

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

про дисертаційну роботу **Касьянова Володимира Володимировича** «Електропровідні покриття на основі портландцементу для захисту від електрокорозії і ремонту конструкцій та споруд залізниць», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та виробы

### **Актуальність обраної теми**

Відомо, що конструкції будівель і споруд, розташованих поблизу колій залізниць та іншого електрифікованого транспорту, зазнають пошкоджень і швидкого зносу внаслідок підвищених не тільки механічних, але й електричних впливів. Струми витоку з рейок, натікаючи на конструкції, обумовлюють електрокорозію металевих конструкцій і арматури залізобетону, прискорюють вищого вугування бетону. Незважаючи на значну кількість робіт, теоретичних уявлень про захист від руйнівного впливу струмів витоку і блукаючих струмів на конструкції будівель і споруд залізничного транспорту опубліковано мало, а діючі норми недооцінюють електрокорозійну небезпеку в умовах обводнення. Тому, дійсно, існує невирішена наукова проблема розвитку уявлень про механізм такого впливу. Дисертація саме й 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 та екранного захисту від електрокорозії конструкцій і споруд залізниць, тому її тема є актуальною.

### **Зв'язок теми дисертації з державними чи галузевими науковими програмами, пріоритетними напрямками розвитку науки й техніки**

Дослідження виконані на кафедрі «Будівельні матеріали, конструкції та споруди» Українського державного університету залізничного транспорту у складі держбюджетних і госпдоговірних НДР Міністерства освіти і науки, Міністерства інфраструктури України, Укрзалізниці: «Проведення досліджень і розробка рекомендації із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць», «Розробка конструктивно-технологічних рішень з усунення тріщин у стінах будівель станційних комплексів» тощо. Виконані НДР отримали державну реєстрацію.

### **Зміст і оформлення дисертації, її завершеність**

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, основних висновків, списку літератури зі 170 найменувань на 18 сторінках; містить 124 сторінки основного тексту, 75 рисунків, 14 таблиць, 6 додатків. Текст дисертації викладений із коректним використанням наукової термінології в логічній послідовності: обґрунтування актуальності досліджень, формулювання мети і задач, аналітичний огляд існуючих теоретичних уявлень, вибір методів досліджень і матеріалів і, власне, самі теоретичні й експериментальні дослідження, розробка висновків і рекомендації, їх впровадження.

**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, що експлуатуються на залізницях. Автором показано, що на пошкодження конструкцій з бетону і кам'яної кладки будівель і споруд станційних комплексів, водопропускних труб, мостових опор тощо основний руйнівний вплив мають пульсуючий односпрямований струм витоку з рейкової колії з тривалістю імпульсу кілька хвилин і надлишкові електричні заряди в конструкціях, ним створювані. Висунуто робочу гіпотезу про захист конструкцій від струмів витоку шляхом нанесення на них покриттів з електропровідних композицій на основі мінеральних в'язучих, що мають низький електричний опір, високі показники водостійкості та електрокорозійної стійкості, та їх уземлення.

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.

Фізико-механічні властивості композицій визначали стандартними методами на зразках-призмах. Склад продуктів гідратації композиції на основі портландцементу і комплексної хімічної добавки з графітовим наповнювачем досліджували методами рентгенофазового аналізу та інфрачервоної спектроскопії.

**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. 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. Отримано теоретичну залежність питомого електричного опору композиції від її структурної характеристики – коефіцієнту розсунення частинок електропровідного наповнювача. 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 і моделі споруди з захисним екраном.

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 від вмісту електропровідних наповнювачів Н/СН – металевих та графітових порошоків. Питомий електричний опір графітового наповнювача у сполученні з матрицею з мінерального в'язучого на три порядки нижчий, ніж у металевих наповнювачів, тому для розроблення складів електропровідної композиції обрано графітові наповнювачі.

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. Досліджено залежності фізико-механічних, гідрофізичних та електрофізичних властивостей цементних композицій з КХД різного складу на різних марках графітового порошку від вмісту графітового наповнювача. 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  $2,8 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , що є актуальним саме для її застосування в захисних екранах, які мають забезпечувати дренажування струмів витоку, що багаторазово збільшуються до небезпечних величин саме в умовах обводненості конструкцій під час опадів тощо.

У п'ятому розділі наведено результати розроблення і впровадження складу електропровідної композиції проникної дії для гідроізоляції та захисту від електрокорозії конструкцій і споруд залізниць. 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. Конструкцію заземленого екрану реалізовано під час ремонту опор пасажирської платформи.

Таким чином, отримані наукові результати, викладені в науковій новизні, висновках за розділами, загальних висновках, свідчать, що всі поставлені автором задачі виконані, мета роботи досягнута, тобто дисертація є завершеною науковою працею.

#### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

Виконуючи дисертаційну роботу, зокрема, аналітичний огляд, формулювання гіпотез, розробку механізму утворення і впливу пульсуючого односпрямованого струму витоку з рейкової колії і захисту від нього, автор ґрунтувався на фундаментальних положеннях і закономірностях колоїдної хімії, фізико-хімічної механіки дисперсних систем тощо. Результати теоретичних досліджень автора, зроблені ним висновки і рекомендації погоджуються з існуючими уявленнями та підтверджені результатами експериментальних і натурних досліджень, отже, є обґрунтованими.

**Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій** здобувача забезпечена узгодженістю результатів, отриманих незалежними взаємодоповнюючими методами досліджень – стандартними і оригінальними методами визначення фізико-механічних і гідрофізичних властивостей з відповідною статистичною забезпеченістю, методами фізико-хімічних досліджень, оригінальними методиками електрометричних досліджень.

### **Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій**

На думку рецензента найбільш значущими новими науковими положеннями, отриманими автором в результаті дисертаційного дослідження є:

1. Аналітична залежність питомого електричного опору та питомої електропровідності композиційного матеріалу від питомого електричного опору наповнювача і матриці, структурних характеристик і складу композиту, електрофізичних властивостей його компонентів;

2. Експериментальні залежності міцності та електричних характеристик графітонаповнених композицій проникної дії від їх складу; інтервали витрати компонентів, в межах яких досягаються найкращі показники електропровідності та технологічності;

3. Запропонований новий показник ефективності екранного захисту електропровідною композицією від електрокорозії – відношення сили струму крізь конструкцію із захисним екраном до сили струму крізь незахищену конструкцію, який залежить від відсотку площі контакту металевого заземлення з покриттям електропровідною композицією.

### **Значимість роботи для науки і практики**

За результатами досліджень розроблено та впроваджено графітнаповнену композицію для захисту будівель і споруд залізничного транспорту від електрокорозії. Розроблена технологія приготування композиції і захисту нею конструкцій із бетону та кам'яної кладки. У співавторстві розроблений і введений у дію ряд рекомендаційних документів Укрзалізниці з питань ремонту та захисту будівель і споруд залізничного транспорту.

Результати досліджень впроваджені у розробленні конструктивно-технологічних рішень з відновлення експлуатаційних властивостей і захисту від корозії будівель станційних комплексів Південної залізниці.

Отриманий економічний ефект від впровадження результатів досліджень, обґрунтований виконанням заходів із захисту від електрокорозії пошкоджених конструкцій, часткова участь автора в якому становить 782,7 тис. грн.

### **Шляхи використання результатів досліджень**

Результати досліджень здобувача рекомендується використовувати під час зведення та ремонту кам'яних, бетонних і залізобетонних будівель та споруд транспортного призначення шляхом застосування розроблених рекомендаційних документів. Рекомендується використовувати результати досліджень у навчальному процесі в Українському державному університеті залізничного транспорту для підготовки бакалаврів, магістрів і докторів філософії за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія», у т.ч. включити їх у

нові навчальні дисципліни, що розробляються в рамках навчальних планів підготовки докторів філософії.

### **Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях**

Основні положення дисертації опубліковано в 15 наукових працях, з них 5 статей у фахових виданнях, рекомендованих МОН України, в тому числі 3 – у виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази, 1 патент на винахід, 8 праць апробаційного характеру, з яких 1 – у матеріалах конференції, що індексується Scopus, 1 додаткова публікація. Відзначені праці цілком відображають основні розділи дисертації і представлені в ній наукові результати.

### **Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації**

Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації.

### **Зауваження до змісту дисертації**

1. В результаті фізико-хімічних досліджень автором встановлено зниження ступеня гідратації і основності гідросилікатів кальцію в присутності графітового наповнювача, проте будь-яких пояснень про можливий хімізм або механізм цього явища не наводиться.

2. Відомо, що вуглеграфітові матеріали здатні змінювати не тільки електрофізичні, а й деформативні властивості композиційних матеріалів на основі в'язучих речовин. Автору доцільно було дослідити вплив графітового наповнювача на деформативні властивості покриття та використати можливості додавання графіту для регулювання співвідношення між деформативними властивостями покриття та ремонтваної поверхні.

3. В роботі доцільно було більш докладно дослідити адгезію розробленої електропровідної композиції до поверхонь із бетону, розчину, кераміки, сталі у т.ч. в умовах водонасичення (водостійкість зчеплення), а також її залежність від часу, кількості пропущеної електрики тощо.

4. За результатами дослідження ефективності заземлених екранів автор лише констатує встановлене їм зниження сили струму, що проходить через арматуру і бетон моделі, в залежності від відносної площі контакту електрода заземлення з екраном  $x$ . Так, для  $x = 4,3$  встановлене зниження сили струму на 75-80 %. Доцільно було надати практичні рекомендації щодо визначення оптимальної або раціональної відносної площі цього контакту.

5. Автору доцільно було дослідити вплив кількості пропущеної крізь переріз композиції електрики на її питомі електропровідність та/або електричний опір.

6. У роботі не наводяться дані про прогнозований термін ефективної служби захисного покриття, протягом якого воно зберігає потрібну електропровідність. Автором показано, що екран із електропровідної композиції на відзнаку від металоін'єкційного екрану не є абсолютно водонепроникним. Саме тому водонасичена цементна матриця екрану працює як провідник другого роду, який забезпечує електричний струм перенесенням іонів порового електроліту. Тому в процесі тривалої експлуатації, можливо, буде відбуватися винесення катіонів в навколишні ґрунти, отже вилуговування, погіршення

фізико-механічних властивостей, збільшення електричного опору, що й доцільно було дослідити експериментально, але хоча б проаналізувати.

7. З урахуванням глобалізації світової науки автору було б бажано більше уваги приділяти публікації та апробації результатів досліджень в іноземних країнах та інших регіонах України.

**Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам**

Зроблені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи, що є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретну наукову задачу розвитку уявлень про механізм руйнівного впливу струмів витоку і блукаючих струмів на конструкції будівель і споруд залізничного транспорту і їх захисту за допомогою заземлених екранів із електропровідних композицій, та мають суттєве значення для будівельної науки. За своєю актуальністю, достовірністю результатів, новизною наукових положень, висновків і рекомендацій, їхньою значимістю для науки і практики робота, що рецензується, відповідає вимогам МОН України, що висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор Касьянов Володимир Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та виробы.

Офіційний опонент,  
професор кафедри технології  
дорожньо-будівельних матеріалів і хімії  
Харківського національного  
автомобільно-дорожнього університету,  
доктор технічних наук, професор



С. М. Толмачов

