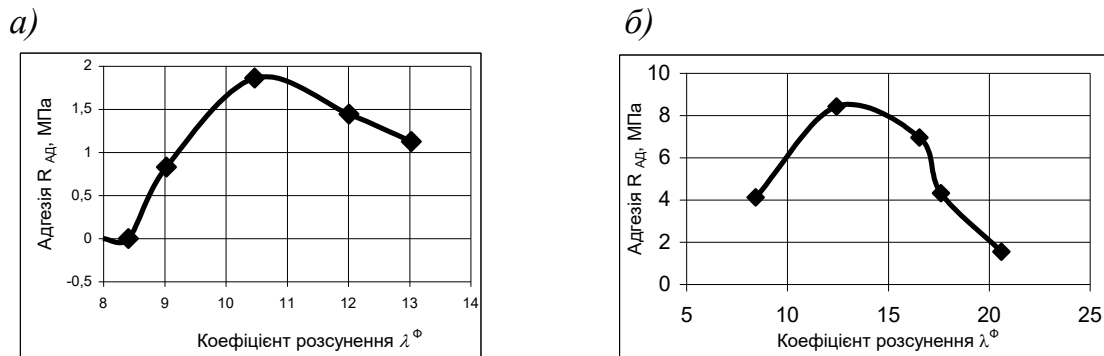


Рис. 7. Зміна адгезії $R_{Ад}$, МПа, захисного покриття з пігментами ZnO (а) і TiO_2 (б) від зміни коефіцієнта розсунення $\lambda^Ф$ флокул пігменту

Експериментально за величиною адгезії захисного покриття уточнено й оптимальне відношення ЕД/ІКС=1.

Аналогічні залежності отримані для захисних покриттів на поверхні міцного бетону, при цьому їх адгезійна міцність визначалася в основному міцністю бетону і склала 40-50 МПа.

З урахуванням оптимальних структурних характеристик на мікро- і субмікрорівнях розроблені способи розрахунку оптимальних складів (за захисними властивостями) в кілограмах на 1 л захисних покриттів.

Оцінку захисної здатності розроблених покриттів виконували за потенціостатичними кривими, отриманими на потенціостаті ПИ-50-1. Згідно з цими кривими (рис. 8), можна зробити висновок, що комбіноване покриття ЗС-3М+№8 (сіре) повністю ізолює сталеві пластини від агресивного середовища і практично не пропускає струм в межах від -4 до +4 В, що свідчить про його високу захисну здатність.

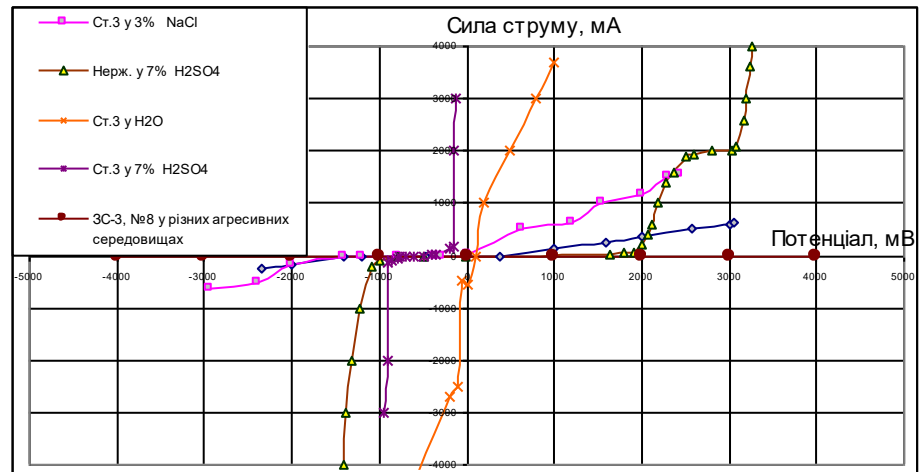


Рис. 8. Потенціостатичні криві

Дослідження підтвердили високі захисні властивості проти електрокорозії, зокрема в порівнянні з фарбою ПФ-115, поширеною для захисту залізничних металевих мостів. Величина щільності струму для розроблених комбінованих покриттів протягом тривалого часу випробувань (1250 год) не перевищувала допустимої величини $0,6 \text{ mA/дм}^2$ (безпечної), при цьому пробій так і не наступив. Відносний опір в кінці випробувань склав 222 МОм/см^2 , що відповідає кращим вітчизняним і зарубіжним захисним покриттям.

У той же час у поширеній для залізничних мостів фарбі ПФ-115 наступив пробій через 800 годин випробувань, а відносний опір перед пробоем склав $0,01 \text{ Ом/см}^2$.

Виконана комплексна експериментальна перевірка розроблених захисних покриттів на довговічність за характером зміни в часі безнапірної водонепроникності, міцності захищених пористих зразків з цементно-піщаного розчину й адгезії на них при заморожуванні і відтаванні за стандартним третім способом визначення морозостійкості бетону.

Оцінку електрохемостійкості покриттів виконували за схемою, зображеною на рис. 9, відповідно до розробленої в дисертації методики, за характером зміни в часі струму й опору покриття при високому потенціалі (100 В).

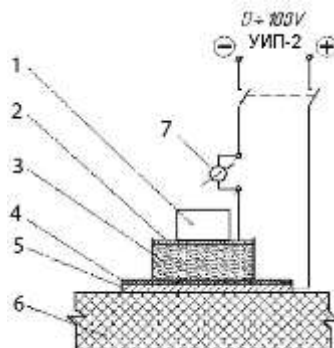


Рис. 9. Принципова схема вимірів сили струму, що проходить крізь захисне покриття, в умовах агресивного середовища: 1- вантаж; 2 – електрод; 3 – поролон, просочений електролітом; 4 - захисне покриття; 5 – сталь; 6 – ізолятор; 7 - самописець Н3012

У результаті випробувань комбіновані захисні покриття типу ЗС-3М+ЗС-1М показали найбільш високі захисні властивості і довговічність, еквівалентну 50-60 рокам для кліматичних умов України, із збереженням високої адгезії до поверхні зразків з цементно-піщаного розчину, що набагато вище, ніж у покриття ПФ-115 і перевищує терміни служби кращих захисних покриттів для металевих конструкцій.

Експериментальні дослідження технологічності розроблених захисних покриттів проводили за величиною краєвого кута змочування краплі свіжовиготовленого покриття на сталевій поверхні. Отримані результати свідчать про хорошу змочуючу здатність і адгезію розроблених покриттів до сталевих і бетонних поверхонь.

Встановлена екстремальна залежність адгезії захисного покриття від величини краєвого кута змочування в межах $\theta = 16-30^{\circ}$, що може бути використане для контролю якості покриттів при їх виготовленні.

Розроблена технологія виготовлення захисних покриттів типу ЗС-3М і ЗС-1М в полігонних умовах і для малих підприємств.

У розділі 5 наведені результати експлуатаційних досліджень електричних потенціалів на конструкціях залізничного моста через р. Сіверський Донець із сталевими фермами і безбаластним мостовим полотном, який знаходиться на електрифікованій постійним струмом ділянці колії Південної залізниці.

За даними вимірювань, при проходженні по мосту поїзда з електротягою на фермі, яка виявилася незаземленою, з'явився потенціал до 70 В.

Захисні покриття ЗС-3М (чорне) і ЗС-1М (світле) пройшли також експлуатаційну перевірку й упроваджені при посиленні, герметизації і відновленні сталевих, залізобетонних і кам'яних конструкцій таких об'єктів, що руйнувалися:

- мостова опора з кам'яним облицюванням залізничного мосту через р. Сіверський Донець на ділянці Зміїв–Занки Південної залізниці;
- залізобетонний рамний шляхопровід на 802 км ділянки Гребінка-Черкаси Південної залізниці;
- залізобетонні стійки шляхопроводу №1 на перегоні Сартана–Північна колійного господарства ВАТ «Азовсталь» (м. Маріуполь);
- сталеві і кам'яні конструкції водопропускної труби на 111 км ділянки Харків–Куп'янськ Південної залізниці;
- бетонна водопропускна труба на 365 км ділянки Основа-Букине Південної залізниці;
- залізобетонна попередньо напружена прогонова споруда довжиною 33 м на мосту 68 км ділянки Ворожба–Люботин Південної залізниці;
- залізобетонні стійки під перехід між навчальними корпусами УкрДАЗТ.

Економічний ефект від впровадження розроблених комбінованих покриттів типу ЗС-3М + ЗС-1М склав 382708 грн, за рахунок збільшення довговічності в 5,9 разів в порівнянні з ПФ-115. Вартість розроблених покриттів та ПФ-115 наведена в табл. 2.

На підставі виконаних досліджень були також розроблені 2 нормативних документи:

- ЦП 0142 Правила фарбування залізничних мостів, що експлуатуються. – К.: Мануфактура, 2006. – 176 с.;

- Технічні умови «Склади захисні кольорові ЗС-1М і ЗС-3М для бетонних, залізобетонних і металевих конструкцій» ТУ У 45.2-01116472-105:2006.

Таблиця 2

Порівняльна вартість захисних покриттів

Назва покриття, колір	ЗС-1М			ЗС-3М	ПФ-115
	№ 29 бежевого	№31 зеленого	№8 сірого	чорного	
Вартість покриття, грн/кг	15,16	13,61	15,77	12,18	7,00

За результатами досліджень отримано 2 патенти України:

- Пат.71122UA. МПК⁷ С04В28/12 Спосіб визначення складу важкого бетону з мінеральним наповнювачем / А.М. Плугін, О.А. Калінін, С.В. Мірошніченко, А.А. Плугін, Арт.М. Плугін, С.М. Кудренко, І.В. Подтележнікова, О.С. Герасименко, В.А. Лютий, А.В. Никитинський. - № 2003087901; Заявл. 21.08.2003; Опубл.15.06.2006, Бюл.№6.

- Пат.62613UA. МПК⁷ С04В28/00 Спосіб визначення складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону / А.М. Плугін, О.А. Калінін, С.В. Мірошніченко, А.А. Плугін, С.М. Кудренко, В.А. Лютий, А.В. Никитинський, І.В.Подтележнікова, Г.О. Линник, М.Д. Костюк, В.О. Яковлев. - №2003043396; Заявл. 15.04.2003; Опубл.15.12.2003, Бюл.№12.

Матеріали дисертації використовуються в навчальному процесі при підготовці спеціалістів і магістрів за спеціальністю 7.092101 «Промислове і цивільне будівництво» і 7.100502 «Залізничні споруди і колійне господарство» із спеціалізацією.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Створення антикорозійних захисних покриттів з вітчизняної недорогої сировини, що мають значну довговічність в умовах сумісної дії постійного електричного струму й обводнення, дозволить підвищити надійність і безпеку руху поїздів на металевих залізничних мостах, вирішити проблему дефіциту коштів, що витрачаються або на дорогі зарубіжні лакофарбові матеріали, або на часте фарбування мостів вітчизняними малоефективними фарбами, наприклад, ПФ-115.

2. В основу розроблення таких покриттів покладені технологічні критерії - недорогі антикорозійні покриття з інден-кумаронової смоли ІКС, кам'яновугільної смоли КВС, епоксидної смоли ЕД-20, розчинників – 647 і ацетону, пігментів і наповнювачів в оптимальному співвідношенні, що забезпечує адгезію до металевих і залізобетонних конструкцій, високі атмосферо-, водо-, хемо-, масло-, бензо- і електрохемостійкість.

3. Електроповерхневі властивості і взаємодії обумовлені наявністю дипольних функціональних груп в досліджуваних матеріалах, повернених назовні негативним (OH у КВС і ЕД, $C=O$ у ІКС і ацетону) або позитивним (у ZnO , NH_2 у затверділої ЕД) полюсами, а так само діелектричними властивостями готового

покриття, що забезпечує міцність і адгезію антикорозійного покриття до поверхні металу і бетону.

4. Поглиблені уявлення про структуру покриття і його компонентів на мікро- і субмікрорівнях, отримані електронно-мікроскопічні зображення, морфологічні ознаки, геометричні характеристики й електроповерхневі властивості субмікроскопічних і надмолекулярних часток, що входять до складу захисних покриттів.

5. Поглиблені уявлення про механізм електрокорозії сталі під захисним покриттям і про засоби її запобігання.

6. Виконаний комплекс експериментальних фізико-механічних, електронно-мікроскопічних, електрокінетичних, а також ІК-спектроскопічних досліджень підтвердив коректність цих розроблених теоретичних уявлень про структуру і захисні властивості антикорозійних покриттів.

7. Розроблені склади бежевого, зеленого, сірого, чорного кольорів і технологія виготовлення цих покриттів в польових умовах, які успішно пройшли виробничі й експлуатаційні випробування. Розроблені Технічні умови України ТУУ, отримано два патенти на винаходи. Матеріали дисертації використовуються в навчальному процесі.

Основні положення дисертації опубліковані в таких роботах:

1. Подтележнікова І.В. Разработка способа оценки качества защитных покрытий на стальных поверхностях / И.В. Подтележнікова // Зб. наук. праць.- Харків: ХарДАЗТ, 2007.- Вип.87. - С.151-160.

2. Подтележнікова І.В. Потенціостатичні методи випробувань для оцінки захисних властивостей комбінованих антикорозійних покриттів / І.В.Подтележнікова // Зб. «Дороги і мости». - К.: ДерждорНДІ, 2007. - Вип. 7, т. 2. – С. 127-133.

3. Экспериментальное определение потенциалов в конструкциях железнодорожных мостов на электрифицированных участках пути / І.В. Подтележнікова, А.М. Пługін, Д.А. Пługін, В.А. Лютий, О.С. Борзяк, А.А. Пługін // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: НТУ, 2006. - №73.- С. 253-257. (Особистий внесок – установлення максимальних потенціалів на сталевих конструкціях ферми та кінетики їхньої зміни при проходженні поїздів з електротягою).

4. Методичні основи оптимізації структури антикорозійних полімеркомпозиційних покриттів / А.М. Пługін, І.В. Подтележнікова, С.В. Мірошніченко, Л.В.Трикоз, А.А. Пługін // Захист від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж: матер. міжнар. конфер., 9-12 червня 2003р. – Донецьк: УАМК, 2003.- С. 138-145. (Особистий внесок – розроблення механізму виборчої дії наповнювача та оптимізації структури антикорозійних захисних покриттів).

5. Механізм виборчої дії наповнювача та оптимізація структури антикорозійних захисних покриттів / А.М. Пługін, І.В. Подтележнікова, С.В. Мірошніченко, Л.В. Трикоз, А.А. Пługін // Зб. наук. праць. - Харків: ХарДАЗТ, 2004. - Вип.63. - С.82-90. (Особистий внесок – розроблено гіпотезу про механізм

виборчої дії мікронаповнювача, запропонована структурна характеристика на мікрорівні).

6. К механизму коррозии низкоуглеродистой стали под защитными покрытиями / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, И.В. Подтележникова, С.В. Мирошниченко, Ю.Н. Горбачева, А.В. Афанасьев // Моделирование в компьютерном материаловедении: матер. к 46-му междунар. семин. по моделированию и оптимизации композитов МОК'46, Одесса, 26-27 апреля 2007.- Одесса: Астропринт, 2007. - С.197-202. (Особистий внесок – розроблено гіпотезу про механізм корозії сталі під захисними покриттями).

7. Электрокоррозия железобетонных мостов и других искусственных сооружений / А.Н. Плугин, А.А. Скорик, А.А. Плугин, С.В. Мирошниченко, О.А. Калинин, И.В. Подтележникова, О.С. Герасименко, В.А. Лютий // Залізничний транспорт України. – Харків: УкрДАЗТ, 2004.- №1. - С. 11-13. (Особистий внесок – аналіз процесів виникнення струмів на сталевій фермі та протікання струмів витоку через мостову опору).

8. Пат.71122UA. МПК⁷ С04В28/12 Спосіб визначення складу важкого бетону з мінеральним наповнювачем / А.М. Плугін, О.А. Калінін, С.В. Мірошніченко, А.А. Плугін, Арт.М. Плугін, С.М. Кудренко, І.В. Подтележнікова, О.С. Герасименко, В.А. Лютий, А.В. Никитинський. - № 2003087901; Заявл 21.08.2003; Опубл.15.06.2006, Бюл.№6. (Особистий внесок – запропоновано спосіб визначення розмірів мікронаповнювача в суміші пісок – мікронаповнювач – вода).

9. Пат.62613UA. МПК⁷ С04В28/00 Спосіб визначення складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону / А.М. Плугін, О.А. Калінін, С.В. Мірошніченко, А.А. Плугін, С.М. Кудренко, В.А. Лютий, А.В. Никитинський, І.В. Подтележнікова, Г.О. Линник, М.Д. Костюк, В.О. Яковлев. - №2003043396; Заявл. 15.04.2003; Опубл.15.12.2003, Бюл.№12. (Особистий внесок – уявлення й експерименти по оптимізації структури цементного каменю з мікронаповнювачем на мікрорівні).

10.Захисні покриття світлих тонів на основі продуктів коксохімічної промисловості для металевих конструкцій залізничних мостів і тунелів / А.М. Плугін, І.В. Подтележнікова, С.В. Мірошніченко, Л.А. Коршиков, Л.В. Трикоз // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2002. - Вип.49. - С.131-136. (Особистий внесок – проведення експериментів, підбір складів і літературний аналіз).

11.Електроміграційний перенос у процесах корозії бетону / А.М. Плугін, Д.А. Плугін, І.В. Подтележнікова, О.С. Борзяк // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. - Вип.77. - С.130-138. (Особистий внесок – участь у проведенні досліджень).

АНОТАЦІЯ

Подтележнікова І.В. Захисні покриття для залізобетонних і сталевих конструкцій мостів та інших споруд, що експлуатуються в умовах обводнення і струмів витоку.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби. Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2008.

Дисертація присвячена актуальній проблемі створення нових антикорозійних покриттів для захисту від корозії конструкцій мостів, тунелів і водопропускних труб, експлуатованих в умовах сумісної дії струмів витоку та обводнення, з мінімальними грошовими витратами.

Розроблені захисні покриття мають оптимальний склад, що забезпечує їх максимально високі захисні властивості і довговічність.

На базі основних положень колоїдної хімії і фізико-хімічної механіки дисперсних систем, уявлень про електрогетерогенні взаємодії в системі покриття - метал розвинені уявлення про реологічні властивості і структуроутворення розроблених покриттів. Розвинені уявлення про залежність адгезії затверділого захисного покриття від краєвого кута змочування при його нанесенні на поверхню, про механізм протікання електрокорозійних процесів під захисним покриттям, про геометричні й електроповерхневі властивості епоксидної, кам'яновугільної, інденкумаронової смол і пігментів, про механізми взаємодії між ними, про міцність і адгезію розроблених захисних покриттів, структуру і структурні характеристики захисних покриттів на мікро-, субмікрорівнях і їх оптимальних (за водонепроникністю і адгезією) величинах.

Виконані експериментальні дослідження взаємодії розроблених захисних покриттів з поверхнею, що захищається, за допомогою комплексу фізико-механічних, фізичних і фізико-хімічних методів. Дослідження підтвердили коректність розвинутих теоретичних уявлень і ефективність розроблених захисних покриттів.

Виконана експлуатаційна перевірка розроблених захисних покриттів, яка показала високу електрохемостійкість і довговічність комбінованих захисних покриттів типу ЗС-ЗМ+ЗС-1М.

Розроблені покриття упроваджені на конструкціях залізничних мостів і водопропускних труб та інших споруд Південної залізниці й інших організацій.

АННОТАЦІЯ

Подтележникова И.В. Защитные составы для железобетонных и стальных конструкций мостов и других сооружений, эксплуатируемых в условиях обводнения и токов утечки.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия. Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2008.

Диссертация посвящена актуальной проблеме создания новых надежных материалов, в частности антикоррозионных покрытий для защиты от коррозии конструкций мостов, тоннелей и водопропускных труб, эксплуатируемых в условиях совместного действия токов утечки и обводнения, с минимальными денежными затратами.

Разработанные защитные покрытия имеют оптимальный состав, обеспечивающий их максимально высокие защитные свойства и долговечность.

Наполнитель в составе покрытия с противоположным (по отношению к наружным полюсам активных групп структурных элементов матрицы) знаком электроповерхностного потенциала влияет на процесс полимеризации матрицы и на образование направленной фибриллярной структуры отвердевшей эпоксидной смолы.

На базе основных положений коллоидной химии и физико-химической механики дисперсных систем, представлений об электрогетерогенных взаимодействиях в системе покрытие - металл развиты представления о реологических свойствах и структурообразовании разработанных покрытий.

Развиты представления о зависимости адгезии затвердевшего защитного состава от краевого угла смачивания при его нанесении на поверхность, о механизме протекания электрокоррозионных процессов под защитным покрытием, о геометрических и электроповерхностных свойствах эпоксидной, каменноугольной, инден-кумароновой смол и пигментов, о механизме взаимодействий между ними, о прочности и адгезии полимеркомпозиционных защитных покрытий на микро-, субмикроуровнях и их оптимальных (по водонепроницаемости и адгезии) величинах. Сформулирована сущность и выведены соответствующие уравнения оптимального содержания компонентов в покрытии, оцениваемого по оптимальному коэффициенту раздвижки частиц.

Для прогнозирования и оценки антикоррозионных свойств покрытий определены расчётным путем электроповерхностные потенциалы ψ_p пигментов и наполнителя.

Выполнены исследования контактной зоны разработанных защитных покрытий с защищаемой поверхностью и стойкости покрытий против электрокоррозии следующими методами: оптико-микроскопическим, потенциостатическим, измерения тока и электросопротивления во времени при высоком напряжении в присутствии раствора кислоты и электронной микроскопии с дополнительным увеличением с помощью сканера и ПЭВМ. Исследования подтвердили корректность развитых теоретических представлений и высокие защитные свойства покрытий, в том числе по сравнению с краской ПФ-115, распространенной для защиты железнодорожных металлических мостов.

Выполнена комплексная экспериментальная проверка разработанных защитных покрытий на долговечность по долговременной безнапорной водонепроницаемости, морозостойкости и адгезии к стальным и бетонным поверхностям, которая показала высокую долговечность и защитные свойства комбинированных защитных покрытий типа ЗС-ЗМ+ЗС-1М для растворных и стальных образцов.

Разработанные покрытия успешно прошли производственно-эксплуатационные испытания на электрохимическую стойкость и долговечность и внедрены на конструкциях железнодорожных мостов, водопропускных труб и других сооружений Южной ж.д. и других организаций.

ANNOTATION

Podtelezhnikova I.V. Protective compositions for the reinforced concrete and steel bridges constructions and other buildings, exploited in the conditions of flooded and currents of loss.

The dissertation on reseption of a scientific degree of Cand. Tech. Sci. on a speciality 05.23.05 – building materials and products. – Ukrainian state academy of a railway transport, Kharkov, 2007.

The dissertation is devoted the topical problem of creation of new anticorrosive coatings for the corrosion protection of constructions of bridges, tunnels and waterskip

pipes, exploited in the conditions of joint action of currents of loss and of flooded, with minimum expenses of monies

The developed coatings have optimum composition, which provides them maximally high protective properties and durability.

On the base of basic concepts of colloid chemistry and physico-chemical mechanics of the dispersed systems, concepts of electroheterogeneous interactions in the system coating-metal notions of rheological properties and of structureformation coatings are developed. Developed notions of dependence of adhesion of hardened coating on the regional corner of moistening at his inking on a surface, about the mechanism of flowing of electro-corrosive processes under sheeting, about geometrical and electro-surface properties epoxy, stouncoal and inden-cumaron resins and pigments, about the mechanisms of interactions between them, about strength and adhesion of the developed coatings, structure and structural characteristics of coatings on micro- and submicrolevels and their optimum (on a watertightness and adhesion) values.

Experimental researches of interactions of the developed sheeting with the protected surface, by the complex of physico-mecanical, physical and physio-chemical methods were executed Correctness of the developed theoretical presentations and efficiency of the developed sheeting were confirmed by this researches.

Exploitative tests of the developed sheeting showed high electrochemoresistance and durability of the combined sheeting of type 3C-3M+3C-1M.

The developed coatings are introduced on the constructions of railway bridges and waterskip pipes and other buildings of the South railway and other organizations.

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття ученого ступеня
кандидата технічних наук

ЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ І СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ МОСТІВ ТА ІНШИХ СПОРУД, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В УМОВАХ ОБВОДНЕННЯ І СТРУМІВ ВИТОКУ

ПОДТЕЛЕЖНІКОВА ІННА ВОЛОДИМИРІВНА

Відповідальний за випуск
Беляєв В.О.

Підписано до друку .12.2008 р.
Формат паперу 60x84. 1/16 Папір для копіювальних апаратів.
Офсетний друк. Умовн. - друк. арк. 0,9. Обл. - вид арк. 1,0.
Замовлення № . Тираж 100 вим. Безкоштовно.

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК №2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу, 61050, Харків – 50, пл. Фейєрбаха, 7