

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Нестеренко Сергій Григорович



УДК 691.32:620.193.7 (043.3)

**ПОЛІМЕРЦЕМЕНТНИЙ РОЗЧИН
ДЛЯ ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ ВІД ЕЛЕКТРОКОРОЗІЇ
І НАДЛИШКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЗАРЯДІВ**

05.23.05 – будівельні матеріали та вироби

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент
Плугін Олексій Андрійович,
Український державний університет
залізничного транспорту,
доцент кафедри будівельної механіки
та гідравліки.

Офіційні опоненти:

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

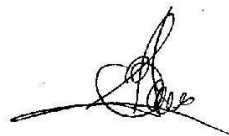
доктор технічних наук, доцент
Костюк Тетяна Олександрівна,
Харківський національний університет
будівництва та архітектури,
доцент кафедри будівельних матеріалів
і виробів.

Захист дисертації відбудеться 02 червня 2016 р. о 15⁰⁰ 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 « 27 » квітня 2016 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук, доцент



Г.Л. Ватуля

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Елементи будівель і споруд, розташованих поблизу ліній електрифікованого транспорту - залізничних, трамвайних, метрополітенів, піддаються інтенсивному зносу в результаті підвищених не тільки механічних, але й електричних впливів. Відомо, що електричні струми витоку і блукаючі струми, протікаючи через конструкції будівель і споруд, призводять до електрокорозії металоконструкцій і арматури залізобетону, прискорення вилуговування бетону і розчину. В останні роки в глобальній мережі Інтернет з'явилася значна кількість інформації про утворення без очевидних причин тріщин у конструкціях будівель і споруд аж до їх обвалення. Попередній аналіз таких даних, а також останніх досліджень впливу струмів витоку і надлишкових електричних зарядів на бетон і залізобетонні конструкції, виконаних в УкрДУЗТ, дали змогу припустити, що однією з основних причин цих пошкоджень є надлишкові електричні заряди різного походження в поєднанні з обводненням. У літературних джерелах не виявлено досліджень і опису механізму впливу таких надлишкових зарядів на утворення тріщин в конструкціях з кам'яної кладки і бетону. Тому існує невирішена наукова проблема розвитку уявлень про механізм такого утворення тріщин.

Заходи щодо забезпечення довговічності конструкцій з кам'яної кладки і бетону, що передбачаються при проектуванні будинків і споруд, не враховують всього комплексу агресивних впливів і руйнівних процесів. Тому перед дослідниками ставляться також завдання, пов'язані з підвищенням ефективності захисту конструкцій будівель і споруд, розташованих поблизу ліній електрифікованого транспорту, від струмів витоку і блукаючих струмів, надлишкових електричних зарядів, при їх зведенні та ремонті. Вирішення цих завдань сприятиме підвищенню надійності та довговічності будівель і споруд, а також безпеці руху на електрифікованому транспорті.

У зв'язку з викладеним, тема дисертації, присвячена дослідженням дії надлишкових електричних зарядів від струмів витоку і іншого походження на конструкції з кам'яної кладки та бетону, а також розробленню полімерцементного розчину для захисту будівель і споруд від них, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження виконані на кафедрі «Будівельні матеріали, конструкції і споруди» Ураїнського державного університету залізничного транспорту в складі держбюджетних НДР Міністерства освіти і науки України «Теоретичні та експериментальні дослідження впливу електрокорозійного і напружено-деформованого стану залізничних споруд і колій на їх надійність і безпеку руху» (ДР № 0113U001031) і Міністерства інфраструктури України «Розробка теоретичних основ та експериментальні дослідження впливу струмів витоку та блукаючих струмів на бетон та розчин бетонних, залізобетонних та кам'яних конструкцій» (ДР № 0111U002128), госпрозрахункових НДР за замовленням Укрзалізниці «Проведення досліджень технології улаштування полімеркомпозиційного прокладного шару під збірним та збірномонолітним залізобетонним безбаластним мостовим полотном та розробка рекомендацій» (ДР № 0113U008421), «Розробка конструктивно-технологічних рішень з усунення тріщин у стінах будівель станційних комплексів та рекомендацій з їх

впровадження при експлуатації» (ДР № 0112U006927), «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» (60/2-2011), «Розробка та випробування нових конструктивних рішень захисту від електрокорозії конструкцій шляхопроводів, на яких закріплена контактна мережа» (60/3-2011).

Мета дослідження – розвиток уявлень про механізм руйнівної дії надлишкових електричних зарядів від струмів витоку з електрифікованих постійним струмом залізничних колій і електричних полів і зарядів природного та антропогенного походження на кам'яну кладку будівель і споруд, а також розроблення полімерцементного розчину для їх захисту від електрокорозії та надлишкових електричних зарядів.

Наукова гіпотеза: При проходженні рухомого складу по електрифікованих постійним струмом залізничних коліях струм витоку з них обумовлює накопичення надлишкових електричних зарядів в обводненій кам'яній кладці і бетоні розташованих поблизу будівель і споруд. Накопичення надлишкових зарядів посилюється за рахунок електричних полів і зарядів природного і антропогенного походження. Надлишкові електричні заряди обумовлюють утворення тріщин у конструкціях і відповідні пошкодження будівель. Захист кам'яної кладки і будівель з неї від впливу надлишкових електричних зарядів може бути здійснено за допомогою кладки і штукатурного полімерцементного розчину на карбамідній смолі з підвищеним електричним опором.

Задачі дослідження:

- 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;
- розвиток теоретичних уявлень про природу виникнення надлишкових електричних зарядів на конструкціях будівель і споруд від струмів витоку і блукаючих струмів, електричних полів і зарядів природного і антропогенного походження, про їх вплив на утворення тріщин у кам'яній (цегляній) кладці і відповідні пошкодження будівель; встановлення зон надлишкових електричних зарядів на великих територіях;
- обґрунтування і розроблення складу, технології приготування і застосування полімерцементного розчину для захисту від корозії і руйнівної дії надлишкових електричних зарядів, встановлення закономірностей його структуроутворення і формування властивостей на основі сучасних колоїдно-хімічних уявлень;
- експериментальні дослідження фізико-механічних, електрофізичних і захисних властивостей цементного і полімерцементного розчинів під впливом електричних потенціалів і надлишкових зарядів, у тому числі на натурній моделі кам'яної кладки;
- впровадження результатів досліджень у рекомендаційних документах і при обстеженні технічного стану та ремонті будівель залізничного транспорту.

Об'єкт дослідження – цементний і полімерцементний камінь і розчин з карбамідною смолою, кам'яна (цегляна) кладка будівель і споруд.

Предмет дослідження – процеси в цементному і полімерцементному камені і розчині, кам'яній кладці, будівлях і спорудах з неї, в т. ч. тріщиноутворення, обумовлене впливом постійних струмів витоку, електричних полів і надлишкових зарядів природного та антропогенного походження, способи захисту від них.

Методи дослідження. Питому поверхню наповнювача, рухливість, в'язкість, терміни схоплювання розчинних сумішей, міцність на вигин і стиск, адгезійну міцність, щільність, водопоглинання, морозостійкість розчинів визначали стандартними методами. Дослідження міцності розчинів при спільному впливі механічних навантажень і електричних потенціалів, тріщиностійкість полімерцементної штукатурки проводили за оригінальними спеціально розробленими методиками. Фізико-хімічні дослідження структури і фазового складу продуктів гідратації в цементному і полімерцементному камені виконували в складі світлової і сканувальної електронної мікроскопії, рентгенофазового аналізу. рН-метрію ґрунту і розчину в кам'яній кладці виконували за допомогою рН-метра для ґрунтів.

Достовірність і обґрунтованість одержаних результатів досягнуто шляхом застосування надійних і узгоджених методів теоретичних і експериментальних досліджень і експлуатаційних випробувань, стандартних і оригінальних методів фізико-механічних випробувань, фізико-хімічних і електрометричних досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше обґрунтовані високі захисні властивості полімерцементного розчину від електрокорозії і руйнівної дії надлишкових електричних зарядів, зокрема:

- вперше встановлено, що затвердіння карбамідної смоли в полімерцементному розчині хлорним залізом і введення золи-винесення забезпечує збільшення кількості позитивно заряджених кристалогідратів у продуктах гідратації цементу, що зв'язують надлишкові негативні заряди і перешкоджають їх поширенню по конструкції;
- вперше встановлено, що введення в полімерцементний розчин золи-винесення забезпечує підвищення поляризування розчину за рахунок гігантської низькочастотної діелектричної проникності її частинок і, за рахунок цього, підвищення електричного опору розчину та здатності запобігати поширенню по конструкції надлишкових електричних зарядів.

2. Отримали подальший розвиток уявлення про вплив постійних електричних потенціалів і надлишкових зарядів на міцність портландцементного каменю і розчину. Встановлено, що накладення потенціалу на розчин з вихідною міцністю понад 10 МПа призводить до її зниження, яка залежить від величини потенціалу, при цьому для розчинів з більш високою міцністю таке зниження більш істотне, ніж для розчинів з меншою міцністю.

3. Отримали подальший розвиток уявлення про механізм виникнення і впливу надлишкових електричних зарядів на конструкції будівель і споруд з кам'яної кладки і бетону, зокрема:

- розроблена більш досконала схема протікання струмів витоку через конструкції будівель і споруд, в якій у сиру і дощову погоду струм протікає не тільки через фундаменти, але і по конструкціях стін і перекриттів і далі

по заземлювальних шинах, і призводить до інтенсивного вилугування розчину кладки і бетону (електрокорозії), а також їх поляризації - накопиченню надлишкових зарядів;

- встановлено, що зони і досить великі території з надлишковими зарядами (і, відповідно, найбільша кількість будівель з пошкодженнями) розташовані: всередині контурів електрифікованих залізничних колій (поперечними розмірами десятки кілометрів), особливо повністю замкнених і особливо поблизу великих річок; уздовж протяжних електрифікованих залізниць;
- встановлено, що накопичення на конструкціях будівель надлишкових негативних електричних зарядів може сприяти утворенню в них тріщин за рахунок сил відштовхування в гідросилікатному гелі цементного каменю розчину і бетону, а також обводнення основ і підвалів за рахунок електроосмотичного перенесення ґрунтової води і вод прилеглих водойм.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами досліджень розроблено та впроваджено полімерцементний кладковий і штукатурний розчин для захисту будівель і споруд залізничного транспорту від електрокорозії і руйнівної дії надлишкових електричних зарядів. Розроблена технологія приготування полімерцементного розчину і захисту ним кам'яної (цегляної) кладки будівель і споруд. У співавторстві розроблений і введений у дію ряд рекомендаційних документів Укрзалізниці з питань ремонту та захисту будівель і споруд залізничного транспорту. Результати досліджень впроваджені при розробленні конструктивно-технологічних рішень з відновлення експлуатаційних властивостей і захисту від корозії будівель станційних комплексів Південної залізниці (ст. Кислівка, ст. Кагамлицька, ст. Череднички). Отриманий 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 відображений у переліку опублікованих робіт.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційного дослідження доповідались: на 4-й і 5-й Міжнародних науково-технічних конференціях з будівельних матеріалів, конструкцій і споруд «Проблеми надійності і довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (Харків, 24–26.04.2013, 23–24.04.2015); Міжнародній науково-практичній конференції «Ефективні технологічні рішення в будівництві з використанням бетонів нового покоління» (Харків, 28–29.10.2015); Міжнародній науково-технічній конференції «Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті» (Харків, 26–28.11.2014), 69-й науково-технічній конференції Харківсь-

кого національного університету будівництва та архітектури (Харків, 18-20.02.2014); 74–77 Міжнародних науково-технічних конференціях Українського державного університету залізничного транспорту (Харків, 2012–2015 рр.).

Публікації. Основні положення та наукові результати дисертаційної роботи опубліковано в 12 наукових працях, з них: 7 статей у наукових фахових виданнях України, в тому числі 3 статті – у виданнях, які включено до міжнародних наукометричних баз та 4 тези доповідей на конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, основних висновків, списку літератури з 189 найменувань на 19 сторінках; містить 164 сторінки основного тексту, 118 рисунків, 20 таблиць, 2 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульована мета і завдання дослідження, представлені наукова гіпотеза, новизна 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. Алексеев, В.С. Артамонов, А.Є. Арчелбелт, В.І. Бабушкін, Г.А. Вакуленко, І.М. Грушко, Є.А. Гузеєв, Ю.В. Зайцев, Ф.М. Іванов, В.А. Кінд, А.А. Кнудсон, І.А. Корнфельд, А.В. Котельніков, Т.Г. Кравченко, В. Мак-Колум, Ю.І. Міхельсон, Г. Моле, В.М. Москвін, О.П. Мчедлов-Петросян, Г.М. Мегі, А.А. Пługін, А.М. Пługін, В.А. Притула, Є.В. Роза, Є.П. Селедцов, В.М. Слукін, С.Й. Солодкий, О.О. Старосельський, І.В. Стріжевський, В.П. Фішман, О.Л. Шагін і ін.). Із зазначених робіт проаналізовані відомості про деструктивний вплив струмів витоку на конструкції будівель і споруд залізничного транспорту і ступінь їх захищеності. Проаналізовано механізми корозії і електрокорозії бетонних, залізобетонних, кам'яних конструкцій. Незважаючи на значну кількість робіт зазначених та інших авторів, фундаментальних досліджень і відповідних теоретичних уявлень про захист від руйнівного впливу струмів витоку і блукаючих струмів на конструкції будівель і споруд залізничного транспорту опубліковано мало. Для забезпечення довговічності бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкцій в умовах обводнення і постійного струму витоку відібрані найбільш прийнятні уявлення, які дають змогу розкрити дійсний механізм електрокорозійного руйнування. Проаналізовано існуюче нормування електрокорозійної небезпеки і захисту залізобетонних конструкцій на ділянках залізниць, електрифікованих постійним струмом. За результатами виконаних обстежень великої кількості будівель і споруд залізниць України зроблено висновок, що норми недооцінюють дійсну електрокорозійну небезпеку в умовах обводнення.

Дисертаційна робота розвиває наукову школу А.М. Пługіна. Представниками школи Д.А. Пługіним, Л.В.Трикоз, В.А. Лютим, О.А. Пługіним, О.С. Борзяк, О.А. Конєвим, О.А. Забіякою досліджено вплив струмів витоку і надлишкових електричних зарядів на бетон і залізобетонні конструкції. Показано, що

на утворення тріщин та пошкодження конструкцій з бетону і кам'яної кладки будівель станційних комплексів, водопропускних труб, мостових опор і полотна основний руйнівний вплив чинить пульсуючий односпрямований струм витоку з рейкової колії з тривалістю імпульсу кілька хвилин і надлишкові електричні заряди в конструкціях, ним створювані. Показано, що небезпечна відстань від колії щодо впливу струмів витоку досягає 50-100 м. В обводнених конструкціях односпрямований пульсуючий струм призводить до виносу гідроксиду кальцію з цементного каменю бетону або розчину. Викладене дозволяє припустити, що однією з основних причин пошкоджень кам'яної кладки є надлишкові електричні заряди різного походження в поєднанні з обводненням.

Згідно з раніше розробленою в УкрДУЗТ схемою, струм витоку (блукаючий струм) протікає через конструкції фундаментів і цоколя будівель, руйнуючи їх електрокорозійно, однак, ця схема не враховує інших шляхів протікання, що знижує ефективність технологічних рішень щодо захисту будівель.

У проаналізованих умовах експлуатації важливою якістю для ремонтного матеріалу є його високий електричний опір, який забезпечує захист від струмів витоку, які, протікаючи по конструкціях, обумовлюють електрокорозію, тріщиноутворення внаслідок накопичення надлишкових зарядів. Розглянуто розчини з високим електричним опором, які потенційно здатні захистити від руйнівної дії надлишкового електричного заряду шляхом зменшення струмів витоку через матеріал конструкції. Як показує аналіз літературних даних, вимогам до ремонтних матеріалів у найбільшій мірі відповідають полімер-цементні розчини. Варті уваги недорогі малотоксичні карбамідні смоли, вироблені в Україні. Показано, що на міцнісні властивості полімерцементного розчину на карбамідній смолі негативно впливає рідка фаза лужного характеру на поверхні цементних частинок, яка при контакті з кислим середовищем полімеризації карбамідної смоли вступає в реакцію нейтралізації. Висловлено припущення, що при зменшенні кількості води, яке гарантується введенням добавки високодисперсної золи-винесення ТЕЦ, олігомерні молекули карбамідної смоли будуть значно зближуватися і, в результаті, між ними виникне подвійний електричний шар із загальним шаром протиіонів.

У другому розділі наведені характеристики основних матеріалів і методів досліджень. Цементно-піщаний і полімерцементний розчин готували зі стандартних портландцементу і кварцового піску з модулем крупності 1,1-1,2 і замішували водопровідною водою. В розчини вводили добавку суперпластифікатора сульфонафтальінформальдегідного типу Поліпласт СП-1. Для полімерцементного розчину застосовували карбамідну смолу КФМТ-50 - продукт поліконденсації карбаміду з формальдегідом і затверджувачі для неї - хлорне залізо і щавлеву кислоту. В якості наповнювача використовували золу-винесення Сєвєродонецької ТЕЦ. Вплив надлишкового електричного заряду на міцність цементного і полімерцементного розчину досліджували за оригінальною методикою шляхом випробування зразків-балочок 160×40×40 мм на вигин при одночасному впливі на них різниці постійного електричного потенціалу.

Вплив різниці постійних електричного потенціалу й струму і надлишкового заряду на кам'яну кладку досліджували за оригінальною методикою на моде-

лях - фрагментах кладки висотою 8, шириною 2-3, товщиною 1 ряд з цегли керамічної одинарної, укладених і оштукатурених досліджуваним розчином, з нижнім рядом, зануреним у дрібнозернистий пісок, який постійно підтримується у зволоженому стані. В кладку закладають електроди з нержавіючої сталі товщиною 2 мм. Напругу на електроди подавали таким чином, щоб змодельовати протікання струмів витоку через кладку і штукатурку в режимі руху електричного рухомого складу (пульсуючу). Вимірювання на поверхні проводили за допомогою електрода з губки, змоченої насиченим розчином мідного купоросу. Вплив різниці електричних потенціалів та надлишкових зарядів на кладку оцінювали за зміною сили струму, що протікає по вимірювальному ланцюгу протягом тривалого часу при постійній (пульсуючій) напрузі, а також за результатами візуального огляду на предмет виявлення усадочних тріщин. Фіксацію сили струму проводили протягом тривалого часу за допомогою цифрового мультиметра (Sanwa PC500, Японія), ПК і ПЗ PC Link. Результати обробляли і будували графіки за допомогою електронних таблиць MS Excel.

Склад продуктів гідратації цементного і полімерцементного розчину до і після електричних впливів досліджували фізико-хімічними методами рентгенофазового аналізу та інфрачервоної спектроскопії, світлової та сканувальної електронної мікроскопії.

Вплив надлишкових електричних зарядів місцевості на значних територіях на утворення тріщин у стінах будівель, у т. ч. встановлення зон з такими зарядами, оцінювали, зіставляючи дані з глобальної мережі Internet про такі будівлі з картографічними матеріалами, звертаючи увагу на розташування річок і водойм, електрифікованих залізничних ліній, інших об'єктів, які, імовірно, впливають на утворення зон надлишкових зарядів.

У третьому розділі наведено результати теоретичних досліджень природи виникнення надлишкових електричних зарядів на конструкціях будівель і споруд, механізму їх руйнівної дії, обґрунтування способів захисту кам'яної кладки від електрокорозії і цього впливу, а також складу полімерцементного розчину для захисту будівель і споруд від них. Розроблено більш досконалу схему протікання струмів витоку через конструкції будівель і споруд (рис. 1), в якій у сиру і дощову погоду струм протікає не тільки через фундаменти, але і по конструкціях стін і перекриттів і далі через точки заземлення по заземлювальних шинах. При цьому відбувається інтенсивне вилуговування розчину кладки і бетону (електрокорозія), а також їх поляризація (накопичення зарядів), що призводить до тріщиноутворення.

Надлишкові електричні заряди обумовлені електричними полями і зарядами антропогенного (від струмів витоку тощо) і природного походження. Надлишковий електричний заряд місцевості - це заряд, величина якого значно більша заряду, відповідного середній (рівноважній) напруженості природного електричного поля біля поверхні Землі.

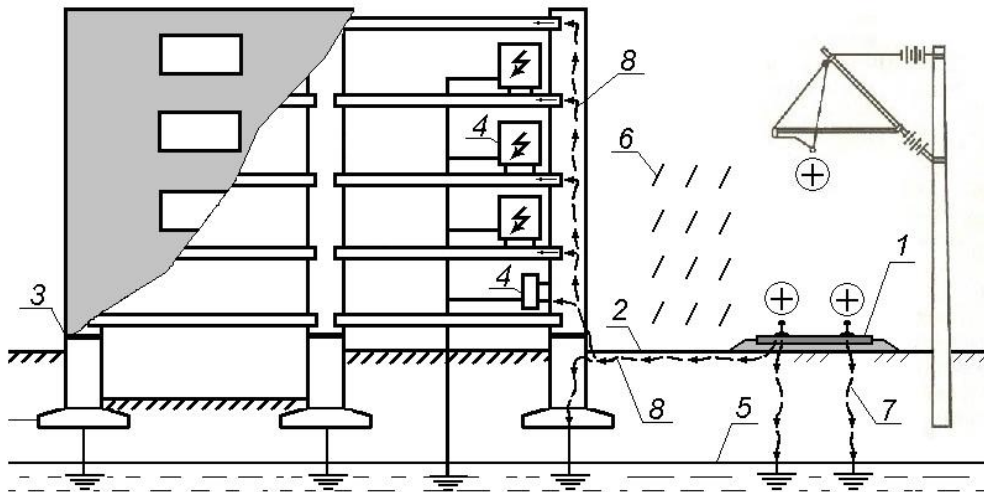


Рис. 1. Схема струмів витоку з рейкової колії, електрифікованої постійним струмом, через конструкції будівлі: 1 – рейкова колія; 2 – водонепроникна покриття перону, тротуарів тощо; 3 – горизонтальна гідроізоляція; 4 – заземлене електроустаткування; 5 – рівень ґрунтових вод; 6 – атмосферні опади; 7 – струм витоку, переважаючий у суху погоду; 8 – струм витоку, переважаючий у дощову погоду (або при відсутності ґрунтових вод)

Природний заряд обумовлений термодифузією електронів від ядра через мантію до земної кори. На кордоні мантії і нижньої частини кори в результаті їх взаємодії з водою утворюється надлишок гідроксильних іонів OH^- , які потім дифундують до поверхні, беруть участь у формуванні подвійних електричних шарів на частинках ґрунтів (протиіонами є головним чином, K^+ і Na^+ , а в конструкціях з бетону, кам'яної кладки - Ca^{2+}), обумовлюючи негативний електричний заряд поверхні Землі. Неоднорідність земної кори по електропровідності, дифузійній проникності обумовлює нерівномірність розподілу цього заряду по поверхні і, відповідно, зони надлишкових зарядів на ній. Надлишковий заряд утворюється також у локальних зонах внаслідок електрокінетичних явищ - перенесення атмосферними водами катіонів ґрунтів з підвищених місць до узбережжя водотоків, водойм, обумовлюючи, відповідно, розподіл зарядів і існування електричних полів між високими ділянками і узбережжями. Надлишкові заряди з місцевості поширюються на конструкції будівель з кам'яної кладки і бетону при їх зволоженому або водонасиченому стані. При цьому їх величина на окремих конструкціях може істотно відрізнятись.

Виходячи з припущення, що надлишкові електричні заряди є однією з причин утворення тріщин у конструкціях будівель, особливо при відсутності інших явних причин, були вивчені численні дані з глобальної мережі Internet про будівлі з тріщинами в населених пунктах на великих територіях Євразії. В результаті зіставлення цих даних з картографічними матеріалами було визначено, що найбільша кількість даних про такі будівлі належить до населених пунктів, розташованих: всередині контурів електрифікованих залізничних колій (поперечними розмірами десятки кілометрів), особливо повністю замкнених і особливо поблизу великих річок; уздовж протяжних електрифікованих залізниць (Транссибірської, частково електрифікованої БАМ, Ланьчжоу-Синьцзянської і ін.); вздовж пролягаючої також в широтному напрямку геогра-

фічної лінії, що з'єднує найбільш активні космодроми та стартові майданчики Євразії (Капустин Яр - Байконур - Цзюцюань - Тайюань). Це дає змогу пов'язати з перерахованими факторами наявність зон і досить великих територій з надлишковими зарядами.

Виходячи з цього припущено, що зазначені раніше тріщини і пошкодження обумовлені розташуванням будівель у зонах надлишкових електричних зарядів антропогенного (від струмів витоку тощо) і природного походження, які накопичуються на конструкціях будівель. Істотною причиною утворення тріщин у будинках, у т. ч. новобудов, є накопичення на їх конструкціях значних надлишкових зарядів і їх розподіл, який приводить до утворення великих дипольних моментів (рис. 2).

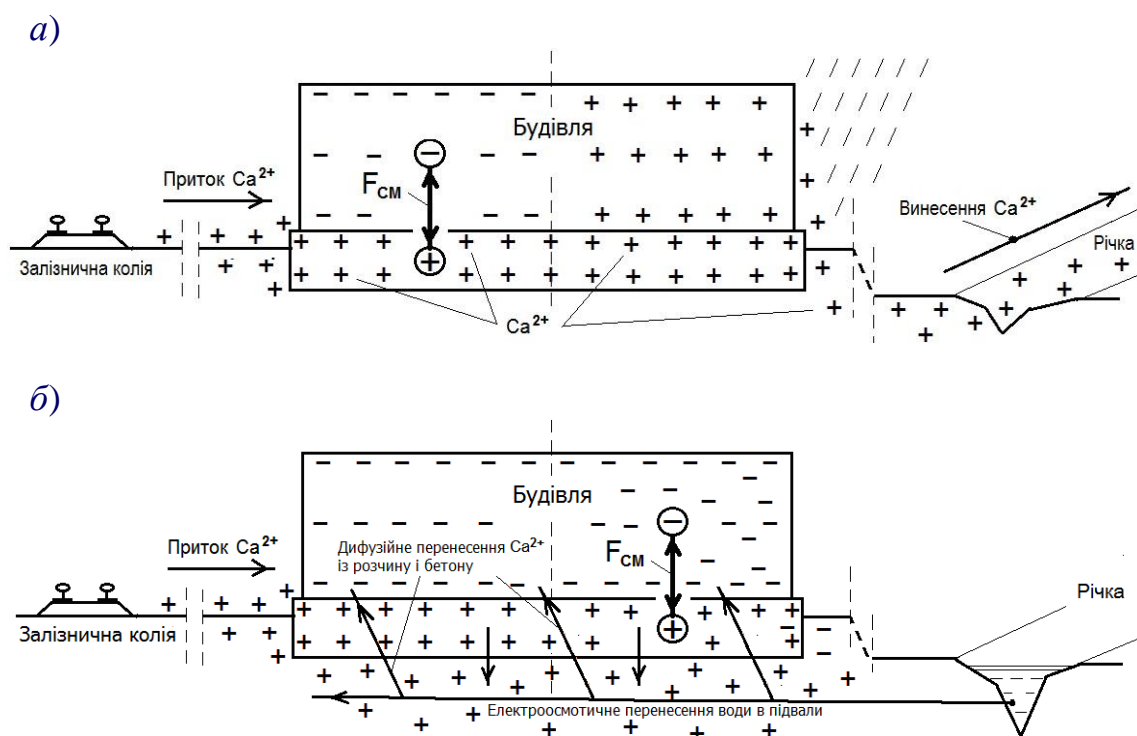


Рис. 2. Схема утворення надлишкових електричних зарядів на конструкціях будівлі від перенесення катіонів Ca^{2+} в результаті струмів витоку, атмосферних опадів і прилеглих водотоків: а – розподіл зарядів по висоті будівлі і виникнення електричних сил $F_{см}$, які складаються з навантаженнями і приводять до пошкоджень простінків нижніх поверхів; б – електроосмотичне перенесення води із водойм в підвальне приміщення. «+» – заряд, обумовлений надлишком катіонів Ca^{2+} в розчині і бетоні конструкцій; «-» – заряд, обумовлений нестачею катіонів Ca^{2+} в результаті їх винесення

В результаті в зоні максимальних надлишкових негативних зарядів виникають максимальні сили відштовхування між частинками гідросилікатного гелю цементного каменю, що призводять до утворення вертикальних тріщин. Сприяють утворенню таких тріщин напруги і деформації (від сил відштовхування в гідросилікатному гелі) конструкцій перекриттів, які горизонтально передаються на стіни будівлі. Часто трапляється зминання (розтріскування) простінків нижніх поверхів, яке пояснюється складанням навантажень від ваги

конструкцій і електричних сил, викликаними розподілом зарядів по висоті будівлі за рахунок поляризації (рис. 2, а). Зазначені випадки обводнення підвалів при досить низькому рівні ґрунтових вод пояснюються електроосмотичним перенесенням води з ґрунту і/або найближчої водоюми (рис. 2, б). Наведені механізми і схеми дають можливість пояснити пошкодження у вигляді тріщин, обводнення підвалів у 5 будівлях, одна з яких впала, житлового комплексу Бесоба в м. Караганди (Казахстан), зведеного в 2012 р., і багато інших подібних випадків, традиційні пояснення яких не є переконливими.

Очевидно, що в таких умовах експлуатації використовувані матеріали, в т.ч. кладкові, штукатурні розчини, не є стійкими і не забезпечують необхідні надійність і довговічність конструкцій будівель і споруд. Для захисту будівель і запобігання пошкоджень запропоновано застосовувати полімерцементний штукатурний розчин з підвищеним електричним опором на основі карбамідної смоли, затвердженої хлорним залізом, з добавками суперпластифікатора і золи-винесення ТЕЦ. Хлорне залізо, крім затвердження смоли, забезпечить збільшення кількості позитивно заряджених кристалогідратів у продуктах гідратації портландцементу і модифікацію заповнювача - перезарядку його поверхні тривалентними катіонами Fe^{3+} , які зв'яжуть надлишкові негативні заряди і перешкоджають їх поширенню по конструкції, а також сприятимуть збільшенню загальної кількості електрогетерогенних контактів у структурі полімерцементного розчину. Добавка суперпластифікатора дасть можливість значно знизити кількість води. Особливістю золи-винесення є внутрішня субмікроструктура її частинок з високою питомою поверхнею капілярів у вигляді заповнення більших частинок золи більш дрібними, які здатні зв'язувати надлишкові заряди всередині великих часток, забезпечуючи виникнення гігантського дипольного моменту великих частинок і збільшення їх поляризування, а отже, і полімерцементного каменю і розчину. Як відомо, саме поляризація є найважливішою складовою електричного опору цементного каменю і перешкоджає переміщенню надлишкового заряду по ньому, тому введення золи-винесення сприятиме підвищенню електрокорозійної стійкості і захисних властивостей полімерцементного розчину.

У четвертому розділі представлені результати експериментальних досліджень впливу надлишкових електричних зарядів, створюваних різницею потенціалів, на фізико-механічні, електрофізичні та інші властивості цементно-піщаного розчину (ЦР) і розробленого полімерцементного розчину (ПЦР), що зумовлюють їх стійкість і захисні властивості.

Вплив постійного електричного струму, потенціалу і відповідного надлишкового заряду на міцність ЦР визначали випробуванням зразків на вигин, прикладаючи до них різницю потенціалів (рис. 3): «+» - до верхньої стиснутої грані, «-» - до нижньої розтягнутої. За результатами випробувань визначали зниження міцності у відсотках від електричного впливу в порівнянні з контрольними зразками, випробуваними без такого впливу (рис. 3, в). У результаті досліджень встановлено, що додавання електричного потенціалу призводить до зниження міцності ЦР, залежно від величини потенціалу, при цьому для ЦР з більшою вихідною міцністю (до 80 МПа) таке зниження більш істотне, ніж для розчинів з меншою міцністю (до 20 МПа). Це узгоджується з даними О.А. Забіяки, який в аналогічному експерименті

для ЦР з вихідною міцністю 30 МПа отримав зниження міцності, а для 6-8 МПа відсутність впливу і навіть деяке підвищення міцності.

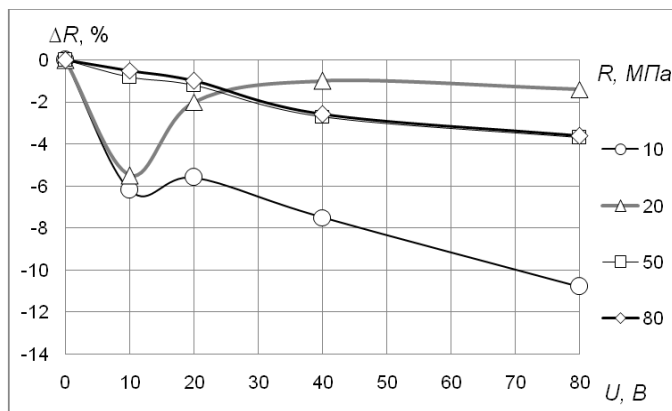
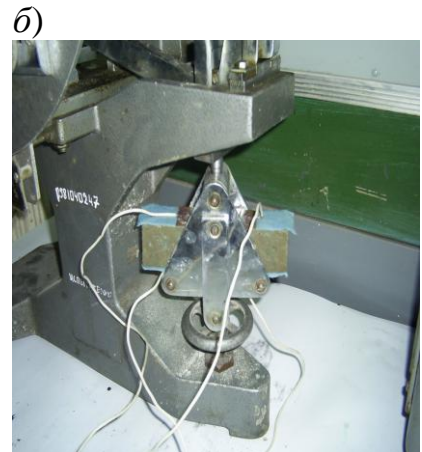
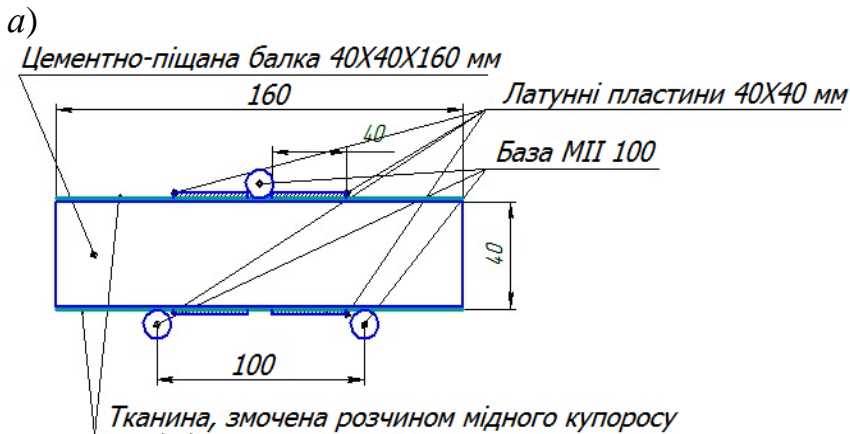


Рис. 3. Дослідження впливу електричного потенціалу на міцність цементно-піщаного розчину: а – схема випробування; б – загальний вигляд лабораторного устаткування; в – залежність зниження міцності ΔR від величини прикладеної різниці потенціалів U для розчинів з початковою міцністю R

Виконані експериментальні дослідження впливу складу на міцність і питомий електричний опір ЦР і ПЦР на карбамідній смолі КФМТ-50 з вмістом хлорного заліза $FeCl_3$ до 10 % від маси смоли. Дослідження показали, що навіть у початковий період твердіння електроопір ПЦР перевищує електроопір ЦР.

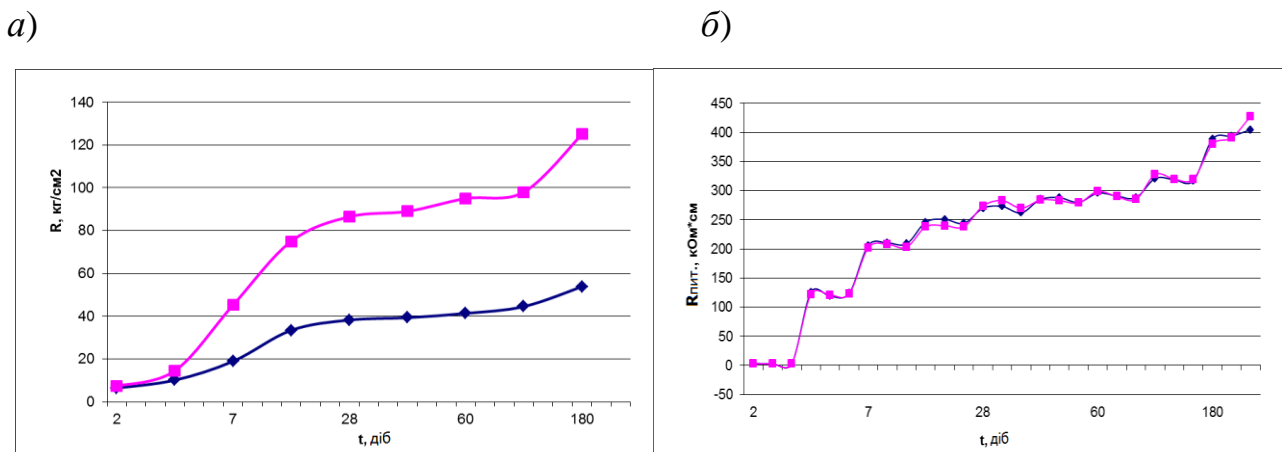


Рис. 4. Кінетика зміни властивостей полімерцементного розчину з 2 % $FeCl_3$: а – міцність при згині (—◇—) і стисканні (—□—); б – зміна питомого електричного опору при вимірюванні на постійному (—◇—) і змінному (—□—) струмі

Встановлено, що міцність і електроопір ПЦР зростають зі збільшенням вмісту $FeCl_3$ від 0 до 2 %. Подальше збільшення його вмісту не приводить до їх підвищення, тому для подальших досліджень обраний склад з оптимальним

вмістом $FeCl_3$ 2 %. Відсутність зниження електроопору зі збільшенням вмісту $FeCl_3$ до 10 % свідчить про його повне зв'язування з продуктами гідратації. Кінетику набору міцності і зміни електроопору ПЦР з 2 % $FeCl_3$ подано на рис. 4.

Дослідили експлуатаційні властивості ПЦР у порівнянні з ЦР - аналогом: набухання і усадку, адгезію, деформативність, тріщиностійкість, морозостійкість, водостійкість, показники електроопору. Встановлено, що усадка ПЦР у перші 3 доби твердіння інтенсивніша за усадку ЦР, потім сповільнюється і після 14 діб не спостерігається. Адгезія ПЦР незалежно від жорсткості поверхні і умов твердіння вища, ніж у ЦР, до 2,2 раз залежно від терміну твердіння. Деформативність ПЦР і ЦР практично однакові. Морозостійкість ПЦР значно перевищує морозостійкість ЦР. Тріщиностійкість досліджували на моделях-фрагментах оштукатуреної кам'яної кладки в умовах впливу надлишкових електричних зарядів, створюваних прикладеною до кладки пульсуючою напругою 40 В (рис. 5). Встановлено, що тріщиностійкість кладки з кладковим і штукатурним ПЦР вища тріщиностійкості кладки з ЦР. Після 3,5 тис. циклів впливу на штукатурці ЦР спостерігаються обводнені тріщини (рис. 5, а), на ПЦР - не спостерігаються (рис. 5, б). На рис. 6,7 наведені результати зміни електричних характеристик кладки в результаті зазначеного впливу. З рис. 6, 7 видно, що сила струму і напруга на електроді посередині висоти кладки ПЦР значно нижча сили струму і напруги в кладці на ЦР, що свідчить про її більший у кілька разів електричний опір. Це підтверджує здатність ПЦР поляризуватися за рахунок гігантської низькочастотної діелектричної проникності, нейтралізувати виникаючі надлишкові заряди по висоті кладки, тобто забезпечувати значно більший захист від електророзорозії та поширення надлишкових електричних зарядів.

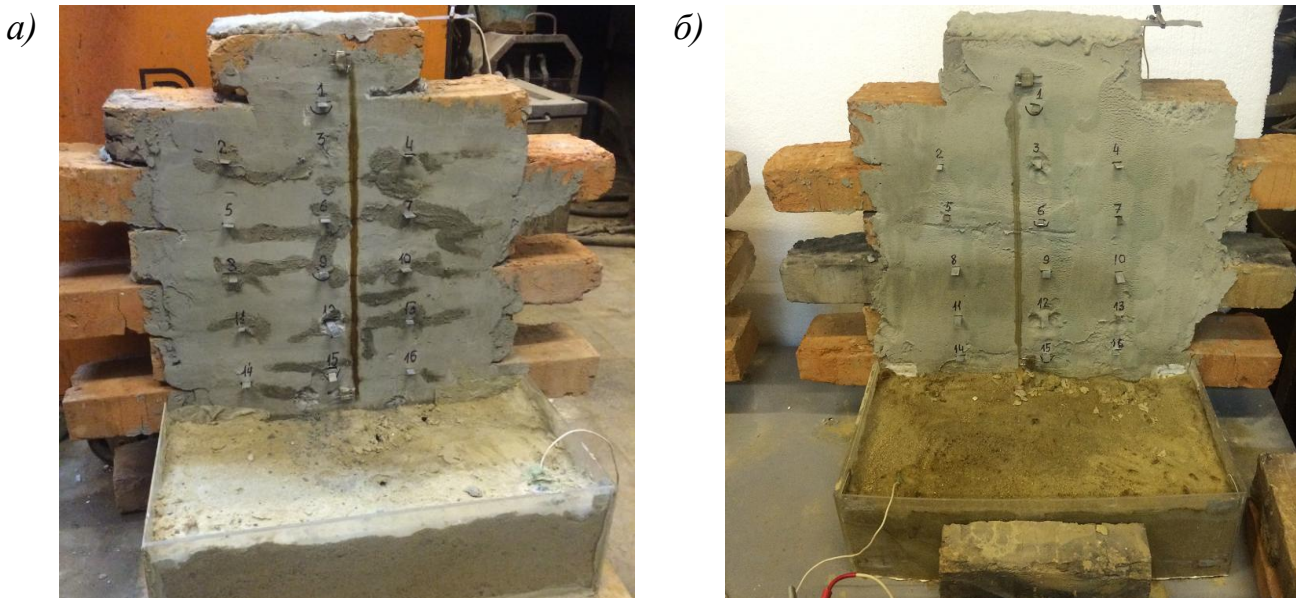


Рис. 5. Моделі – фрагменти оштукатуреної кам'яної кладки з кладковим і штукатурним розчинами: а – цементно-піщаним; б – полімерцементним

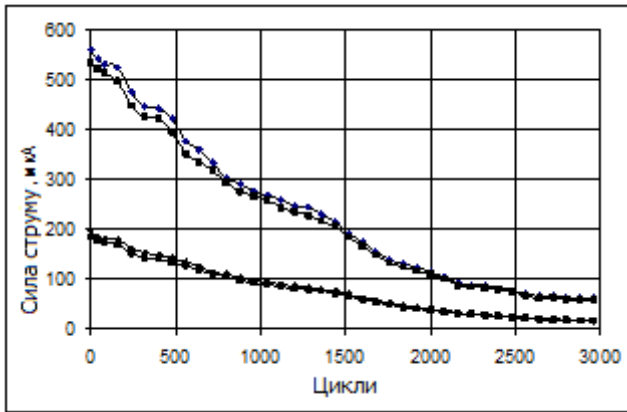


Рис. 6. Зміна сили струму через кладку в часі на початку (—◆—) і в кінці (—■—) циклу; верхні графіки – ЦР; нижні графіки – ПЦР

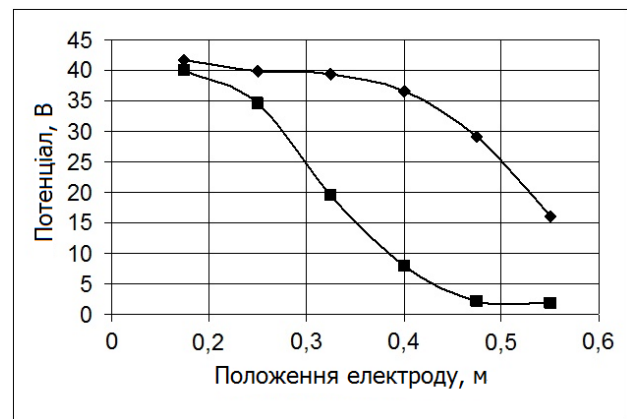


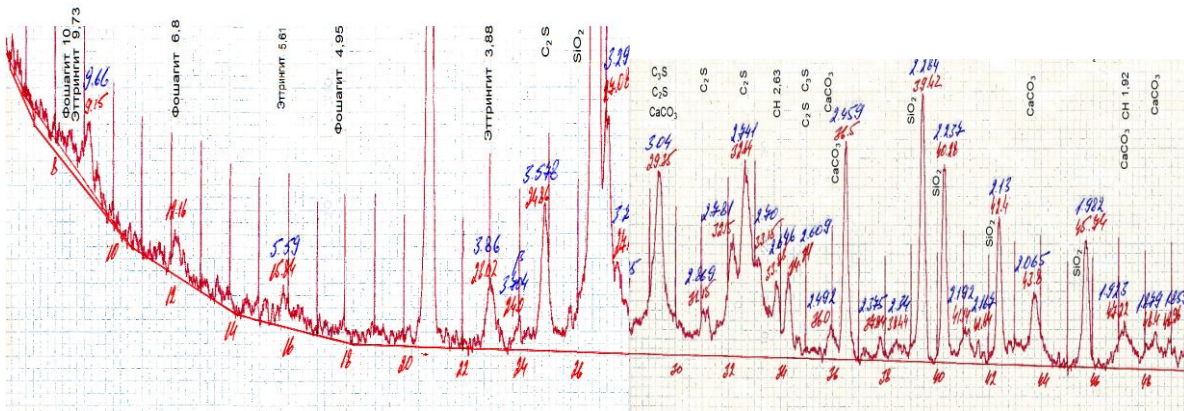
Рис. 7. Залежність потенціалу на електроді від його положення по висоті кладки (відстані від низу кладки до електроду) через 3 тис. циклів: ЦР (—◆—); ПЦР (—■—)

Зниження негативного впливу надмірних негативних зарядів у ПЦР може забезпечити додаткову кількість кристалогідратів з позитивним поверхневим зарядом. Утворення такого кристалогідрату - гідросульффериту кальцію ГСФК $3CaO \times Fe_2O_3 \times 3CaSO_4 \times 31H_2O$ має забезпечити зола-винесення, в якій міститься 5-17 % оксиду заліза Fe_2O_3 . Введений до складу розчину $FeCl_3$, володіючи високою розчинністю 969 г/л, забезпечить добудову кристалічної решітки на поверхні ГСФК і виникнення дуже високого електроповерхневого потенціалу в одиниці вольт (до 1,77 В за величиною електроповерхневого потенціалу заліза). Слід також очікувати утворення в складі продуктів гідратації ПЦР хлорвмісних кристалогідратів, зокрема, гідрохлоралюмінату кальцію ГХАК $3CaO \times Al_2O_3 \times CaCl_2 \times 10H_2O$ і гідрооксихлориду кальцію ГОХК $3Ca(OH)_2 \times CaCl_2 \times 12H_2O$. В умовах високої концентрації в розчині іонів Fe^{3+} і Cl^- ГСФК набувають високого за абсолютною величиною позитивного поверхневого заряду і електроповерхневого потенціалу, а ГХАК і ГОХК - негативних. Перевірку цих припущень виконали за допомогою рентгенофазового аналізу цементного каменю без наповнювача та з золою-винесення.

Аналіз рентгенограм ЦР і ПЦР, відібраних із моделей рис. 5 після 3,5 тис. циклів електричного впливу, (рис. 8) показує, що в цементному камені ЦР без золи-винесення і ПЦР із золою-винесення є дифракційні максимуми, характерні для продуктів гідратації портландцементу: портландита $Ca(OH)_2$ (0,49; 0,26; 0,19 нм), низькоосновних гідросилікатів кальцію – гіроліту $2CaO \times 3SiO_2 \times 2H_2O$ (0,98; 0,43; 0,39; 0,33; 0,29; 0,19 нм), фошагіту $5CaO \times 3SiO_2 \times 3H_2O$ (0,33; 0,29; 0,25; 0,23; 0,2; 0,18 нм), високоосновних гідросилікатів кальцію ВОГСК (0,98; 0,3; 0,21; 0,18 нм), кальциту $CaCO_3$ (0,3; 0,25; 0,23; 0,21; 0,19; 0,19 нм), а також непрогідратованих клінкерних мінералів C_3S і $\beta-C_2S$ (0,3; 0,28; 0,27; 0,26; 0,22 нм). Однак найбільш інтенсивний максимум еtringіту 0,98 нм в ПЦР не відмічений. Відмічені максимуми, які відсутні в ЦР, зокрема: 0,9; 0,56; 0,45 нм, які відповідають 12-водному гідросульффериту кальцію (моносольфату) $3CaO \times Fe_2O_3 \times CaSO_4 \times 12H_2O$. Таким чином, рентгенофазовий аналіз підтвердив припущення,

що застосування отверджувача $FeCl_3$ в поєднанні з добавкою золи-винесення надає розробленому ПЦР високі захисні властивості від електрокорозії і впливу надлишкових електричних зарядів.

а)



б)

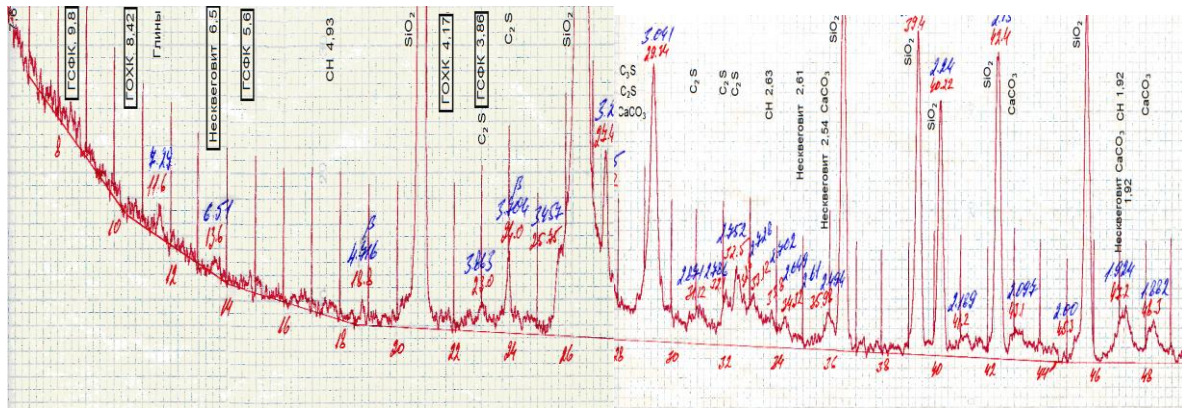


Рис. 8. Рентгенограми ЦР (а) і ПЦР (б)

У п'ятому розділі наведено результати розроблення і впровадження комплексу заходів щодо захисту і відновлення конструкцій будівель і споруд, що експлуатуються в умовах обводнення і впливу струмів витоку від рейкових колій, а також створюваних ними надлишкових зарядів. У складі цих заходів розроблено та впроваджено склад полімерцементного розчину для захисту і ремонту конструкцій з кам'яної кладки будівель і споруд залізничного транспорту. У співавторстві розроблено також інші захисні і ремонтні композиційні матеріали на основі портландцементу з добавками, що модифікують.

Результати досліджень знайшли відображення в 6 рекомендаційних документах Укрзалізниці. Один з них (Рекомендації щодо виявлення зон надлишкового електричного заряду, створюваного струмами витоку з рейкової колії, і захист від руйнування високих пасажирських платформ в цих зонах // Південна залізниця. Служба будівельно-монтажних робіт і цивільних споруд, 2015.) складається з двох частин, призначених: 1) для високих пасажирських платформ; 2) для будівель і споруд у зоні надлишкових електричних зарядів. У першій частині містяться рекомендації щодо захисту бетонних і залізобетонних конструкцій високих пасажирських платформ на прикладі з. п. Водяне Південної залізниці. Запропоновано три способи захисту і ремонту бетонних опор: за

допомогою металоін'єкційної напівобойми; за допомогою розробленого полімерцементного розчину; за допомогою цегляної кладки, покладеної і заштукатуреної полімерцементним розчином. У другій частині для захисту і ремонту конструкцій будівель з кам'яної кладки запропоновано: оштукатурювання стін розробленим полімерцементним розчином; силова заробка тріщин за допомогою армокам'яних швів з високоміцного арматурного дроту або арматурних стержнів і епоксидного компаунду; суцільні армокам'яні пояси по периметру будівлі; нагнітання в ґрунт через перфоровані труби насиченого розчину $Ca(OH)_2$, модифікованої силікатної композиції або суперпластифікованої цементно-водної суспензії (СПЦВС). При посиленні фундаментів за допомогою виносних паль запропоновано встановлювати в тіло палі сталеву трубу з перфорацією в нижній частині і нагнітати через неї в ґрунт насичений розчин $Ca(OH)_2$ (рис. 9).

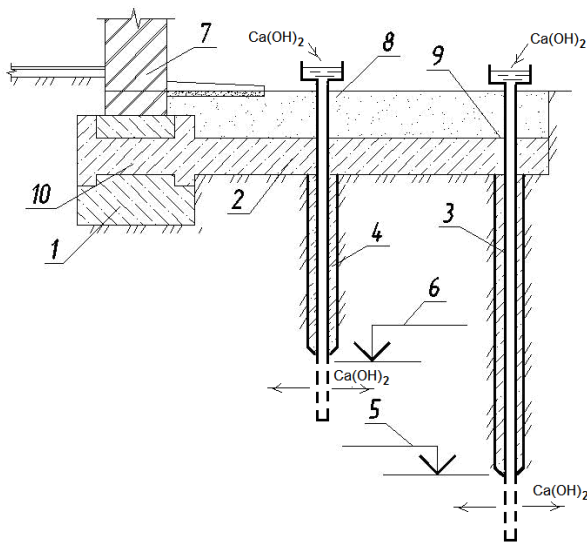


Рис. 9. Нагнітання в ґрунт насиченого розчину $Ca(OH)_2$ через бурин'єкційні палі: 1 – фундамент; 2 – монолітна залізобетонна балка; 3, 4 – буронабивні палі; 5, 6 – відмітка низу палі; 7 – стіна; 8 – зворотна засипка; 10 – закладення балки у фундамент

Результати досліджень впроваджені при обстеженні технічного стану і розробленні конструктивно-технологічних рішень з відновлення експлуатаційних властивостей і захисту від корозії будівель станційних комплексів Південної залізниці (ст. Кислівка, Кагамлицька, Череднички). Економічний ефект, часткова участь автора в якому становить 783 тис. грн, досягнуто за рахунок застосування нових ремонтних матеріалів, конструктивних і технологічних рішень, які виключають великі трудовитрати, використання важкої техніки і зупинки руху.

Результати досліджень використовуються в навчальному процесі УкрДУЗТ при підготовці магістрів спеціалізації «Реконструкція та утримання будівель залізничного транспорту» спеціальності «Промислове і цивільне будівництво» і спеціалізації «Технічна експлуатація штучних споруд залізниці» спеціальності «Залізничні споруди та колійне господарство».

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Виконано критичний аналіз літературних даних, результатів натурних обстежень, що стосуються впливу постійного струму витoku, електричних полів і зарядів на цементний камінь, розчин, бетон кам'яних, бетонних, залізобетонних конструкцій. Узагальнено види пошкоджень, утворенню яких навіть при непорушеному фундаменті сприяють надмірні електричні заряди.

2. Поглиблено теоретичні уявлення про природу виникнення надлишкових електричних зарядів на конструкціях будівель і споруд від струмів витоку і блукаючих струмів, електричних полів і зарядів природного і антропогенного походження, про їх вплив на утворення тріщин у кам'яній кладці і відповідні пошкодження будівель, зокрема:

- в співавторстві розроблена більш досконала схема протікання струмів витоку через конструкції будівель і споруд;

- показано, що накопичення на конструкціях будівель надлишкових електричних зарядів від струмів витоку, електричних полів і зарядів природного та антропогенного походження може обумовлювати: розподіл зарядів і утворення великих дипольних моментів по висоті будівель; у зонах надлишкових негативних зарядів сприяти утворенню тріщин, ушкодженню простінків, обводненню основ і підвалів і т. п.;

3. Обґрунтовано склад полімерцементного розчину на основі карбамідної смоли для захисту будівель і споруд від електрокорозії і руйнівної дії надлишкових електричних зарядів. Як отверджувач вибрано хлорне залізо $FeCl_3$, як мінеральна добавка - зола-винесення, які забезпечують збільшення в продуктах гідратації цементу кількості позитивно заряджених кристалогідратів, здатних зв'язувати надлишкові негативні заряди і перешкоджати їх поширенню по конструкції. Зола-винесення забезпечує підвищення поляризування розчину за рахунок гігантської низькочастотної діелектричної проникності її частинок і підвищення електричного опору розчину. Розроблено склад полімерцементного розчину на основі карбамідної смоли КФМТ-50 із отверджувачем $FeCl_3$ і добавкою золи-винесення, а також технологію його приготування і захисту ним кам'яної кладки будівель і споруд.

4. Виконано експериментальні дослідження фізико-механічних, електрофізичних і захисних властивостей цементного розчину ЦР і розробленого полімерцементного розчину ПЦР під впливом надлишкових електричних зарядів, в результаті яких встановлено:

- затверднення ПЦР $FeCl_3$ і введення золи-винесення забезпечує утворення додаткової кількості кристалогідратів гідрохлоралюмінату і гідросульффериту кальцію (за результатами рентгенофазового аналізу);

- тріщиностійкість кладки з кладковим і штукатурним ПЦР в умовах впливу постійного пульсуючого електричного потенціалу 40 В вища тріщиностійкості кладки з ЦР; у кладці ПЦР сила струму значно нижча, а електроопір значно вищий, ніж в кладці ЦР, що підтверджує здатність ПЦР поляризуватися.

5. У співавторстві розроблений і введений у дію ряд рекомендаційних документів Укрзалізниці з питань ремонту та захисту будівель і споруд залізничного транспорту. Результати досліджень впроваджені при розробленні конструктивно-технологічних рішень щодо відновленню 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.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях України

1. Нестеренко, С.Г. Экспериментальные исследования изменения разности постоянных потенциалов в бетонных образцах при длительном действии пульсирующего переменного напряжения различной величины / А.А. Дудин, О.И. Янчук, С.Г. Нестеренко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА; ХОТВ АБУ, 2013. – Вип.73. – С. 510–515.

Особистий внесок: моделювання впливу струмів витоку та блукаючих струмів на бетон, цементний камінь.

2. Нестеренко, С.Г. Экспериментальная проверка технологических характеристик и электросопротивления полимерцементного раствора с карбамидной смолой / В.В. Палий, А.Н. Пшинько, А.Н. Плугин, А.А. Плугин, С.Г. Нестеренко, А.А. Конев // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2012. – Вип. 134. – С. 235–241.

Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень.

3. Нестеренко, С.Г. Влияние постоянных токов утечки на трещинообразование бетонных и железобетонных конструкций / А.Н. Плугин, Ал.А. Плугин, А.А. Конев, С.Г. Нестеренко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2012. – Вип. 130. – С. 64–71.

Особистий внесок: моделювання впливу струмів витоку і блукаючих струмів на бетон, цементний камінь і рейку.

4. Нестеренко, С.Г. Використання відходів цегли сирцю при виготовленні сухих будівельних сумішей / А.А. Плугін, С.Г. Нестеренко, А.М. Величко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2011. – Вип. 122. – С. 165-169.

Особистий внесок: розробка гіпотези щодо впливу глинистих часток на властивості розчину, виконання експериментальних досліджень.

Міжнародні публікації або в збірниках, що входять до міжнародних наукометричних баз

5. Нестеренко, С.Г. Экспериментальные исследования электроизоляционных и гидроизоляционных свойств полимерцементных растворов на основе карбамидной смолы / Ал.А. Плугин, С.Г. Нестеренко, А.А. Конев, А.В. Никитинский // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2015. – Вип. 155. – С. 129–138.

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

6. Нестеренко, С.Г. Цементні та полімерцементні дрібнозернисті бетони для прокладного шару безбаластного мостового полотна із залізобетонних плит / А.А. Плугін, С.В. Мірошніченко, О.А. Калінін, Н.М. Партала, С.Г. Нестеренко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2014. – Вип. 148. – С. 39–45.

Особистий внесок: участь у підборі складів, визначення їх міцнісних і деформативних характеристик.

7. Нестеренко, С.Г. Розроблення полімерцементного розчину оптимального складу / С.Г. Нестеренко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2013. – Вип. 138. – С. 188–192.

Публікації апробаційного характеру

8. Нестеренко, С.Г. Експериментальні дослідження електроізоляційних та гідроізоляційних властивостей полімерцементних розчинів на основі карбамідної смоли / А.М. Плугін, О.А. Плугін, С.Г. Нестеренко, О.А. Конєв // 77-а Міжнар. наук.-техн. конфер. з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – С.179.

Особистий внесок: виконання натурних та експериментальних досліджень.

9. Нестеренко, С.Г. Влияние токов утечки и избыточных зарядов Земли на трещинообразование в кирпичной кладке / А.А. Плугин, А.Н. Плугин, С.Г. Нестеренко, Ал.А. Плугин, В.В. Касьянов, Д.А. Плугин // Эффективные технологические решения в строительстве с использованием бетонов нового поколения: Матер. междунар. научно-практ. конфер., 28–29 октября 2015, Харьков. – Харьков: ХНУСА, 2015. – С.131–137.

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

10. Нестеренко, С.Г. Полімерцементні розчини для захисту конструкцій від електрокорозії // 69-а наук.-техн. конфер. ХНУБА, 18–20 лютого 2014, Харків: Тези доповідей. – Харків: ХНУБА, 2014. – С.22.

11. Нестеренко, С.Г. Цементні та полімерцементні дрібнозернисті бетони для прокладного шару безбаластного мостового полотна із залізобетонних плит / А.А. Плугін, С.В. Мірошніченко, О.А. Калінін, Н.М. Партала, С.Г. Нестеренко, В.В. Перестюк, А.В. Никитенко // Міжнар. наук.-техн. конфер. «Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті», 26–28 листопада 2014, Харків: Матеріали конференції. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – С.53–54.

Особистий внесок: участь у розробці складу, експериментальні дослідження.

Додаткові публікації

12. Нестеренко, С.Г. Исследование влияния электрического поля на прочность цементного камня / А.А. Плугин, Ал.А. Плугин, А.А. Забияка, В.В. Перестюк, С.Г. Нестеренко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2012. – Вип. 130. – С. 56-64.

Особистий внесок: виконання натурних та експериментальних досліджень.

АНОТАЦІЯ

Нестеренко С.Г. Полімерцементний розчин для захисту будівель від електрокорозії і надлишкових електричних зарядів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та виробли. – Український державний університет залізничного транспорту МОН України, Харків, 2016.

Дисертація присвячена встановленню механізму руйнівної дії надлишкових електричних зарядів від струмів витoku з електрифікованих постійним струмом залізничних колій і електричних полів і зарядів природного та антропогенного походження на кам'яну кладку будівель та споруд, а також розроб-

ленню полімерцементного розчину для їх захисту від електрокорозії та надлишкових електричних зарядів.

Поглиблено теоретичні уявлення про природу утворення надлишкових електричних зарядів на конструкціях будівель, розроблено схему протікання струмів витоку не тільки крізь фундаменти, а й конструкціями стін і перекриттів.

Обґрунтовано і розроблено склад полімерцементного розчину на основі карбамідної смоли для захисту будівель і споруд від електрокорозії і руйнівного впливу надлишкових електричних зарядів, а також технологію його приготування і захисту їм кам'яної кладки.

Розроблено та впроваджено в дію рекомендаційні документи Укрзалізниці. Результати досліджень впроваджено під час розроблення конструктивно-технологічних рішень з відновлення експлуатаційних властивостей та захисту від корозії будівель станційних комплексів Південної залізниці, а також у навчальному процесі.

Ключові слова: полімерцементний розчин, карбамідна смола, зола-винесення, струм витоку, електричний потенціал і надлишковий заряд, кам'яна кладка, будівля, електрокорозія, тріщиноутворення, захист.

АННОТАЦІЯ

Нестеренко С.Г. Полимерцементный раствор для защиты зданий от электрокоррозии и избыточных электрических зарядов. – 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, 2016.

Диссертация посвящена установлению механизма разрушающего действия избыточных электрических зарядов от токов утечки с электрифицированных постоянным током железнодорожных путей и электрических полей и зарядов природного и антропогенного происхождения на каменную кладку зданий и сооружений, а также разработке полимерцементного раствора для их защиты от электрокоррозии и избыточных электрических зарядов.

Углублены теоретические представления о природе образования избыточных электрических зарядов на конструкциях зданий, разработана более совершенная схема протекания токов утечки через них, в которой в сырую и дождливую погоду ток протекает не только через фундаменты, но и по конструкциям стен и перекрытий. Показано, что накопление избыточных электрических зарядов может обуславливать разделение зарядов и образование больших дипольных моментов по высоте зданий, а в зонах избыточных отрицательных зарядов способствовать образованию трещин, обводнению оснований и подвалов и т.п. Установлены зоны и территории с избыточными электрическими зарядами.

Обоснован и разработан состав полимерцементного раствора на основе карбамидной смолы для защиты зданий и сооружений от электрокоррозии и разрушающего воздействия избыточных электрических зарядов, а также технология его приготовления и защиты им каменной кладки. Показано, что введение в раствор $FeCl_3$ и золы-уноса обеспечивают увеличение в продуктах гидратации

цемента количества положительно заряженных кристаллогидратов гидрохлоралюмината и гидросульфогеррита кальция и повышение поляризуемости.

Разработаны и введены в действие рекомендательные документы Укрзалізничці. Результаты исследований внедрены при разработке конструктивно-технологических решений по восстановлению эксплуатационных свойств и защите от коррозии зданий станционных комплексов Южной железной дороги, а также в учебном процессе.

Ключевые слова: полимерцементный раствор, карбамидная смола, зола-уноса, ток утечки, электрический потенциал и избыточный заряд, каменная кладка, здание, электрокоррозия, трещинообразование, защита.

SUMMARY

Nesterenko S.G. Polymer-cement solution for protecting buildings from electric corrosion and excess electrical charges. - 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 establishing the mechanism of the destructive effects of excess electrical charges of leakage current from electrified by a direct current railways and electric fields and charges of natural and anthropogenic origin in masonry of buildings and development of polymer-cement solution to protect them from electric-corrosion and excess electrical charges.

The theoretical understanding of the nature of excess electric charges formation on the constructions of buildings are developed. The scheme of leaking of leakage currents through the foundations and constructions of walls and ceilings is developed. Established the zones and areas with excessive charges.

Developed and implemented the reference documents of Ukrzaliznytsia. The research results are implemented during the development of constructive and technological solutions connected with restoring the service properties and corrosion protection of station buildings of Southern railway, as well as in the educational process.

Keywords: polymer-modified mortar, urea resin, fly ash, leakage current, electric potential and excessive charges, masonry, building, electrocorrosion, cracking, protection.

Нестеренко Сергій Григорович

**ПОЛІМЕРЦЕМЕНТНИЙ РОЗЧИН
ДЛЯ ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ ВІД ЕЛЕКТРОКОРОЗІЇ
І НАДЛИШКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЗАРЯДІВ**

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеню
кандидата технічних наук

Відповідальний за випуск
Партала Н.М.

Підписано до друку 18.04.2016р.
Формат 60 x 84 1/16. Папір офсетний.
Друк на різнографі. Умовн. друк. арк. 0,9. Тираж 100 прим. Зам. № 22

Надруковано у копії-центрі «МОДЕЛІСТ»
(ФО-П Миронов М.В., Свідоцтво ВО4№022953)

м. Харків, вул. Мистецтв, 3 літер Б-1
Тел. 7-170-354

www.modelist.in.ua