

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Касьянов Володимир Володимирович



УДК 691.55:699.822:699.887 (043.3)

**ЕЛЕКТРОПРОВІДНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ
ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ЕЛЕКТРОКОРОЗІЇ
І РЕМОНТУ КОНСТРУКЦІЙ ТА СПОРУД ЗАЛІЗНИЦЬ**

05.23.05 – будівельні матеріали та вироби

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2018

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Українському державному університеті залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Плугін Андрій Аркадійович,
Український державний університет
залізничного транспорту,
завідувач кафедри будівельних матеріалів,
конструкцій та споруд.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Толмачов Сергій Миколайович,
Харківський національний
автомобільно-дорожній університет,
професор кафедри технології
дорожньо-будівельних матеріалів і хімії;

кандидат технічних наук, доцент
Казімагомедов Ібрагім Емірчубанович,
Харківський національний університет
будівництва та архітектури,
доцент кафедри будівельних
матеріалів і виробів.

Захист дисертації відбудеться 4 липня 2018 р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.02 Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7 та на сайті <http://kart.edu.ua>.

Автореферат розісланий 2 червня 2018 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук, доцент



О.В. Лобяк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. На залізницях України експлуатується близько 20 тис. будівель і службово-технічних споруд, які обслуговуються структурними та виробничими підрозділами Департаменту будівельно-монтажних робіт і цивільних споруд ПАТ «Українська залізниця». У результаті різних природних і антропогенних факторів – підвищених механічних (статичних і динамічних), а також електричних впливів, пов'язаних з рухом поїздів, у першу чергу на електричній тязі, деякі конструкції будівель і споруд прискорено зношуються. Пошкодження зазнають переважно бетонні, залізобетонні, кам'яні конструкції будівель і споруд, що експлуатуються поблизу електрифікованих постійним струмом залізничних колій. Електричні струми витоку з рейок, потрапляючи на такі конструкції, призводять не тільки до прискореного електрокорозійного вилуговування бетону та розчину, а й до виникнення тріщин, обумовлених накопиченням надлишкового електричного заряду в них. Найбільш інтенсивно це відбувається в разі обводненого стану бетону і розчину конструкцій, таких як опори пасажирських платформ і пішохідних мостів, цоколі станційних будівель тощо, під час атмосферних опадів, сніготанення. Як свідчать численні обстеження будівель і споруд, під час експлуатації від впливу зазначених руйнівних факторів більшість з них приходять у незадовільний стан, створюють загрозу безпеці руху поїздів і пасажирів і потребують відновлення експлуатаційних властивостей. Традиційні способи відновлення експлуатаційних властивостей, зокрема втрачених перерізів, ремонтними сумішами на основі мінеральних в'язучих не забезпечують захист від цих руйнівних факторів у подальшому. Тому дослідження, спрямовані на розроблення нових ремонтних сумішей, які б забезпечили не тільки відновлення експлуатаційних властивостей конструкцій, а й відведення від них струмів витоку, є актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дослідження виконані на кафедрі «Будівельні матеріали, конструкції та споруди» Українського державного університету залізничного транспорту у складі держбюджетних науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України: «Теоретичні основи отримання нових корозійно стійких композиційних силікатних матеріалів з підвищеними гідрофізичними характеристиками» (ДР № 0115U000279), «Теоретичні та експериментальні дослідження впливу електрокорозійного і напружено-деформованого стану залізничних споруд колії на їх надійність і безпеку руху» (ДР № 0113U001031), а також госпдоговірних НДР, що виконувалися відповідно до планів НДДКР ПАТ «Українська залізниця» «Проведення досліджень сумісності існуючих лакофарбових матеріалів із сучасними антикорозійними системами та розробка рекомендацій із збільшення міжремонтних термінів фарбування мостів» (ДР № 0112U006926); «Проведення досліджень і розробка рекомендацій із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць» (УкрДУЗТ, № 60/2-2011).

Мета дослідження – розроблення електропровідного складу на основі портландцементу для ремонту і екранного захисту від електрокорозії конструкцій і споруд залізниць.

Наукова гіпотеза. Для ремонту конструкцій із бетону, що піддаються електрокорозії від струмів витоку з рейок електрифікованих залізниць, доцільно застосовувати покриття складами на основі портландцементу з комплексною хімічною добавкою, що забезпечує проникну дію, та електропровідним наповнювачем. Комплексна хімічна добавка забезпечує ущільнення і підвищення електричного опору поверхневого шару бетону конструкції, а електропровідний наповнювач – електропровідність самого покриття, яке в разі його заземлення дренує струми витоку, виконуючи функції екранного захисту конструкції.

Завдання досліджень:

- критичний аналіз літературних даних, результатів натурних обстежень, що стосуються впливу постійного струму витоку, електричних полів і зарядів на цементний камінь, розчин, бетон кам'яних, бетонних, залізобетонних конструкцій;

- теоретичне обґрунтування створення електропровідних складів проникної дії на основі портландцементу і комплексної хімічної добавки для ремонту і екранного захисту від електрокорозії конструкцій і споруд залізниць;

- експериментальні дослідження впливу електропровідних наповнювачів на електрофізичні та фізико-механічні властивості затверділих складів проникної дії на основі портландцементу і комплексної хімічної добавки, розроблення складів;

- фізико-хімічні дослідження впливу електропровідних наповнювачів на фазовий склад і структуру каменю портландцементу з комплексною хімічною добавкою;

- розроблення і дослідження електропровідного складу проникної дії на основі портландцементу і комплексної хімічної добавки для ремонту і екранного захисту бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд залізниць;

- впровадження результатів досліджень.

Об'єкт дослідження – електропровідні складу на основі портландцементу, комплексної хімічної добавки та електропровідного наповнювача для ремонту і екранного захисту від електрокорозії конструкцій і споруд залізниць.

Предмет дослідження – властивості електропровідних складів на основі портландцементу, комплексної хімічної добавки та електропровідного наповнювача для ремонту і екранного захисту від електрокорозії конструкцій і споруд залізниць, явища і процеси, що протікають під час твердіння та експлуатації покриття і забезпечують його електрофізичні та фізико-механічні властивості.

Методи дослідження. Фізико-механічні властивості досліджуваних складів – міцність на стиск, густину, водопоглинання, коефіцієнт розм'якшення (водостійкість) – визначали стандартними методами на зразках-призмах розміром 40×10×10 і 160×40×40 мм. Адгезію (зчеплення) складів до поверхні

бетону визначали випробуванням на відрив. Склад продуктів гідратації цементу з комплексною хімічною добавкою та електропровідним наповнювачем досліджували методами рентгенофазового аналізу та інфрачервоної спектроскопії. Електрофізичні характеристики покриттів і їх ефективність (здатність знижувати струми, що протікають через конструкцію) досліджували за допомогою оригінальних авторських методик і лабораторних установок.

Достовірність і обґрунтованість одержаних результатів досягнуто шляхом застосування надійних незалежних методів теоретичних та експериментальних досліджень, у т. ч. фізико-механічних випробувань, фізико-хімічних і електрометричних досліджень, і підтверджені їх узгодженістю між собою та з результатами експлуатаційних випробувань.

Наукова новизна одержаних результатів

Встановлено вперше:

- аналітичну залежність питомого електричного опору та питомої електропровідності композиційного матеріалу від питомого електричного опору наповнювача і матриці, структурних характеристик і складу композиту, фізичних властивостей його компонентів;

- експериментальні залежності міцності та електричних характеристик графітонаповнених композицій проникної дії від їх складу; інтервали витрати компонентів, у межах яких досягаються найкращі показники електропровідності і технологічності;

- запропонований новий показник ефективності екранного захисту електропровідною композицією від електрокорозії (відношення сили струму через конструкцію з захисним екраном до сили струму через незахищену конструкцію) залежить від відсотка площі контакту металевого заземлення з покриттям електропровідною композицією.

Набуло подальшого розвитку:

- схеми протікання струмів витоку з рейок залізничної колії через незахищені та захищені електропровідними екранами конструкції споруд, механізм руйнування бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкцій від впливу постійного пульсуючого електричного поля;

- уявлення про структуроутворення графітонаповнених композицій проникної дії та формування контактної зони «бетонна поверхня – покриття з композиції», за якими комплексна хімічна добавка композиції забезпечує ущільнення і підвищення електричного опору поверхневого шару бетону конструкції, а електропровідний наповнювач – електропровідність покриття, яке в разі його заземлення дренує струми витоку, виконуючи функції екранного захисту конструкції.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами досліджень розроблено та впроваджено графітонаповнену композицію для захисту будівель і споруд залізничного транспорту від електрокорозії. Розроблено технологію приготування композиції і захисту нею конструкцій із бетону та кам'яної кладки. У співавторстві розроблено і введено в дію ряд рекомендаційних документів ПАТ «Українська залізниця» з питань ремонту і

захисту будівель і споруд залізничного транспорту. Результати досліджень впроваджено в розроблення конструктивно-технологічних рішень з відновлення експлуатаційних властивостей і захисту від корозії будівель станційних комплексів Південної залізниці. Отримано економічний ефект, часткова участь автора в якому становить 782,7 тис. грн. Результати досліджень використовуються в навчальному процесі.

Особистий внесок здобувача. Огляд літератури за тематикою дослідження, більшість фізико-механічних випробувань, електрометричних і фізико-хімічних досліджень, обробка їх результатів і отримання експериментальних залежностей, розрахунки виконані автором особисто; формулювання наукової гіпотези і теоретичні обґрунтування – спільно з науковим керівником; натурні дослідження, впровадження результатів досліджень - спільно зі співавторами публікацій. Особистий внесок автора у спільні публікації відображено в переліку опублікованих робіт.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційного дослідження доповідались на 4–6 Міжнародних науково-технічних конференціях з будівельних матеріалів, конструкцій і споруд «Проблеми надійності і довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (Харків, 2013, 2015, 2017рр.); Міжнародній науково-технічній конференції «Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті» (Харків, 2014р.), 69-й науково-технічній конференції Харківського національного університету будівництва та архітектури (Харків, 2014р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Ефективні технологічні рішення в будівництві з використанням бетонів нового покоління» (Харків, 2015р.); 74–79 Міжнародних науково-технічних конференціях Українського державного університету залізничного транспорту (Харків, 2012–2017рр.). У повному обсязі робота доповідалась у Придніпровській державній академії будівництва та архітектури на секції «Будівництво та архітектура» Стародубовських читань (Дніпро, 20 квітня 2018 р.).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 15 наукових праць, з них 5 статей у фахових виданнях, рекомендованих МОН України, в тому числі – 3 у виданні що входить до міжнародної наукометричної бази; патентів на винахід – 1; 8 Праць апробаційного характеру, з яких 1 – у матеріалах конференції що індексується в Scopus ; 1 – додаткова публікація

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, основних висновків, списку літератури зі 170 найменувань на 18 сторінках; містить 124 сторінку основного тексту, 75 рисунків, 14 таблиць, 6 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і завдання дослідження, представлено наукову гіпотезу, новизну і практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості про апробацію основних результатів дисертації, кількість публікацій, структуру та обсяг роботи.

У першому розділі виконано критичний аналіз найбільш значущих робіт у галузі теоретичних і експериментальних досліджень довговічності будівель і споруд з бетону, залізобетону, кам'яної кладки (С.М. Алексєєв, В.С. Артамонов, А.Є. Арчємбєлт, В.І. Бабушкін, Г.А. Вакулєнко, І.М. Грушко, Є.А. Гузєєв, Ю.В. Зайцєв, Ф.М. Іванов, В.А. Кінд, А.А. Кнудсон, І.А. Корнфєльд, А.В. Котєльніков, Т.Г. Кравчєнко, В. Мак-Колум, Ю.І. Міхєльсон, Г. Моле, В.М. Москвін, О.П. Мчєдлов-Петросян, Г.М. Мєгі, А.А. Плугін, А.М. Плугін, В.А. Притула, Є.В. Роза, Є.П. Сєлєдцов, В.М. Слукін, С.Й. Солодкий, О.О. Старосєльський, І.В. Стріжєвський, С.М. Толмачов, В.П. Фішман, О.Л. Шагін тощо. Із зазначєних робіт проаналізовано відомості про дєструктивний вплив струмів витоку на конструкції будівель і споруд залізничного транспорту і ступінь їх захищеності. Незважаючи на значну кількість робіт зазначєних та інших авторів, теоретичних уявлєнь про захист від руйнівного впливу струмів витоку і блукаючих струмів на конструкції будівель і споруд залізничного транспорту опубліковано мало. Для забезпечєння довговічності бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкцій в умовах обводнєння і постійного струму витоку відібрано найбільш прийнятні уявлєння, які дають змогу розкрити дійсний механізм електрокорозійного руйнування. Проаналізовано існуючє нормування електрокорозійної небєбезпеки і захисту. За результатами виконаних обстежєнь будівель і споруд залізниць зроблєно висновок, що норми недооцїнюють електрокорозійну небєбезпеку в умовах обводнєння.

Дисертаційна робота розвиває наукову школу А.М. Плугїна. Представниками школи - Д.А. Плугїним, Л.В. Трикоз, В.А. Лютим, О.А. Плугїним, О.С. Борзяк, О.А. Конєвим, О.А. Забїякою, С.Г. Нєстерєнком дослїджєно вплив струмів витоку і надлишкових електричних зарядів на бетон, залізобетонні конструкції, кам'яну кладку. Показано, що на утворєння трїщин і пошкоджєння конструкцій з бетону і кам'яної кладки будівель станційних комплексів, водопропускних труб, мостових опор і полотна основний руйнівний вплив мають пульсуючий односпрямований струм витоку з рейкової колїї з тривалїстю імпульсу кїлька хвилини і надлишкові електричні заряди в конструкціях, ним створювані. В обводнєних конструкціях цей струм призводить до виносу гїдроксиду кальцію з цементного каменю бетону або розчину. Викладєне дозволяє припустити, що однією з основних причин пошкоджєнь конструкцій із бетону та кам'яної кладки є надлишкові електричні заряди рїзного походжєння в поєднанні з обводнєнням. Згїдно з ранїше розроблєною в УкрДУЗТ схємою, струм витоку протїкає через конструкції фундаментів і цоколя будівель, руйнуючи їх електрокорозійно, протє ця схема не враховує інших шляхів протїкання, що знижує ефєктивність технологїчних рїшень щодо захисту будівель.

Висунуто робочу гїпотєзу про захист конструкцій від струмів витоку шляхом нанесєння на них покриттів з електропровідних композицій на основі мїнеральних в'язучих, що мають низький електричний опір, високі показники водостїйкості та електрокорозійної стїйкості, та їх уземлєння.

Проаналізовано сучасні уявлення про процеси і закономірності структуроутворення і формування властивостей електропровідних композицій на основі мінеральних в'язучих. Встановлено, що найбільш ефективним способом забезпечення електропровідності композицій на основі мінеральних в'язучих є застосування електропровідних наповнювачів, в основному металевих і вуглеграфітових.

У другому розділі наведено характеристики основних матеріалів і методів досліджень. Для пошукових експериментальних досліджень з розроблення складів електропровідних композицій як в'язучу речовину модельних систем застосовували розчин силікату натрію з силікатним модулем 2,7, як електропровідні наповнювачі – порошки алюмінію, заліза, міді, цинку, графіту. Як отверджувачі силікату натрію застосовували шлак доменний гранульований мелений, натрій кремній-фтористий. В експериментальних дослідженнях і для розроблення електропровідних композицій застосовували портландцемент ПЦ І-500Н, ПЦ ІІ-Б/Ш-400; добавку-суперпластифікатор – сульфонафталінформальдегід СП-1 (С-3); добавки-електроліти: нітрат натрію, сульфат натрію, соду кальциновану, нітрат кальцію, хлорид кальцію, гідроксид кальцію; перетворювач іржі; інгібітор корозії сталі; пісок кварцовий з модулем крупності 1–1,2; електропровідні наповнювачі – графітові порошки: змащувальний марки ГС-1 ГОСТ 8295, ливарний ГЛ-1 ГОСТ 5279, змелений грудковий.

Залежності фізико-механічних та електрофізичних властивостей розроблюваних складів від вмісту комплексної хімічної добавки і електропровідного наповнювача визначали прямим експериментом, варіюючи вміст добавки і наповнювача і визначаючи для кожного складу ці властивості. Фізико-механічні властивості – міцність на згин і стиск, густину, водопоглинання, коефіцієнт розм'якшення (водостійкості) – визначали стандартними методами на зразках-призмах.

Адгезію (зчеплення) складів з поверхнею бетону визначали на покриттях, нанесених на грань зразка-призми із цементно-піщаного розчину складу 1:3 з В/Ц=0,3, випробуванням на відрив. Питомий електричний опір ρ та питому електропровідність σ визначали на таких самих покриттях за величинами напруги U , В та сили струму I , А, виміряних на таких самих покриттях цифровими мультиметрами Sanwa PC510 за оригінальною схемою, наведеною на рис. 1:

$$\rho = Ubh/IL, \text{ Ом}\times\text{м}; \sigma = 1/\rho, \text{ См/м}, \quad (1)$$

де b – ширина покриття, 40 мм; h – товщина покриття між електродами, мм; L – відстань між електродами, якими вимірюють напругу, 30 мм (рис. 1).

За результатами досліджень за допомогою електронних таблиць MS Excel будували графіки, за якими визначали кореляційні рівняння і коефіцієнти кореляції. Ефективність захисту конструкцій із бетону заземленими електропровідними покриттями досліджували за оригінальною методикою, викладеною в розділі 4.

Склад продуктів гідратації композиції на основі портландцементу і комплексної хімічної добавки з графітовим наповнювачем досліджували методами рентгенофазового аналізу та інфрачервоної спектроскопії за допомогою рентгенівського дифрактометра ДРОН-1,5 та ІЧ-Фур'є-спектрометра Bruker Alpha.

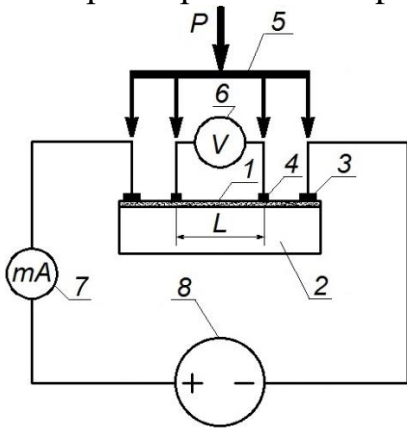


Рис. 1. Схема установки для вимірювання електричного опору електропровідних покриттів: 1 – покриття; 2 – зразок із цементно-піщаного розчину; 3, 4 – електроди (з нержавіючої сталі, що накладаються на покриття через прокладки з синтетичного нетканого матеріалу, просочені насиченим розчином мідного купоросу, розміром 40×20 мм (3) для вимірювання сили струму, 40×5 мм для вимірювання напруги (4); 5 – порталне пристосування для притискання електродів зусиллям $P = 5$ Н; 6 – вольтметр; 7 – міліамперметр; 8 – джерело живлення

У третьому розділі виконано аналіз результатів численних досліджень технічного стану будівель і споруд на електрифікованих ділянках залізниць, що зазнають електрокорозійних ушкоджень. За результатами цього аналізу удосконалено уявлення про механізм протікання струмів витоку з рейок крізь конструкції цих будівель і споруд і їх електрокорозійне пошкодження.

На ділянках, електрифікованих постійним струмом, у місцях позитивного потенціалу на рейках струм з них стікає через вологі баласт і ґрунт на конструкції платформ (рис. 2, а, 3, а) і далі через захисний шар бетону на арматуру, з неї через заземлення знов у ґрунт (рис. 2, а) або через обводнений бетон далі по місцевості до місць з підвищеним негативним потенціалом (водоймищ тощо (рис. 3, а)).

В обох випадках електричний струм забезпечується у ґрунті та бетоні міграцією катіонів Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , аніонів OH^- , в арматурі та заземленні – електронів e^- , як вказано на рис. 2, б і 3, б. Протікання такого струму через захисний шар (рис. 2, б) обумовлює прискорення карбонізації бетону з поверхні, а в приарматурній зоні – вилуговування, зниження pH , втрату захисних властивостей відносно арматури та її швидку корозію зі збільшенням об'єму і тріщино утворенням у бетоні (рис. 2, в). Протікання такого струму крізь масивну конструкцію (рис. 3, б) обумовлює вилуговування бетону зі зниженням його міцності, інтенсифікацією морозного руйнування тощо (рис. 3, в). Більш інтенсивне вилуговування і руйнування звичайно відбувається з боку, протилежного рейковій колії.

Раніше в УкрДУЗТ було розроблено і впроваджено конструктивно-технологічне рішення відновлення несучої здатності стінок водопропускних труб, мостових опор тощо металоін'єкційними сорочками. Для запобігання електрокорозії сталевих оболонок сорочок було застосовано їх діодне заземлення. Заземлені сорочки повністю захищають від електрокорозійних

процесів і саму конструкцію. Проте вони металомісткі й дорогі, тому їх доцільно застосовувати тільки за необхідності відновлення несучої здатності.

Для пошкоджень без втрати несучої здатності метало ін'єкційну сорочку передбачено замінити заземленим екраном – штукатурним покриттям із електропровідної композиції проникної дії на основі портландцементу.



Рис. 2. Електрокорозія залізобетонних стояків високих пасажирських платформ: *а* – схема протікання струму витoku через конструкції платформи; *б* – схема перенесення іонів (та електронів) – носіїв струму через обводнений ґрунт і бетон захисного шару до арматури; *в* – пошкодження стояків внаслідок корозії арматури (з.п. Покотилівка дільниці Харків – Мерефа Південної залізниці)

Електропровідність покриття забезпечується електропровідними наповнювачами. Комплексна хімічна добавка забезпечує ущільнення та підвищення електричного опору поверхневого шару бетону конструкції, а електропровідний наповнювач – електропровідність самого покриття, яке в разі його заземлення дренує струми витoku, виконуючи функції екранного захисту конструкції.

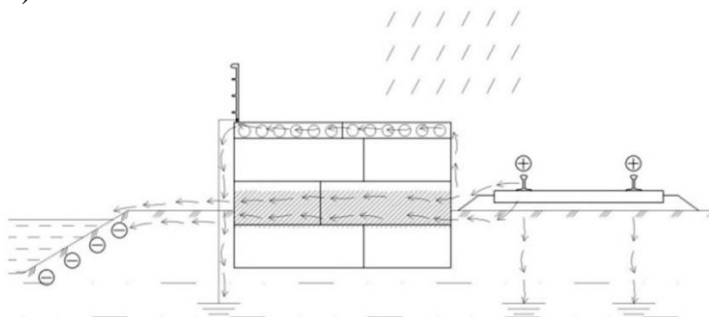
На прикладі високих пасажирських платформ (рис. 2, 3) розроблено принципову схему ремонту і захисту конструкцій заземленими екранами – з електропровідної композиції проникної дії. Розроблені схеми протікання струмів через екрани і заземлення наведені на рис. 4.

Виконано теоретичні дослідження впливу структури на електричний опір. Для опису кількісних закономірностей структуру умовно представлено просторовою моделлю з регулярним розташуванням кулеподібних структуроутворюючих елементів – частинок наповнювача однакового діаметра.

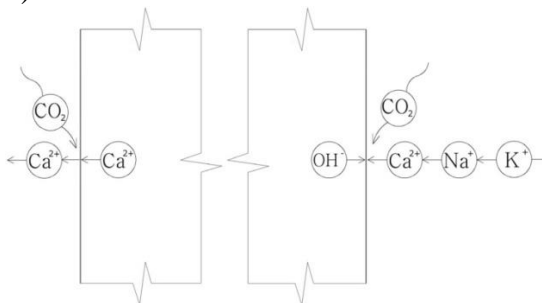
Схема структури такої композиції наведена на рис. 5, *а*, а схема її умовної просторової елементарної комірки на рис. 5, *б*, *в*. Як бачимо з рис. 5, *б*, *в*,

загальний електричний струм I , що протікає через умовну елементарну комірку, розділяється на струми, які протікають через частинку наповнювача (I_H) і прошарки між частинками наповнювача – поперечний ($I_M^П$) і подовжній ($I_M^{ПД}$) напрямку струму.

а)



б)



в)

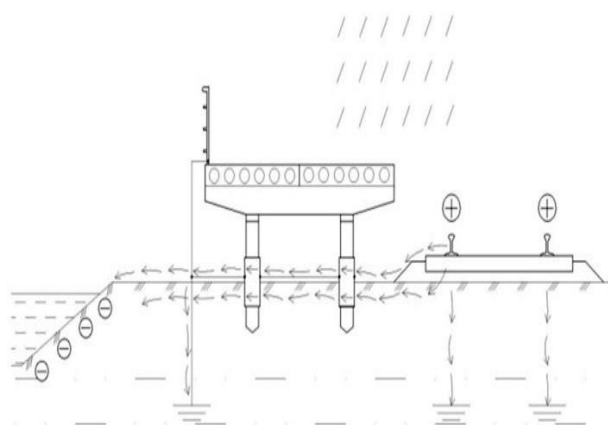


г)



Рис. 3. Електрокорозія бетонних блоків опор високих пасажирських платформ: а – схема протікання струму витoku через конструкції платформ; б – схема перенесення іонів – носіїв струму через обводнений ґрунт і бетон; в – висоли на поверхні опори (з.п. Жовтневий дільниці Харків – Мерефа); г – руйнування бетону опори (з.п. Водяне ділянці Харків – Люботин Південної залізниці)

а)



б)

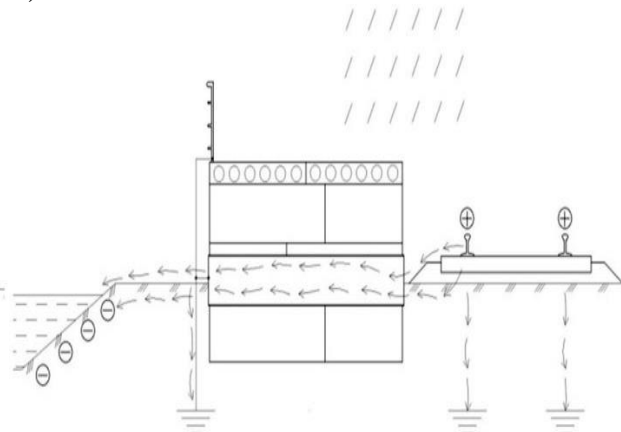


Рис. 4. Схема протікання струму витoku з рейок через захищені заземленими екранами конструкції високих пасажирських платформ з опорами з залізобетонних стояків і ригелів (а) і бетонних блоків (б)

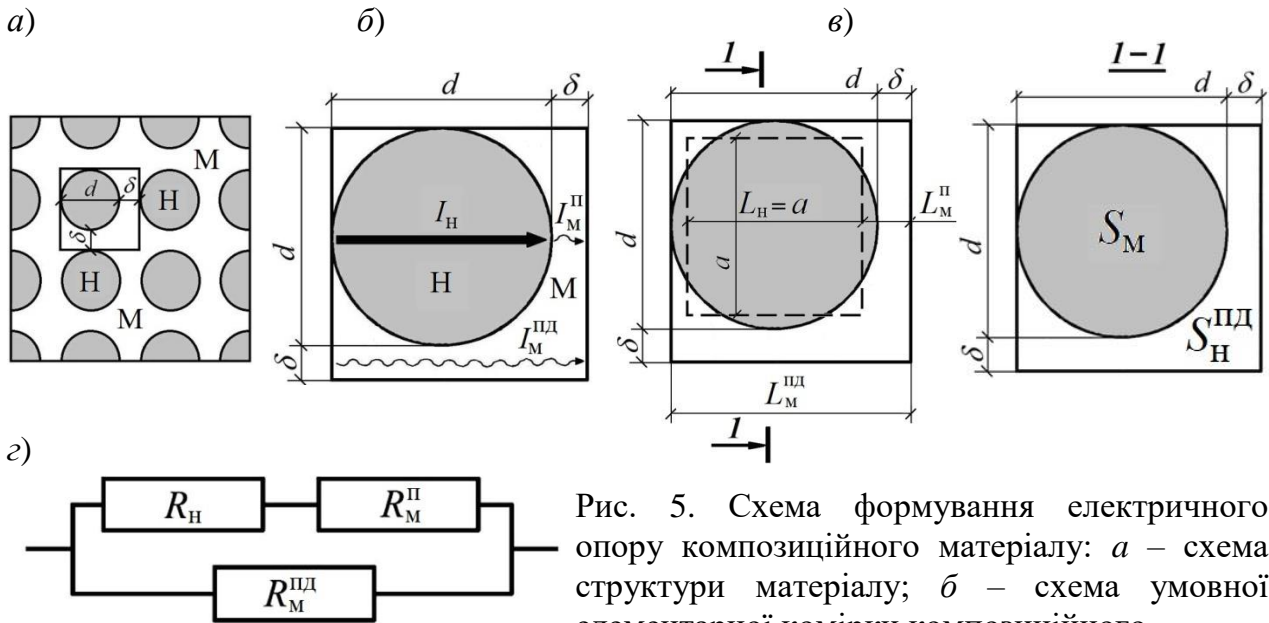


Рис. 5. Схема формування електричного опору композиційного матеріалу: *a* – схема структури матеріалу; *б* – схема умовної елементарної комірки композиційного

матеріалу і протікання струму через неї; *в* – еквівалентна схема умовної елементарної комірки і протікання електричного струму через неї; *г* – еквівалентна схема електричного опору елементарної комірки; Н – наповнювач; М – матриця

З цієї моделі протікання струму через елементарну комірку отримано рівняння залежності питомої електропровідності композиції $1/\rho_k$, а отже, і її питомого електричного опору ρ_k від d , δ , і питомого електричного опору наповнювача ρ_H та матриці ρ_M :

$$\frac{1}{\rho_k} = \frac{1}{d + \delta} \left(\frac{1}{R_H + R_M^{\text{II}}} + \frac{1}{R_M^{\text{III}}} \right) \frac{S_M}{M}, \quad (2)$$

де

$$R_H = \frac{\rho_H}{0,806d}; \quad R_M^{\text{II}} = \frac{\rho_M(0,194d + \delta)}{0,649d^2}; \quad R_M^{\text{III}} = \frac{\rho_M(d + \delta)}{0,351d^2 + 2d\delta + \delta^2}, \text{ Ом}; \quad (3)$$

$$\delta = d[\sqrt[3]{\Pi_H(\eta - 1) + 1} - 1], \text{ м}; \quad (4)$$

$$\eta = \frac{V_M}{V_{\text{II}}} = \frac{\frac{\Pi}{\text{Ц}} \cdot \frac{1}{\rho_{\text{II}}} + \frac{1}{\rho_{\text{III}}} + \frac{V}{\text{Ц}} \cdot \frac{1}{\rho_V}}{\frac{H}{\text{Ц}} \cdot \frac{\Pi_H}{\rho_H^c}}, \quad (5)$$

де V_M і V_{II} – відповідно об'єм матриці та об'єм порожнеч між структуроутворюючими елементами (частинками наповнювача) в ущільненому стані в одиниці об'єму композита, м^3 ; $\Pi/\text{Ц}$, $V/\text{Ц}$, $H/\text{Ц}$ – кількісне співвідношення за масою відповідних компонентів композиції – піску Π , води V , електропровідного наповнювача H ; ρ_{II} , ρ_{III} , ρ_V , ρ_H – істинна густина, відповідно піску, цементу, води, наповнювача, $\text{кг}/\text{м}^3$; ρ_H^c – середня густина наповнювача в ущільненому стані (аналог насипної густини заповнювачів бетону), $\text{кг}/\text{м}^3$; $\Pi_H =$

$1-\rho_n^c/\rho_n$ – пустотність упаковки частинок електропровідного наповнювача в ущільненому стані (аналог пустотності заповнювачів бетону).

За рівняннями (2), (4) для величин $\Pi_n = 0,65$, $d = 1 \times 10^{-4}$ м, $\rho_n = 0,8 \times 10^{-5}$ Ом \times м, $\rho_m = 50$ і 100 Ом \times м досліджено залежність питомого електричного опору композиції від основної структурної характеристики матричних композитів – коефіцієнта розсунення частинок наповнювача матрицею (ненаповненою цементною композицією) η в діапазоні значень η від 1 до 3 (рис. 6).

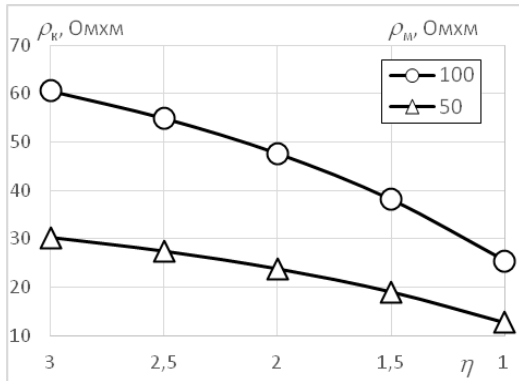


Рис. 6. Теоретична залежність питомого електричного опору ρ композиції на основі портландцементу з КХД і графітовим наповнювачем від коефіцієнта розсунення частинок графітового наповнювача η матрицею

Для дослідження ефективності екранів для захисту від електрокорозії з розробленої композиції розроблено оригінальну методику експериментального дослідження, яка полягає в порівнянні величини сили струму, що протікає через арматуру і бетон, моделі споруди без захисного екрану I_{a60} і моделі споруди з захисним екраном I_{a61} . За показник ефективності екрана приймали величину зниження сили струму через бетон і арматуру моделі з захистом I_{a61} порівняно з моделлю без захисту I_{a60} :

$$\Delta I = (I_{a61} - I_{a60}) / I_{a60} \times 100 \% \quad (6)$$

Моделі споруди розробили на основі аналізу протікання через конструкції пасажирських платформ струмів витоку з рейкової колії на ділянках з позитивним потенціалом на рейках без захисту (рис. 2, 3) і з заземленими екранами – покриттями (рис. 4). Як видно з рисунків, у дощову погоду струми витоку протікають крізь бетон, арматуру і заземлення платформи без захисту, а з екраном – через екран і заземлення, оминаючи бетон і арматуру (або мінімізуючись у них).

Дослідження здійснювали за допомогою оригінальної експериментальної установки (рис. 7). Установка складається з моделі споруди – призми з важкого бетону з міцністю на стиск 20 МПа, у яку забетоновано стрижень із арматурної сталі з випуском уверх. Бетон моделі відповідає бетону споруди між її гранями або бетону захисного шару між заземленою арматурою і гранню споруди. Цю модель – призму – встановлювали у модель зволоженого ґрунту – дуже дрібний пісок, засипаний у металеву ємкість. Струм, який натікає на споруду від джерел постійного струму, наприклад електрифікованої рейкової колії, створювали (моделювали) прикладанням різниці потенціалів 40 В між ємкістю і арматурним стрижнем у призмі, а його силу визначали за допомогою увімкнутих у ланцюг амперметрів (цифрових мультиметрів Sanwa PC510) 8 і 9.

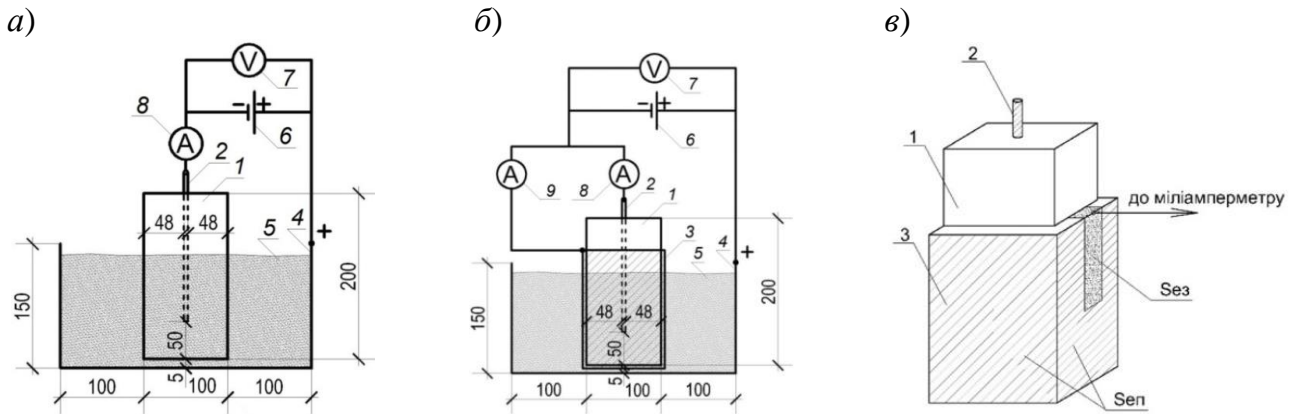


Рис. 7. Установка для дослідження ефективності екранів: *a*, *б*, *в* – схеми установки з контрольним зразком (моделлю споруди) без екрана (*a*) і з досліджуваним зразком з екраном із електропровідної композиції (*б*, *в*); *г* – вигляд експериментальних установок; 1 – бетон моделі; 2 – арматурний стержень моделі; 3 – захисний екран (покриття); 4 – металева ємкість; 5 – зволожуваний пісок; 6 – джерело струму; 7 – вольтметр; 8 – міліамперметр для вимірювання сили струму крізь бетон і арматуру $I_{аб}$; 9 – міліамперметр для вимірювання сили струму крізь захисний екран і ґрунт $I_{зе}$

Відсоток площі контакту сталевого електрода заземлення з екраном – покриттям x , який змінювали під час дослідження, визначали як відношення площі контакту сталевого електрода з екраном покриттям $S_{ез}$ до площі всього екрана - покриття $S_{еп}$ (рис. 7, б):

$$x = S_{ез}/S_{еп} \times 100 \% \quad (7)$$

Вимірювання починали за сухого стану ґрунту, потім його водонасичували та продовжували вимірювання протягом 240 годин з періодичністю спочатку 1 годину, потім 6, 12 і 24 години. Результати представляли у вигляді графіків залежності сили струму через бетон і арматуру $I_{аб}$, сили струму через захисний екран $I_{зе}$ та величини зниження сили струму через бетон і арматуру моделі із захистом порівняно з моделлю без захисту ΔI від часу t . Фіксацію сили струму проводили протягом тривалого часу за допомогою цифрового мультиметра (Sanwa PC500, Японія), ПК і ПЗ PC Link.

У четвертому розділі наведено результати пошукових досліджень з розроблення складів електропровідних композицій. Із застосуванням у модельних системах як в'язучого силікату натрію було досліджено залежності їх питомого електричного опору ρ у віці 5 діб від вмісту електропровідних наповнювачів Н/СН – порошків алюмінію Al , заліза Fe , міді Cu , цинку Zn , графіту C (рис. 8). Як видно з рис. 8, мінімальні величини питомого електричного опору модельних систем склали: Al – 3016, Fe – 2560, Cu – 2960, Zn – 2160, C – 1,4 Ом \times м. Отже, ρ графітового наповнювача у сполученні з матрицею з мінерального в'язучого на три порядки нижчий, ніж у металевих наповнювачів. Це можна пояснити утворенням на поверхнях металевих частин

гідроксидних плівок, що створюють високий перехідний опір. Тому для розроблення складів електропровідної композиції обрано графітові наповнювачі.

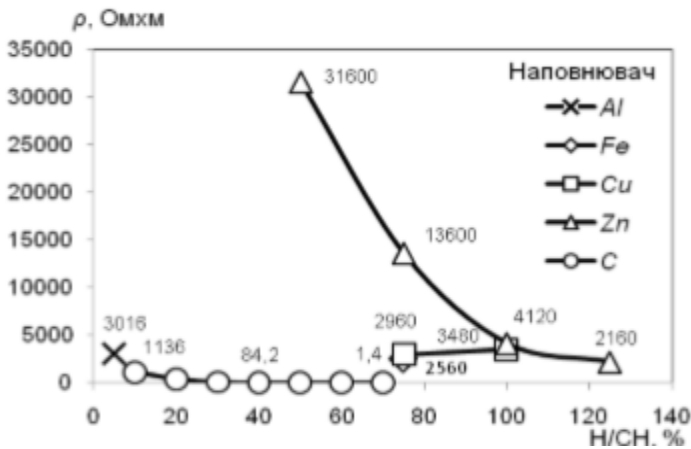


Рис. 8. Залежності питомого електричного опору ρ модельних систем електропровідних композицій на основі силікату натрію у віці 5 діб від вмісту електропровідних наповнювачів Н/СН

водостійкості. У разі застосування як отверджувача доменного гранульованого шлаку коефіцієнт розм'якшення не досягнув 0,6, доменного гранульованого шлаку, кремнійфториду натрію і добавки-суперпластифікатора СП-1 – досягнув лише 0,68, а кремнійфториду натрію і добавки-суперпластифікатора СП-1 – 0,78. У той же час у композиціях на основі портландцементу і КХД за питомого електричного опору 0,9 Ом·м було забезпечено водостійкість – коефіцієнт розм'якшення склав 1. Тому для подальших досліджень і розроблення складів електропровідних композицій як в'язучу речовину було обрано портландцемент з КХД.

Досліджено залежності фізико-механічних, гідрофізичних та електрофізичних властивостей цементних композицій з КХД різного складу (власної рецептури та Віатрон-4™) на різних марках графітового порошку (ГС-1 та ГЛ-1) від вмісту графітового наповнювача. Отримані залежності наведені на рис. 9. Аналіз рис. 9 показує, що зі збільшенням вмісту графітового наповнювача від 0 до 10–15 % маси цементної композиції величина питомого електричного опору знижується. Подальше збільшення ГН/ЦК не забезпечує суттєвого зниження електричного опору. Найбільше зниження електричного опору забезпечує графіт марки ГЛ-1. Проте збільшення вмісту графітового наповнювача, особливо марки ГЛ-1 (внаслідок лускатої структури його зерен), обумовлює зниження міцності, водостійкості, водопоглинання за масою композиції.

Враховуючи те, що відношення ГН/ЦК оберне пропорційно коефіцієнту розсунення η (5) і вісь абсцис на рис. 6 розбита у зворотному порядку, криві рис. 6 і 9, d схожі та знаходяться у близьких діапазонах величин питомого електричного опору. Це доводить коректність моделі 2 для прогнозування

Виконано дослідження фізико-механічних, гідрофізичних та електрофізичних властивостей композицій на силікаті натрію з різними отверджувачами та портландцементі з комплексною хімічною добавкою (КХД), що забезпечує проникну дію. Встановлено, що графітові наповнювачі забезпечують композиціям на силікаті натрію питомий електричний опір у межах 0,15–23 Ом·м. Проте в результаті пошукових досліджень не вдалось досягти їх

питомого електричного опору композита за даними про питомий електричний опір його компонентів і узагальненими характеристиками його складу.

Отже, для електропровідної композиції обрано графіт марки ГС-1 та його раціональний вміст – 10 %. Подальшими дослідженнями встановлено, що водонасичення композиції забезпечує зниження питомого електричного опору у 20 раз до величин 2,8 Ом×м, що є актуальним саме для її застосування композиції в захисних екранах, які мають забезпечувати дренавання струмів витоку, які багаторазово збільшуються до небезпечних величин саме у вологу погоду. За результатами досліджень розроблено склад композиції проникної дії для гідроізоляції та екранного захисту від електрокорозії.

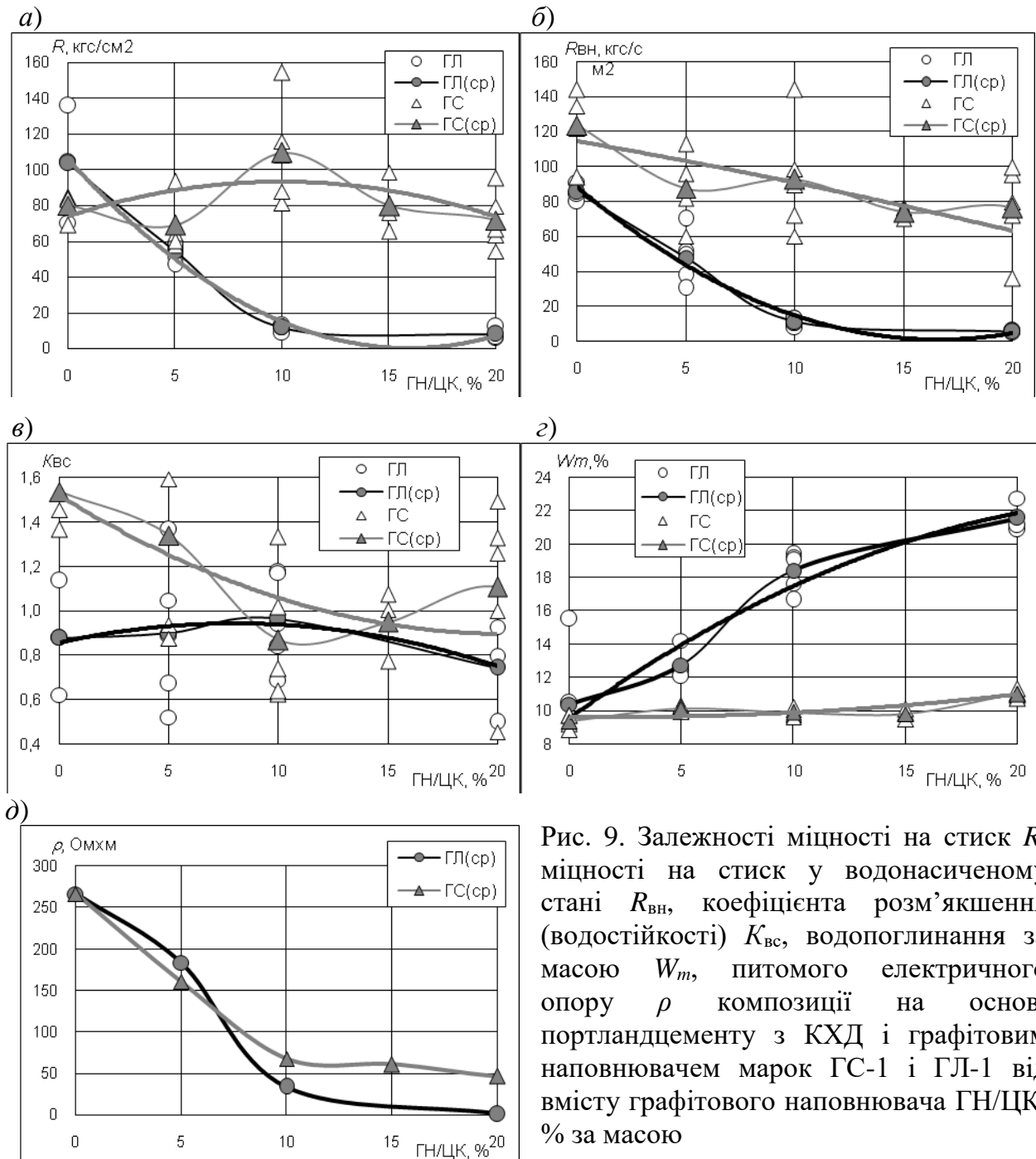
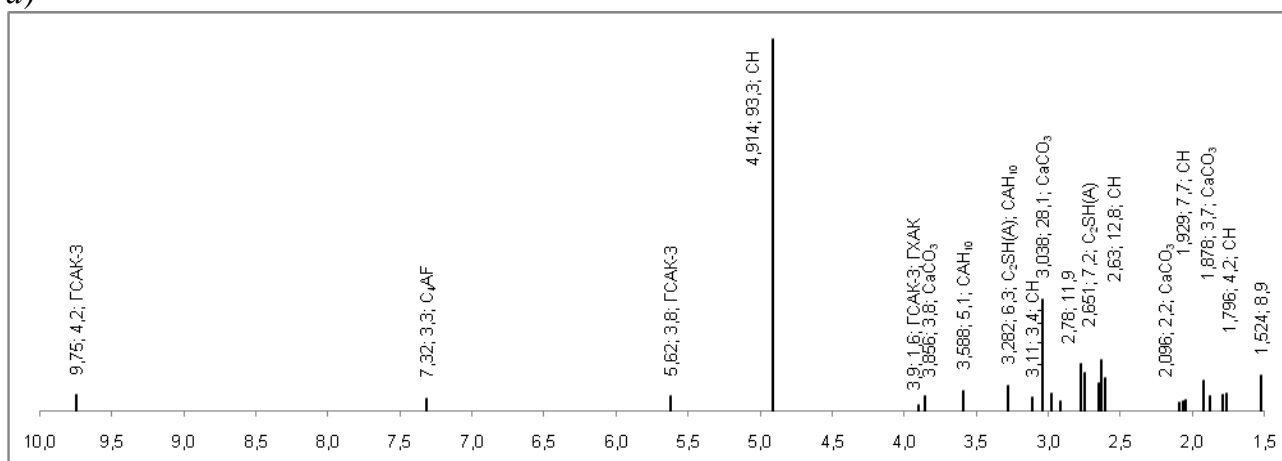


Рис. 9. Залежності міцності на стиск R , міцності на стиск у водонасиченому стані $R_{вн}$, коефіцієнта розм'якшення (водостійкості) $K_{вс}$, водопоглинання за масою W_m , питомого електричного опору ρ композиції на основі портландцементу з КХД і графітовим наповнювачем марок ГС-1 і ГЛ-1 від вмісту графітового наповнювача ГН/ЦК, % за масою

На рис. 10 наведено штрихграми рентгенограм композиції на основі портландцементу з КХД (Віатрон-4™) без наповнювача (а) і з графітовим наповнювачем ГС-1 (б), а на рис. 11 – їх інфрачервоні спектри поглинання.

Рентгенограми композицій без наповнювача і з графітовим наповнювачем у цілому схожі та містять дифракційні максимуми (лінії) основних продуктів гідратації портландцементу (рис. 10). Лінія 3,34 Å, що з'являється на рентгенограмі композиції з графітовим наповнювачем (рис. 10, б), хоча й співпадає з однією з ліній кварцу, належить саме графіту. Зниження в результаті уведення графітового наповнювача інтенсивності ліній портландиту, особливо 4,92 Å від 93 до 51 %, свідчить про певне зниження ступеня гідратації цементу. Зниження інтенсивності лінії 2,65 Å від 7,2 до 6,1 %, зникнення лінії 2,65 Å $C_2SH(A)$, а також поява лінії 2,73 Å $CSH(B)$ свідчить про зниження основності гідросилікатів кальцію.

а)



б)

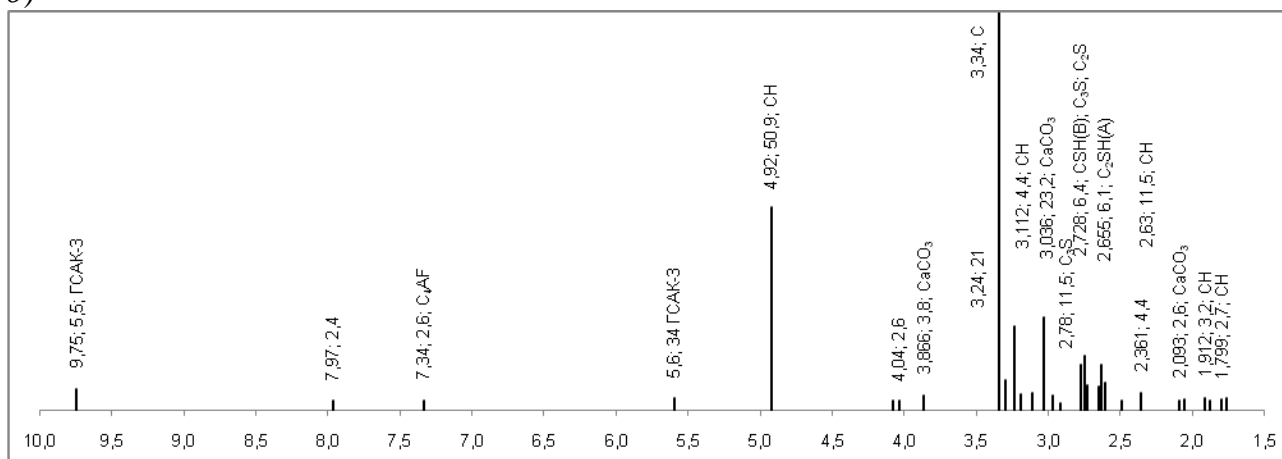


Рис. 10. Штрихграми рентгенограм композиції на основі портландцементу та КХД без наповнювача (а) і з графітовим наповнювачем (дифракційні максимуми кварцу не показані)

На ІЧ-спектрах (рис. 11) присутні лінії поглинання з хвильовими числами, см^{-1} , сполук: 3441, 3425, 2920, 2852 – валентних коливань зв'язаних OH -груп всіх гідратів; 2516, 713 (слабкі) – деформаційних коливань груп $Ca-O$ карбонатів; 1630 – валентних коливань молекул H_2O ; 1440 (інтенсивна,

наклалась на 1477–1479) і 876 (вузька інтенсивна) – валентних коливань зв'язків $Ca-O$ карбонатів; 1083, 1084 (інтенсивна) і 462 – валентних і деформаційних коливань зв'язку $Si-O$ силікатів незалежно від типу кристалічної решітки, а також кварцу. Як бачимо, на ІЧ-спектрах присутні лінії поглинання зв'язків і груп, характерних для продуктів гідратації портландцементу. Спектри мало відрізняються один від одного, тому можна зробити висновок, що графіт не впливає на склад продуктів гідратації портландцементу.

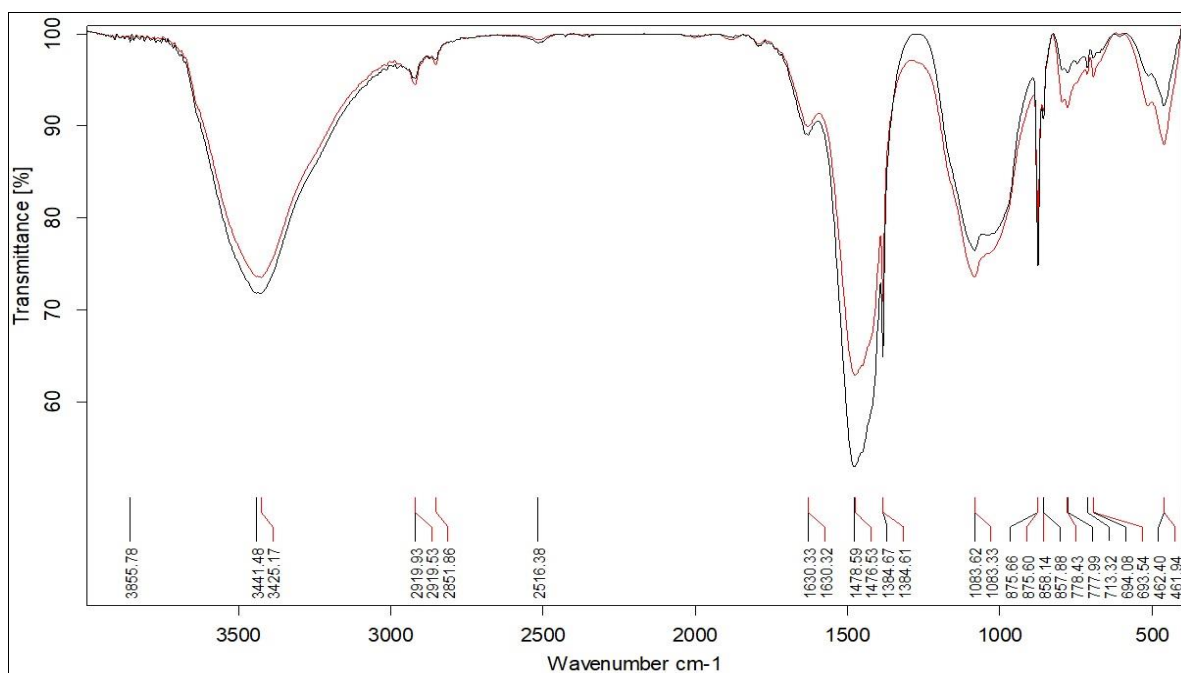


Рис. 11. Інфрачервоні спектри поглинання зразків композиції на основі портландцементу і КХД без наповнювача (червоний) і з графітовим наповнювачем (чорний).

Таким чином, у результаті фізико-хімічних досліджень встановлено, що графіт не бере участь у гідратації цементу і майже не впливає на склад продуктів його гідратації, крім певного зниження ступеня гідратації цементу і основності гідросилікатів кальцію.

Результати досліджень ефективності екранів для захисту від електрокорозії з розробленої композиції представлені на рис. 12. Як бачимо з рис. 12, *а – г*, у разі сухого стану ґрунту (на початку експерименту за $t = 0$) сила струму $I_{аб}$ і $I_{зе}$ мінімальна як у моделі споруди без захисту, так і в моделі з захисним екраном. Після водонасичення ґрунту сила струму зростає на три порядки. Встановлено, що захист заземленим екраном забезпечує зниження сили струму через бетон і арматуру моделі $I_{аб}$ (рис. 12, *а, в, д*) за рахунок протікання частини струму $I_{зе}$ через захисний екран (рис. 12, *б, г, д*). Порівняно з моделлю без захисту величина струму, що протікає через неї, менше на 49-66 %.

Встановлено, що захисні властивості екрана залежать від відсотка площі контакту сталевого електрода заземлення з ним – зі збільшенням цього відсотка сила струму $I_{аб}$ знижується, а $I_{зе}$ зростає (рис. 12, *е*).

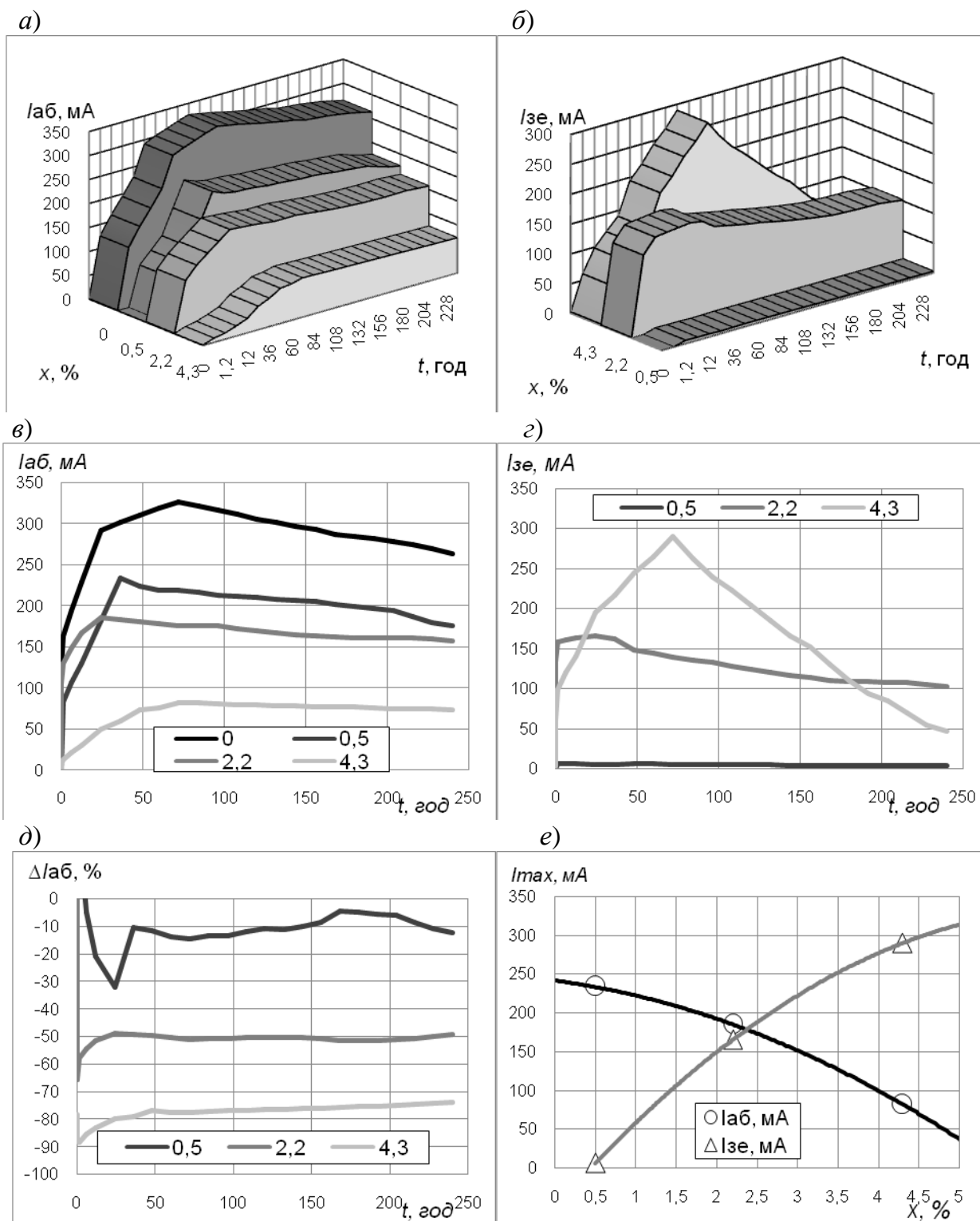


Рис. 12. Залежності показників ефективності заземлених екранів із електропровідної композицій на основі портландцементу за різних відсотків площі контакту сталевго електрода заземлення з екраном x (0 - без захисного екрана; 0,5; 2,2; 4,3): а-д - залежності сили струму через арматуру і бетон моделі $I_{аб}$ (а, в), сили струму крізь захисний екран $I_{зе}$ (б, г), зміни сили струму через арматуру і бетон моделі $\Delta I_{аб}$ від часу з моменту водонасичення ґрунту t ; е - залежності $I_{аб}$ та $I_{зе}$ від відсотка площі контакту електрода заземлення з екраном x

За відсотком площі контакту електрода заземлення з екраном $x = 0,5 \%$ сила струму $I_{аб}$ знижується на $\Delta R_{аб} = 10-15 \%$, $x = 2,2 \%$ - на $50-55 \%$, $x = 4,3 \%$ - на $75-80 \%$. Це підтверджує ефективність заземлених екранів для захисту конструкцій, наприклад пасажирських платформ, від корозії струмами витоку.

У п'ятому розділі наведено результати розроблення і впровадження складу електропровідної композиції проникної дії для гідроізоляції та захисту від електрокорозії конструкцій і споруд залізниць. На композицію отримано Патент на винахід № 113600UA. Виконано обстеження пасажирських платформ, на яких раніше було здійснено екранний захист від електрокорозії металоін'єкційними сорочками. Показано ефективність цього заходу. На додачу до раніше проведених обстежень пасажирських платформ було досліджено технічний стан високих платформ з опорами з залізобетонних стояків і ригелів на з.п. Науковий, Карачівка, Високий, Верещаківка та з опорами із бетонних блоків на з.п. Липовий Гай, Високий, Артемівка Південної залізниці. Більшість опор мають характерні електрокорозійні пошкодження – утворення тріщин у залізобетонних стояках на рівні землі, руйнування бетону опор із блоків. Встановлено сфери застосування електропровідних складів проникної дії для ремонту і захисту конструкцій будівель і споруд, зокрема пасажирських платформ. Для дослідного впровадження обрано опори платформ на з.п. Артемівка та Високий. Розроблено конструктивно-технологічні рішення захисту опор пасажирських платформ від електрокорозії заземленими екранами-покриттями з електропровідної композиції проникної дії. Розроблено Технологічний регламент виробництва електропровідної композиції проникної дії на основі портландцементу і її застосування для захисту залізобетонних конструкцій від електрокорозії. Виготовлено дослідну партію сухої суміші композиції. Результати досліджень автора включено в «Рекомендації щодо захисту і посилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць», «Рекомендації з усунення тріщин у стінах будівель станційних комплексів».

Економічний ефект, часткова участь автора в якому становить 782,7 тис. грн, досягнуто за рахунок застосування для ремонту споруд і будівель залізниць нових матеріалів і конструктивно-технологічних рішень, які виключають значні трудовитрати, використання важкої техніки і зупинки руху поїздів, зокрема для пасажирських платформ – ремонт поверхні та екранного захисту електропровідною композицією проникної дії або відновлення несучої здатності заземленою металоін'єкційною сорочкою замість повної заміни новою конструкцією. Результати досліджень використовуються у навчальному процесі УкрДУЗТ для підготовки магістрів за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія спеціалізацій «Промислове та цивільне будівництво» і «Будівництво та експлуатація інженерних споруд залізничного транспорту».

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У результаті критичного аналізу літературних даних, результатів натурних обстежень щодо руйнівного впливу постійного струму витоку,

електричних полів і зарядів на цементний камінь, розчин, бетон залізобетонних, бетонних, кам'яних конструкцій розроблено схеми протікання через них струмів витоку, висунуто робочу гіпотезу про їх захист заземленими екранами-покриттями з електропровідних композицій на основі мінеральних в'язучих. Встановлено, що найбільш ефективним способом забезпечення електропровідності композицій на основі мінеральних в'язучих є застосування електропровідних наповнювачів.

2. У результаті теоретичних досліджень розроблено фізичну модель композиційного матеріалу як провідника та протікання через нього електричного струму, з якої отримано рівняння залежності питомої електропровідності та питомого електричного опору композиції від її структурної характеристики – коефіцієнта розсунення частинок наповнювача матрицею та питомого електричного опору наповнювача і цементної матриці.

3. У результаті експериментальних досліджень впливу електропровідних наповнювачів на електрофізичні та фізико-механічні властивості композицій на основі портландцементу з комплексною хімічною добавкою встановлено:

- експериментальні залежності узгоджуються з отриманим рівнянням залежності питомої електропровідності композиції від її структурної характеристики – коефіцієнта розсунення частинок наповнювача матрицею та питомого електричного опору наповнювача і цементної матриці;

- питомий електричний опір композицій з графітовим наповнювачем на три порядки нижчий, ніж у композицій з металевими наповнювачами, що можна пояснити утворенням на поверхнях металевих частин гідроксидних плівок, що створюють високий перехідний опір;

- композиції з графітовим наповнювачем на силікаті натрію і отверджувачах мають питомий електричний опір від $0,15 \text{ Ом} \times \text{м}$, проте є обмежено водостійкими ($K_{\text{вн}} < 0,8$), а на основі портландцементу і КХД при питомому електричному опорі $0,9 \text{ Ом} \times \text{м}$ є водостійкими ($K_{\text{вн}} = 1$);

- найбільше зниження електричного опору забезпечує графіт марки ГЛ-1, проте збільшення вмісту наповнювача, особливо марки ГЛ-1 через лускату структуру його зерен, обумовлює зниження міцності, водостійкості, водопоглинання;

- для електропровідної композиції найкращим є графіт марки ГС-1, а його раціональним вмістом – 10 %;

- водонасичення композиції забезпечує зниження питомого електричного опору у 20 раз до величин $2,8 \text{ Ом} \times \text{м}$, що є актуальним саме для її застосування в захисних екранах, що мають забезпечувати дренажування струмів витоку, які багаторазово збільшуються до небезпечних величин саме у вологу погоду.

4. У результаті фізико-хімічних досліджень встановлено, що графіт не бере участь у гідратації цементу і майже не впливає на склад продуктів його гідратації, крім певного зниження ступеня гідратації цементу і основності гідросилікатів кальцію.

5. Розроблено і запатентовано електропровідну композицію проникної дії для гідроізоляції та екранного захисту від електрокорозії струмами витоку. У

результаті дослідження ефективності заземлених екранів із цієї композиції встановлено, що захист заземленим екраном забезпечує зниження сили струму через бетон і арматуру $I_{аб}$ за рахунок протікання частини струму $I_{зе}$ через захисний екран, а захисні властивості екрана залежать від відсотка площі контакту сталевого електрода заземлення з ним – з його збільшенням $I_{аб}$ знижується, а $I_{зе}$ зростає. За відсотком площі контакту електрода заземлення з екраном 4,3 % $I_{аб}$ знижується на 75-80 %.

6. Результати досліджень впроваджено:

- розроблено конструктивно-технологічні рішення захисту опор пасажирських платформ від електрокорозії заземленими екранами-покриттями з електропровідної композиції проникної дії, у результаті обстеження обрано ділянки для їх дослідного впровадження;

- розроблено Технологічний регламент виробництва електропровідної композиції проникної дії на основі портландцементу і її застосування для захисту залізобетонних конструкцій від електрокорозії, виготовлено дослідну партію сухої суміші композиції;

- розроблено та введено в дію рекомендаційні документи ПАТ «Українська залізниця» з питань ремонту і захисту будівель і споруд залізничного транспорту;

- економічний ефект, часткова участь автора в якому становить 782,7 тис. грн, досягнуто за рахунок застосування для ремонту споруд і будівель залізниць нових матеріалів і конструктивно-технологічних рішень, які виключають значні трудовитрати, використання важкої техніки і зупинку руху поїздів, зокрема для пасажирських платформ – ремонту поверхні та екранного захисту електропровідною композицією проникної дії;

- результати досліджень використовуються в навчальному процесі УкрДУЗТ для випуску магістрів за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях і патенти на винаходи України

1. Касьянов, В.В. Розробка складів електропровідних покриттів для захисту конструкцій від електрокорозії / В.В. Касьянов // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп.– Харків: УкрДУЗТ 2015. – Вип. 155. – С. 138–142.

2. Касьянов, В.В. Захист та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць / В.В. Палій, Є.Г. Щур, С.В. Мірошніченко, А.А. Плугін, В.В. Касьянов, І.Г. Корнієнко // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 130. – С. 100–107.

Особистий внесок: Аналіз пошкоджень конструкцій, розроблення робочих креслень підсилення конструкцій пасажирських платформ.

3. Касьянов, В.В. Аналіз пошкоджень і способів ремонту підводних частин гідротехнічних споруд / Ю.А. Суханова, В.В. Касьянов // Зб. наук. праць

Укр. держ. акад. залізнич. трансп.– Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 148. – Ч. 2. – С. 87–92.

Особистий внесок: аналіз причин пошкоджень споруд.

4. Касьянов, В.В. Дослідження заземлених екранів із електропровідних композицій як способу захисту від електрокорозії/ А.А. Пługін, О.А. Пługін, В.В. Касьянов, Д.А. Пługін, В.В. Конєв //Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – Вип. 171. – С. 53–61.

Особистий внесок: експериментальні дослідження екранів із композицій на основі портландцементу.

5. Касьянов, В.В. Вплив структури та компонентів на електрофізичні властивості електропровідних композицій на основі портландцементу / О.А. Пługін, В.В. Касьянов, А.А. Пługін, Д.А. Пługін, О.С. Борзяк // Науковий вісник будівництва. 2018 – Т. 91, №1. – С. 156-163. 10.29295/2311-7257-2018-91-1-156-163.

Особистий внесок: виконання розрахункового експерименту за математичною моделлю електропровідності композиційного матеріалу, експериментальне дослідження.

6. Композиція проникної дії для гідроізоляції та захисту від електрокорозії: Патент. 113600 UA МПК(2016.01) C04B28/00 C04B41/65(2006.01)C04B111/90(2006.01) C04B111/20(2006.01) C04B111/72(2006.01) / УкрДУЗТ; А.А. Пługін, Т.О. Костюк, О.Ю. Процін, О.А.Пługін, Д.О.Бондаренко, В.В. Касьянов, О.С. Борзяк, В.В. Конєв. – № а 2016 02005; Заявл. 01.03.2016; Опубл. 10.02.2017, Бюл. № 3. – 4 с.

Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень з визначення оптимального вмісту електропровідного наповнювача та аналіз їх результатів.

Публікації апробаційного характеру

7. Kasyanov, V. Research into the effectiveness of grounded screens of electroconductive silicate compositions for electrocorrosion protection / D. Plugin, V.Kasyanov, V. Konev, S. Nesterenko, A. Afanasiev // MATEC Web of Conferences, 116, 01012 (2017). 6 p.

Особистий внесок – виконання експериментальних досліджень: розроблення та виготовлення моделей, виконання замірів, аналіз результатів.

8. Касьянов, В.В. Електропровідні покриття для захисту залізобетонних конструкцій від корозії // Тези доповідей 69-ї наук.-техн. конф. ХНУБА (18–20 лютого 2014, Харків). – Харків: ХНУБА, 2014. – С. 22.

9. Касьянов, В.В. Анализ поврежденных и способов ремонта подводных частей гидротехнических сооружений / Ю.А. Суханова, В.В. Касьянов // Матеріали між нар. наук.-техн. конф. «Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті», (26–28 листопада 2014, Харків). – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – С. 56–57.

Особистий внесок: аналіз результатів натурних обстежень.

10. Касьянов, В.В. Влияние токов утечки и избыточных зарядов Земли на трещинообразование в кирпичной кладке / А.А. Пługин, А.Н. Пługин, С.Г.

Нестеренко, Ал. А. Плугин, В.В. Касьянов, Д.А. Плугин // Материалы междунар. науч.-практ. конф., «Эффективные технологические решения в строительстве с использованием бетонов нового поколения», (28–29 октября 2015, Харьков). – Харьков: ХНУСА, 2015. – С. 131–137.

Особистий внесок: участь в експериментальних дослідженнях впливу електричного струму на утворення тріщин.

11. Касьянов, В.В. Розробка складів електропровідних покриттів для захисту конструкцій від електрокорозії / В.В. Касьянов // Тези доповідей, V Між нар. наук.-техн. конф., Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті, (23-24 квітня 2015, Харків) Харків: УкрДУЗТ, 2015. – С. 33.

12. Касьянов В.В. Захист споруд від електрокорозії за допомогою уземлених електропровідних екранів / В.В. Касьянов, О.А. Плугін, С.Г. Нестеренко, А.А. Плугін // Тези доповідей, VI Між нар. наук.-техн. конф., Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті, (19-21 квітня 2017, Харків). – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – С. 51–52.

Особистий внесок: експериментальні дослідження екранів із композицій на основі портландцементу.

13. Касьянов, В.В. Дослідження впливу електропровідного наповнювача на електрофізичні, фізико-механічні, гідрофізичні властивості силікатних композицій / О.А. Плугін, В.В. Касьянов, В.В. Конєв, А.В. Никитинський // Тези доповідей, VI Між нар. наук.-техн. конф. «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті» (19-21 квітня 2017, Харків). – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – С. 68–69.

Особистий внесок: експериментальні дослідження композиції на основі портландцементу.

14. Касьянов, В.В. Дослідження впливу структури на питомий електричний опір силікатних композицій для захисту від електрокорозії / О.А. Плугін, В.В. Касьянов, А.А. Плугін, Д.А. Плугін // Тези доповідей, VI Між нар. наук.-техн. конф. «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті» (19-21 квітня 2017, Харків). – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – С. 69.

Особистий внесок: розрахунки залежності електропровідності від характеристик структури.

Додаткова публікація

15. Касьянов, В.В. Исследование формирования и использования водных ресурсов на городском и региональном уровнях с использованием геоинформационных систем / К.А. Мамонов, О.В. Кондращенко, К.О. Метешкін, К.І. Вяткін, С.Г. Нестеренко, В.В. Касьянов, О.В. Бабанін // Коммунальное хозяйство городов. – Харьков, 2017. – Вып. 134. – С. 58 – 64.

Особистий внесок: виконання натурних досліджень.

АНОТАЦІЯ

Касьянов В.В. Электропроводні покриття на основі портландцементу для захисту від електрокорозії і ремонту конструкцій та споруд залізниць. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби. – Український державний університет залізничного транспорту МОН України, Харків, 2018.

Дисертація присвячена встановленню механізму руйнівної дії струмів витоку з електрифікованих постійним струмом залізничних колій на бетон і залізобетонні конструкції високих пасажирських платформ, а також розробленню складів на основі портландцементу, комплексної хімічної добавки та електропровідного наповнювача для ремонту і екранного захисту від електрокорозії конструкцій і споруд залізниць. Удосконалено теоретичні уявлення про механізм протікання струмів витоку з рейок залізничної колії через конструкції будівель і споруд залізниць, зокрема високих пасажирських платформ, і їх електрокорозійне пошкодження. Обґрунтовано і розроблено склад проникної дії на основі портландцементу і комплексної хімічної добавки для ремонту і екранного захисту від електрокорозії конструкцій і споруд залізниць, а також технологію його приготування. Розроблено рекомендаційні документи ПАТ «Українська залізниця». Результати досліджень впроваджено під час розроблення конструктивно-технологічних рішень з відновлення експлуатаційних властивостей і захисту від корозії будівель станційних комплексів Південної залізниці, а також у навчальному процесі.

Ключові слова: струм витоку, електрокорозія, захист, електропровідне покриття, заземлення, цементний розчин, хімічні добавки, електропровідний наповнювач.

АННОТАЦИЯ

Касьянов В.В. Электропроводные покрытия на основе портландцемента для защиты от электрокоррозии и ремонта конструкций и сооружений железных дорог. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия. – Украинский государственный университет железнодорожного транспорта МОН Украины, Харьков, 2018.

Диссертация посвящена установлению механизма разрушающего воздействия токов утечки с электрифицированных постоянным током железнодорожных путей на бетон и железобетонные конструкции высоких пассажирских платформ, а также разработке составов на основе портландцемента, комплексной химической добавки и электропроводного наполнителя для ремонта и экранной защиты от электрокоррозии конструкций и сооружений железных дорог. Усовершенствованы теоретические представления о механизме протекания токов утечки с рельсов железнодорожного пути через конструкции зданий и сооружений железных дорог, в частности высоких пассажирских платформ, и их электрокоррозионного повреждения, а также механизма защитного действия заземленных экранов из электропроводной композиции. Разработана модель композиционного материала как проводника и протекания через него электрического тока, из которой получено уравнение зависимости удельной электропроводности и удельного электрического сопротивления композиции от ее структурной характеристики - коэффициента

раздвижки частиц наполнителя матрицей и удельного электрического сопротивления наполнителя и цементной матрицы. Выполнены экспериментальные исследования влияния электропроводных наполнителей на электрофизические и физико-механические свойства композиций на основе портландцемента с комплексной химической добавкой. Обоснованы и разработаны состав проникающего действия на основе портландцемента и комплексной химической добавки с электропроводным наполнителем – графитом – для ремонта и экранной защиты от электрокоррозии конструкций и сооружений железных дорог, а также технология его приготовления. Разработаны и внедрены рекомендательные документы ПАО «Укрзалиница». Результаты исследований внедрены при разработке конструктивно-технологических решений по восстановлению эксплуатационных свойств и защиты от электрокоррозии сооружений и зданий станционных комплексов Южной железной дороги, а также в учебном процессе. Получен экономический эффект.

Ключевые слова: токи утечки, электрокоррозия, защита, электропроводное покрытие, заземление, цементный раствор, химические добавки, графитовый наполнитель.

SUMMARY

Kasyanov V.V. The electrically conductive coating for electrocorrosion protection and repair of railway structures. - Manuscript.

Thesis for scientific degree of candidate of technical sciences, speciality 05.23.05 – building materials and products. – Ukrainian State University of Railway transport, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2016.

The thesis is devoted to establishment of the mechanism of destructive action of currents coil of electrified by a direct current of railway tracks on concrete i reinforced concrete constructions of high passenger platforms, as well as the development of formulations based on Portland cement, complex chemical additive and electro conductive filler for repair and screen protection against electro-corrosion of constructions and structures of railways. The theoretical concepts of the mechanism of leakage current currents from the railways of the railroad through the construction of buildings and structures of railways, in particular high passenger platforms, and their electro corrosive damage. The warehouse for the penetration of goods on the basis of Portland cement and complex chemical additives for repairing the screened excavation of electrical engineering construction and repairing the halls is organized and shredded, as well as the technology of its preparation. The recommendations of Ukrainian railway have been corrupted. The result is the implementation of the project in the hour of the dismantling of the constructive and technologic solutions to the exploitation of the power authorities, that is, in the wilderness of the hostels of the stations of the complex, and in the navigational process.

Keywords: leakage current, electrocorrosion, protection, electrically conductive coating, grounding, cement mortar, chemical additives, graphite filler.