

Міністерство освіти та науки України
Український державний університет залізничного транспорту

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

Касьянов Володимир Володимирович

УДК 691.55:699.822:699.887 (043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

«Електропровідні покриття на основі портландцементу для захисту
від електрокорозії і ремонту конструкцій та споруд залізниць»

05.23.05 – будівельні матеріали та вироби

19 – Архітектура та будівництво

Подається на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



 В.В. Касьянов

Науковий керівник: Пługін Андрій Аркадійович, доктор технічних наук,
професор

Харків 2018

ЗМІСТ

ВСТУП.....	24
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ЇХ ПОШКОДЖЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УРАЇНИ.....	35
1.1 Аналіз основних руйнівних впливів на конструкції будівель і споруд на залізницях України.....	35
1.2 Дослідження пошкоджених будівель та споруд на залізничних лініях, електрифікованих постійним струмом.....	46
1.2.1 Пошкодження конструкцій станційних будівель.....	46
1.2.2 Схеми протікання струмів витoku через конструкції станційних будівель.....	49
1.2.3 Пошкодження конструкцій високих пасажирських платформ....	53
1.2.4 Схеми протікання струмів витoku через конструкції високих пасажирських платформ.....	67
1.2.5 Механізм електрокорозії бетону.....	68
1.3 Захист конструкцій будівель та споруд від руйнівного впливу постійного електричного струму.....	70
1.3.1 Способи захисту від електрокорозії.....	70
1.3.2 Електродренаж.....	73
1.3.3 Катодний захист.....	76
1.3.4 Діодне заземлення.....	78
1.4 Передумови створення електропровідних композицій на основі портландцементу для захисту від електрокорозії.....	79
1.4.1 Використання бетону як електропровідного матеріалу.....	80
1.4.2 Вуглеграфітові наповнювачі.....	87
1.4.3 Механізм взаємодії розчинів на основі портландцементу з ремонтною поверхнею конструкцій.....	94
1.4.4 Деформаційні властивості розчинів на основі портландцементу	95
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 1	96
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	99
2.1. Матеріали для експериментальних досліджень	99
2.2 Методи досліджень.....	102
2.2.1 Дослідження залежності електрофізичних, фізико-механічних, гідрофізичних властивостей.....	102
2.2.2 Питомий електричний опір та питому електропровідність композицій.....	102
2.2.3 Фізико-механічні та гідрофізичні властивості.....	105
2.2.4 Зчеплення композицій з поверхнею бетону.....	106
2.2.5 Фізико-хімічні дослідження.....	107
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 2	109
РОЗДІЛ 3 РОЗВИТОК ТЕОРЕТИЧНИХ УЯВЛЕНЬ	110

ПРО ЕЛЕКТРОКОРОЗИЮ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ	
ЗАЛІЗНИЦЬ ТА ЇХ ЗАХИСТ ЗАЗЕМЛЕНИМИ ЕКРАНАМИ	
ІЗ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ КОМПОЗИЦІЙ.....	
3.1	Механізм електрокорозії залізобетонних і бетонних конструкцій пасажирських платформ..... 110
3.2	Механізм захисту залізобетонних і бетонних конструкцій пасажирських платформ від електрокорозії заземленими екранами..... 115
3.3	Обґрунтування створення електропровідних композицій проникної дії для штукатурок – заземлених екранів для захисту від електрокорозії 120
3.4	Розробка методики експериментальних досліджень ефективності заземлених екранів із електропровідних композицій..... 130
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 3..... 133	
РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	
СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ЗАХИСНИХ	
ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ КОМПОЗИЦІЙ..... 135	
4.1	Пошукові експериментальні дослідження з розробки складів електропровідних композицій..... 135
4.1.1	Опрацювання методики дослідження з вибору електропровідного наповнювача..... 135
4.1.2	Пошукові дослідження з вибору електропровідного наповнювача..... 140
4.1.3	Мікроскопічні дослідження композитів з електропровідними наповнювачами..... 150
4.1.4	Фізико-механічні та гідрофізичні властивості композиту з графітовим наповнювачем та зв'язуючим – сілікатом натрію..... 156
4.2	Експериментальні дослідження з розробки і уточнення складів електропровідної композиції на основі портландцементу та графітового наповнювача..... 159
4.2.1	Седиментаційний аналіз графітового наповнювача..... 159
4.2.2	Розробка складу портландцементної основи для електропровідної композиції з графітовим наповнювачем..... 162
4.2.3	Дослідження залежностей фізико-механічних, гідрофізичних та електрофізичних властивостей композицій на основі портландцементу з комплексною хімічною добавкою від вмісту графітового наповнювача.....
4.2.4	Фізико-хімічні дослідження електропровідної композиції на основі портландцементу з комплексною хімічною добавкою та графітовим наповнювачем..... 179
4.2.5	Уточнення складу та визначення фізико-механічних та гідрофізичних характеристик електропровідної композиції на основі портландцементу з комплексною хімічною добавкою та графітовим наповнювачем..... 188
4.3	Дослідження ефективності заземлених екранів із електропровідної композиції на основі портландцементу з комплексною хімічною до- 189

бавкою та графітовим наповнювачем.....	
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 4.....	195
РОЗДІЛ 5 ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	198
5.1 Склад електропровідної композиції на основі портландцементу з комплексною хімічною добавкою та графітовим наповнювачем для екранного захисту від електрокорозії.....	198
5.2 Технологія виробництва електропровідної композиції на основі портландцементу з комплексною хімічною добавкою та графітовим наповнювачем для екранного захисту від електрокорозії.....	198
5.3 Конструктивно-технологічне рішення екранного захисту пасажирських платформ від електрокорозії.....	202
5.4 Порядок застосування електропровідної композиції на основі портландцементу з комплексною хімічною добавкою та графітовим наповнювачем для екранного захисту від електрокорозії.....	203
5.5 Дослідно-промислове впровадження екранного захисту конструкцій пасажирських платформ від електрокорозії.....	205
5.6 Розробка рекомендацій за результатами досліджень.....	211
5.7 Техніко-економічні ефективність впровадження результатів досліджень.....	211
5.8 Використання результатів досліджень у навчальному процесі.....	212
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 5.....	213
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	215
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	218
ДОДАТОК А.....	237
ДОДАТОК Б.....	243
ДОДАТОК В.....	246
ДОДАТОК Г.....	258
ДОДАТОК Д.....	262
ДОДАТОК Є.....	269

ВСТУП

Актуальність роботи. На залізницях України експлуатується близько 20 тис. будівель і службово-технічних споруд, які обслуговуються територіальними управліннями філії «Центр будівельно-монтажних робіт та експлуатації будівель та споруд» ПАТ «Укрзалізниця». В результаті різних природних і антропогенних факторів – підвищених механічних (статичних і динамічних), а також електричних впливів, пов'язаних з рухом поїздів, в першу чергу на електричній тязі, деякі конструкції будівель і споруд прискорено зношуються. Пошкоджень зазнають головним чином бетонні, залізобетонні, кам'яні конструкції будівель та споруд, що експлуатуються поблизу електрифікованих постійним струмом залізничних колій. Електричні струми витокую 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 у разі обводненого стану бетону і розчину конструкцій, таких як опори пасажирських платформ та 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 багато з них приходять в незадовільний стан, створюють загрозу безпеці руху поїздів і пасажирів та потребують відновлення експлуатаційних властивостей [1-9]. Руйнуванню піддаються головним чином бетонні й залізобетонні штучні споруди, що експлуатуються поблизу електрифікованих ділянок залізниць [2-4]. Вплив на конструкції електричного струму в обводнених умовах, а також різних природних і антропогенних факторів стають причинами зниження міцності матеріалів, у першу чергу бетону і, як наслідок, зменшення довговічності конструкції транспортних споруд.

До основних причин, які призводять до ушкодження цементного каменю і бетону, відносять: кліматичні - зволоження та висушування, заморожування та відтавання, хімічні, біологічні, механічні, електричні впливи. Потрапляння води в пори і капіляри бетону призводить до його набухання, а, отже, висихання - до усадки і утворення мікротріщин. Замерзання води в порах бетону небезпечно збільшенням її об'єму приблизно на 10 %. Цей процес призводить до руйнування структури бетону і, отже, до збільшення інтенсивності фільтрації води через тіло конструкції, а також виносу катіонів кальцію. При цьому бетон в значній мірі втрачає свої властивості міцності та, отже, конструкції з нього стають менш довговічними [3, 8].

Крім вказаного, досвід експлуатації показує, що в умовах дії агресивних чинників атмосфери, поверхневих і підземних вод, постійного електричного струму, бетон піддається передчасному руйнуванню і зниженню довговічності. Ці фактори створюють загрозу не тільки безпечного проходження транспортних потоків, а й життя пасажирів.

Істотної шкоди завдає корозія, викликана проходженням електричного струму через бетон. Протікаючи крізь бетон, електричний струм призводить до руйнування бетонних і залізобетонних конструкцій, знижуючи їх несучу здатність і довговічність. До основних джерел виникнення блукаючих струмів можна віднести електрифіковані постійним струмом залізниці, трамваї, тролейбуси, метрополітен тощо. Ці струми здатні розтікатися на десятки кілометрів, спричиняючи сильне пошкодження бетонних конструкцій [4, 9]. Тому саме цей вплив на бетон і руйнівні процеси в ньому є найбільш небезпечними. Він значно знижує довговічність споруд з бетону та залізобетону, скорочує терміни проведення ремонтних робіт, збільшує вартість їх поточного утримання.

Відомим є і той факт, що на етапі проектування бетонних і залізобетонних штучних споруд закладалася довговічність, яка не враховувала всього комплексу агресивних впливів і руйнуючих процесів на конструкцію [5, 8].

Як зазначалося вище, відомо, що будівлі та споруди, розташовані поблизу електрифікованих постійним струмом залізниць, зазнають пошкоджень в значно більшому ступені. Але значно більше піддаються руйнуванню і пошкодженням бетонні та залізобетонні конструкції у разі поєднання постійних струмів витоку і обводнення [9]. Також встановлено, що руйнівну дію на конструкції в умовах обводнення має й змінний струм [10, 11]. Вважається, що змінний струм є особливо небезпечним для залізобетонних конструкцій. Проходячи по арматурі, він викликає процес електрокорозії. Продукти корозії арматури в обсязі значно більше вихідних розмірів арматури. Тому в конструкції вони викликають додаткові внутрішні напруження, які призводять до руйнування захисного шару бетону.

Як показують багаторічні дослідження кафедри БМКС УкрДУЗТ, струми витоку на залізничному транспорті є не просто постійними, а пульсуючими односпрямованими [3, 4, 9]. Це обумовлено їх імпульсним режимом від руху поїздів. В обводнених умовах такий струм, проходячи через конструкції, викликає електрокорозію бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкцій.

Струм витоку з рейок потрапляє на конструкції будівель, споруд, в т.ч. платформ, через шпали, баласт, ґрунт, перони між коліями. Величини струмів і їх руйнівний вплив посилюється під час дощу і сніготанення.

Як відомо, традиційними способами відновлення експлуатаційних властивостей, зокрема, втрачених перерізів, є торкретування і оштукатурювання сумішами на основі мінеральних в'язучих. Проте традиційні ремонтні цементні розчини в умовах дії струмів витоку не є ефективними, не забезпечують захисту від зазначених руйнівних факторів у подальшому, а відремонтовані за їх допомогою конструкції недовговічні. Для забезпечення їх довговічності захисний ремонтно-відновлювальний матеріал повинен відповідати високим показникам водонепроникності, морозостійкості, зносостійкості, мати високу адгезію до поверхні старого бетону. Тому дослідження, спрямовані на розроблення нових ремонтних сумішей, які б забезпечили не тільки віднов-

лення експлуатаційних властивостей конструкцій, а й відведення від них струмів витоку, є актуальними.

В УкрДУЗТ розроблені конструктивно-технологічні рішення ремонту штучних споруд електрифікованих залізниць (водопропускних труб, мостових опор, стояків пасажирських платформ) за допомогою заземлених металоін'єкційних сорочок, обойм [3]. Ці рішення полягають в улаштування на ослабленій ушкодженнями конструкції закріпленої анкерами металевої оболонки, в зазор між якою і поверхнею конструкції нагнітають суперпластифіковану цементно-водну суспензію. На ділянках, електрифікованих постійним струмом, з позитивним потенціалом на рейці, оболонку заземляють через вентиль (діод). Таке поляризоване заземлення під час подальшої експлуатації надійно захищає саму оболонку, арматуру, бетон та/або розчин кладки конструкції від струмів витоку і електрокорозії. Однак таке рішення досить дороге і доцільне для застосування у разі необхідності відновлення втраченої несучої здатності конструкції, що має значні пошкодження (корозія арматури, вивали тощо).

У разі несуттєвих поверхневих ушкоджень конструкції зазвичай ремонтують оштукатурюванням. Найбільш ефективними вважають композиції проникної дії на основі портландцементу [12]. Однак композиції проникної дії не призначені для захисту від струмів витоку і електрокорозії.

Автори [1, 13], узагальнивши численні джерела [14-24] і виконавши відповідні дослідження, розробили оригінальні полімерцементні склади для ремонту штучних споруд залізниць. При цьому в [1] детально досліджується і підвищується електричний опір зазначених полімерцементних складів з метою захисту від електрокорозії.

Іншим напрямком розробки ефективних ремонтних штукатурних складів для штучних споруд залізниць може стати їх застосування в складі поляризованого заземлення [3]. В цьому випадку важливою якістю для ремонтного складу має бути низький електроопір. Ця якість забезпечить захист від струмів витоку шляхом їх відведення через заземлювач. Як показав критич-

ний аналіз літературних джерел, усього комплексу вимог до відновних складів кращим чином підходять струмопровідні покриття з графітовим наповнювачем, а також склади з вмістом різних порошків металів та ін. струмопровідні композиції які складаються, як правило, з в'язучого, наповненого тонкодисперсним графітом або іншими компонентами, які характеризуються високою питомою електропровідністю.

Для умов України доцільно звернути увагу на графітові порошки, які в країні виробляються, є недорогими та нетоксичними. В основному вони застосовуються в радіоелектроніці, транспортній промисловості, для виробництва лакофарбових виробів тощо.

З попередніх досліджень і розроблених рецептур струмопровідних композицій видно, що вони за своїми фізико-механічними показниками не поступаються іншим видам захисних покриттів, а в деяких показниках перевершують. Однак, вищевказані дослідження не повною мірою висвітлюють питання захисту, ремонту та відновлення будівель і споруд в умовах дії струмів витоку і обводнення на залізничному транспорті.

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 корозійностійких композиційних сілікатних матеріалів з підвищеними гідрофізичними характеристиками» (ДР № 0115U000279) [25], «Теоретичні та експериментальні дослідження впливу електрокорозійного и напружено-деформованого стану залізничних споруд колії та їх надійність і безпеку руху» (ДР № 0113U001031) [26], а також госпдоговірних НДР, що виконувалися відповідно до планів НДДКР Укрзалізниці «Проведення досліджень сумісності існуючих лакофарбових матеріалів із сучасними антикорозійними системами та розробка рекомендацій із збільшення міжремонтних термінів фарбування мостів» (ДР № 0112U006926) [27]; «Проведення досліджень і розробка рекомендацій із за-

хисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць» (УкрДУЗТ №60/2-2011) [28].

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

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 та комплексної хімічної добавки для ремонту та екранного захисту від електрокорозії конструкцій та споруд залізниць;
- експериментальні дослідження впливу електропровідних наповнювачів на електрофізичні та фізико-механічні властивості затверділих складів проникної дії на основі портландцементу та комплексної хімічної добавки, розробка складів;
- фізико-хімічні дослідження впливу електропровідних наповнювачів на фазовий склад і структуру каменю портландцементу з комплексною хімічною добавкою;
- розробка, дослідження і досвідне впровадження електропровідного складу проникної дії на основі портландцементу та комплексної хімічної добавки для ремонту та екранного захисту бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд залізниць.

Об'єкт дослідження – електропровідні склади 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 на-

повнювача 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.

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 комплексної хімічної 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 у разі його заземлення дренує струми витоку, виконуючи функції екранного захисту конструкції.

Методи дослідження. При обстеженні стану будівель і споруд поблизу електрифікованих постійним струмом залізничних колій струми витоку з рейок через обводнені бетонні, залізобетонні та кам'яні конструкції оцінювали за результатами вимірювань електричних потенціалів відповідно до розроблених на кафедрі БМКС УкрДУЗТ за участю автора оригінальними методами, схемами вимірювань за допомогою оригінальних датчиків (мідно-сульфатних електродів), цифрових мультиметрів.

Залежності фізико-механічних і електрофізичних властивостей розроблених складів від змісту комплексної хімічної добавки і електропровідного наповнювача визначали прямим експериментом, варіюючи зміст добавки і наповнювача і визначаючи для кожного складу ці властивості.

Фізико-механічні властивості досліджуваних складів – міцність на стиск, густину, водопоглинання, коефіцієнт розм'якшення (водостійкість) визначали стандартними методами на зразках-призмах розміром $40 \times 10 \times 10$ і $160 \times 40 \times 40$ мм. Адгезію (зчеплення) складів до поверхні бетону визначали випробуванням на відрив. Склад продуктів гідратації цементу з комплексної

хімічної добавкою і електропровідним наповнювачем досліджували методами рентгенофазового аналізу та інфрачервоної спектроскопії. Електрофізичні характеристики покриттів і їх ефективність (спосібність знижувати струми, що протікають крізь конструкцію) досліджували за допомогою оригінальних авторських методик і лабораторних установок.

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, в межах яких досягаються найкращі показники електропровідності та технологічності.
- запропонований новий показник ефективності екранного захисту електропровідною композицією від електрокорозії (відношення сили струму крізь конструкцію із захисним екраном до сили струму крізь незахищену конструкцію) залежить від відсотку площі контакту металевого заземлення з покриттям електропровідною композицією.

Набуло подальшого розвитку:

- схеми протікання струмів витоку з рейок залізничної колії крізь незахищені та захищені електропровідними екранами конструкції споруд, механізм руйнування бетонних, залізобетонних та кам'яних конструкцій від впливу постійного пульсуючого електричного поля;
- уявлення про структуроутворення графітонаповнених композицій проникної дії та формування контактної зони «бетонна поверхня – покриття із композиції», згідно яким комплексна хімічна добавка композиції забезпечує ущільнення і підвищення електричного опору поверхневого шару бетону конс-

трукції, а електропровідний наповнювач – електропровідність покриття, яке у разі його заземлення дренує струми витоку, виконуючи функції екранного захисту конструкції.

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

Обґрунтованість результатів досліджень забезпечена застосуванням в теоретичних дослідженнях фундаментальних положень і закономірностей фізичної та колоїдної хімії, фізико-хімічної механіки дисперсних систем і матеріалів.

Практичне значення одержаних результатів. 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. (додаток Д).

Розроблено інструктивні документи «Укрзалізниці»: «Рекомендації із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць» [29], «Рекомендації з усунення тріщин у стінах будівель станційних комплексів» [30], «Рекомендації із виявлення зон надлиш-

кового заряду, створюваного струмами витоку з рейкових колій, та захисту від руйнування високих пасажирських платформ у цих зонах» [31] (Додаток Г).

Результати досліджень застосовані у навчальному процесі УкрДУЗТ під час підготування спеціалістів і магістрів за спеціалізаціями «Технічна експлуатація споруд залізничного транспорту» (спеціальність «Залізничні споруди та колійне господарство»), «Утримання та реконструкція будівель залізничного транспорту» (спеціальність «Промислове та цивільне будівництво»), а також спеціалізацій «Будівництво та експлуатація інженерних споруд залізничного транспорту» і «Промислове та цивільне будівництво» спеціальності нової номенклатури 192 «Будівництво та цивільна інженерія»: у лекційних курсах, циклах лабораторних і практичних занять з дисциплін «Захист будівельних конструкцій від корозії» і «Відновлення експлуатаційних властивостей і захист будівель та споруд», у дипломному проектуванні.

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 5–6 Міжнародних науково-технічних конференціях «Проблеми надійності і довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» Трансбуд (Харків, 2015, 2017); Міжнародній науково-технічній конференції «Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті» (Харків, 2014), 69-й науково-технічній конференції Харківського національного університету будівництва та архітектури (Хар-

ків, 2014); Міжнародній науково-практичній конференції «Ефективні техно-логічні рішення в будівництві із використанням бетонів нового покоління» (Харків, 2015) [32-38]; 74–79 Міжнародних науково-технічних конференціях Українського державного університету залізничного транспорту (Харків, 2012–2017) [39-43].

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 15 наукових праць, з них 5 [44-48] статей у фахових виданнях рекомендованих МОН України, в тому числі – 3 у виданні, що входить до міжнародної науко-метричної бази; патентів на винахід – 1 [49]; 8 Праць апробаційного характеру [31–38, 50], з яких 1 – у матеріалах конференції що індексується в Scopus [50]; 1 – додаткова публікація [51].

Структура та обсяг роботи. 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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нестеренко, С.Г. Полімерцементний розчин для захисту будівель від електрокорозії і надлишкових електричних зарядів: Дис... к.т.н.: 05.23.05. – Зах. 02.06.2016. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 242 с.
2. Войлоков, И.А. Долговечность железобетонных конструкций в современном строительстве / И.А.Войлоков // Бетоны и сухие смеси. – Казань, 2007.

– Вып. 1/Б (48/Б). – С.4–5.

3. Дослідження та розробка рекомендацій із захисту та підсилення будівель та споруд станційних комплексів, що руйнуються від спільної дії електричного струму, вібрації, ґрунтових вод: Звіт з НДР / УкрДАЗТ: Харків, 2008.- г/д №60/2-08. - Етап 1.- 61 с.; Етап 2.- 88 с.; Етап 3.- 108 с.

4. Плугин, А.Н. Блуждающие токи на конструкциях, зданиях и сооружениях, расположенных вблизи электрифицированных постоянным током участках железных дорог/ А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Ал.А. Плугин [и др.] // Зб. наук. праць УкрДАЗТ: Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті. - Харків, 2009. - Вип. 109. - С.131-143.

5. ГОСТ 9.602-89 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. Москва: Изд-во стандартов, 1989. – 59 с.

6. ЦЭ 3551 Инструкция по защите железнодорожных подземных сооружений от коррозии блуждающими токами / МПС СССР. - Москва: Транспорт, 1979.- 89 с.

7. Никитина, Е.И. Коррозия и защита металлов / Е.И.Никитина, И.А.Паули.– Новосибирск: СГУПС, 2007. – 23 с.

8. Лантух-Лященко, А.И. О прогнозе остаточного ресурса моста / А.И. Лантух-Лященко // Дороги і мости. – К.: – 2007. – Т.2, вип. 7. – С. 3-9.

9. Research of influence of leakage currents and stray currents / A.N. Plugin, A.A. Plugin, O. Plugin, O. Dudin, O. Borzyak // 17 International Baustofftagung,

Weimar, 23-26 September 2009: Tagungsbericht. – Weimar, 2009. - В.2. - Р.1151-1156.

10. Плугин, А.Н. Исследование влияния переменного электрического поля в бетоне на его электрокоррозию / А.Н.Плугин, А.А.Плугин, А.А.Дудин, Ал.А.Плугин, О.С.Борзяк, А.А.Конев // Вісник ОДАБА.- Одеса, 2010.- Вип.43.- С.517-524.

11. Дудін, О.А. Механізм впливу змінного струму витоку й високовольтної напруги на обводнені бетонні, залізобетонні та кам'яні споруди: Дис... к.т.н.: 05.23.05. – Зах.14.06.2012. - Харків: УкрДАЗТ. – 2012. - 275 с.

12. Костюк, Т.О. Спрямоване формування структури цементних композитів для гідроізоляції: Дис... д.т.н.: 05.23.05. – Зах. 12.11.2015. – Харків: ХНУБА, 2015. – 289 с.

13. Палий, В.В. Полимерцементный раствор для защиты и ремонта зданий и сооружений железных дорог: Дисс... к.т.н.: 05.23.05. – Харьков: УкрДАЗТ, 2014. – 219 с.

14. Соломатов, В.И. Полимерные композиционные материалы в строительстве / В.И.Соломатов, А.Н.Бобрышев, Н.Г.Химмлер – М.: Стройиздат, 1988. – 312 с.

15. Вяземская, Н.И. Применение эпоксидных полимербетонов для ремонта гидротехнических сооружений / Вяземская Н.И., Калинин Е.В. // Перспективы применения бетонополимеров и полимербетонов в строительстве. – М.: НТО Стройиндустрия. – 1976. – С. 34–37.

16. Соломатов, В.И. Армополимербетон в транспортном строительстве / В.И. Соломатов – М.: Транспорт, 1979. – 232 с.

17. Самигов, Н.А. Технология карбамидного полимербетона / Н.А.Самигов, В.И. Соломатов – Ташкент: ФАН, 1987. – 104 с.

18. Bordeleau, D. Comparative study of latex-modified concretes and normal concretes subjected to freezing and thawing in the presence of a decider salt solution / Bordeleau D., Pigeon M., Banthia N. // ACI Materials Journal. – 1992. - Vol. 89, №. 6. – P. 547–553.

19. Елшин, М.М. Полимербетоны в гидротехническом строительстве / М.М.Елшин – М.: Стройиздат, 1980. – 192 с.
20. Кавешников, Н.Т. Эксплуатация и ремонт гидротехнических сооружений / Н.Т.Кавешников – М.: Агропромиздат, 1989. – 272 с.
21. Попов, К.Н. Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики / К.Н.Попов – М.: Стройиздат, 1987. –72 с.
22. Касимов, И.К. Основы модификации бетонов термопластичными композициями / И.К. Касимов– М.: Стройиздат, 1981. – 144 с.
23. Елшин И.М. Полимерные материалы в ирригационном строительстве./ И.М. Елшин – М.: Колос, 1974. – 257 с.
24. СТ СЭВ 4419-83. Защита от коррозии в строительстве. Конструкции строительные. Термины и определения.
25. Теоретичні основи отримання нових корозійностійких композиційних силікатних матеріалів з високими гідрофізичними характеристиками: Звіт про НДР (проміжний) / УкрДУЗТ. – Харків, 2016. - №ДР 0115U000279. – 112 с.
26. Теоретичні та експериментальні дослідження впливу електрокорозійного і напружено-деформованого стану залізничних споруд і колії на їх надійність і безпеку руху: Звіт про НДР / УкрДАЗТ. – Харків, 2014. - №ДР 0113U001031. – 178 с.
27. Проведення досліджень сумісності існуючих лакофарбових матеріалів із сучасними антикорозійними системими та розробка рекомендацій із збільшення міжремонтних термінів фарбування мостів: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. - Харків, 2012. - ДР № 0112U006926. – Етап 1. - 59 с.; Етап 2. - 101 с.
28. Проведення досліджень і розробка рекомендацій із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць : Звіт з НДР / УкрДАЗТ. - Харків, 2011. - г/д №60/2-2011. - Етап 1. - 63 с.; Етап 2. - 145 с.

29. Рекомендації із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць / УкрДАЗТ; ЦБМЕС УЗ. – Затв. 20.12.2011. – Харків, 2011. – 26 с.

30. Рекомендації з усунення тріщин у стінах будівель станційних комплексів / УкрДАЗТ; ДП «Південна залізниця». – Харків, 2015. – 50 с.

31. Рекомендації із виявлення зон надлишкового заряду, створюваного струмами витоку з рейкових колій, та захисту від руйнування високих пасажирських платформ у цих зонах / УкрДУЗТ; ДП «Південна залізниця». – Харків, 2015. – 14 с.

32. Касьянов В.В. Электропроводные покрытия для защиты железобетонных конструкций от коррозии // Тези допов. 69-ї наук.-техн. конфер. ХНУБА. – Харків, 2014. – С.21.

33. Суханова Ю.А. Анализ поврежденных и способов ремонта подводных частей гидротехнических сооружений / Ю.А.Суханова, В.В.Касьянов // Міжнар. наук.-техн. конфер. «Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті»: Матер. конфер., 26–28 листопада 2014, Харків. – Харків, УкрДАЗТ, 2014. – С.56–57.

34. Плугин, А.А. 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.

35. Касьянов В.В. Розробка складів електропровідних покриттів для захисту конструкцій від електрокорозії // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті: V Міжнар. наук.-технічна конфер., 23-24 квітня 2015, Харків: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – С.33.

36. Касьянов В.В. Захист споруд від електрокорозії за допомогою uzемлених електропровідних екранів / В.В. Касьянов, О.А. Плугин, С.Г. Нестерен-

ко, А.А. Пługін // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті: VI Міжнар. наук.-технічна конфер., 19-21 квітня 2017, Харків: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – С.51–52.

37. Пługін О.А. Дослідження впливу електропровідного наповнювача на електрофізичні, фізико-механічні, гідрофізичні властивості силікатних композицій / О.А. Пługін, В.В. Касьянов, В.В. Конєв, А.В. Никитинський // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті: VI Міжнар. наук.-технічна конфер., 19-21 квітня 2017, Харків: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – С.68–69.

38. Пługін О.А. Дослідження впливу структури на питомий електричний опір силікатних композицій для захисту від електрокорозії / О.А. Пługін, В.В. Касьянов, А.А. Пługін, Д.А. Пługін // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті: VI Міжнар. наук.-технічна конфер., 19-21 квітня 2017, Харків: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – С. 69.

39. Касьянов В.В. Захист та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць / В.В.Палій, М.І.Петрашук, Є.Г.Щур, С.В.Мірошніченко, В.В.Касьянов, І.Г.Корнієнко // 74 Міжнар. наук.-техн. конфер. кафедр академії, інженерно-технічних працівників залізниць, підприємств та організацій України та ін. країн., Харків, УкрДАЗТ, 24–25.04.2012. – С.42

40. Касьянов В.В. Силікатні електропровідні склади з металевими наповнювачами // 75 Міжнар. наук.-техн. конфер. «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті», Харків, УкрДАЗТ, 24–25.04.2013. – С.46.

41. Касьянов В.В. Металізація бетонних, залізобетонних та кам'яних конструкцій і споруд методом високотемпературного напилення металів на їх поверхню // 76 Міжнар. наук.-техн. конфер. «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті», Харків, УкрДАЗТ, 15–17.04.2014. – С.44.

42. Касьянов В.В. Розробка складів електропровідних покриттів для захисту конструкцій від електрокорозії // 77 Міжнар. наук.-техн. конфер. «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті», Харків, УкрДУЗТ, 21–23.04.2015. – С.33.

43. Касьянов В.В. Захист конструкцій та споруд залізниць від електрокорозії за допомогою екранів із електропровідних будівельних розчинів // 78 Міжнар. наук.-техн. конфер. «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті», Харків, УкрДУЗТ, 26–28.04.2016. – С.29.

44. Палій, В.В. Захист та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць / В.В.Палій, М.І.Петращук, Є.Г.Щур, С.В.Мірошніченко, А.А.Плугін, В.В.Касьянов, І.Г.Корнієнко // Зб.наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2012. – Вип.130. – С.100–107.

45. Суханова, Ю.А. Аналіз пошкоджень і способів ремонту підводних частин гідротехнічних споруд / Ю.А.Суханова, В.В.Касьянов // Зб.наук. праць УкрДУЗТ. – Харків, 2014. – Вип.148. – С.87–92.

46. Касьянов, В.В. Розробка складів електропровідних покриттів для захисту конструкцій від електрокорозії / В.В. Касьянов // Зб. наук. праць УкрДУЗТ. – Харків, 2015. – Вип 155. – С. 138–142.

47. Плугін, А.А. Дослідження заземлених екранів із електропровідних композицій як способу захисту від електрокорозії / А.А.Плугін, О.А.Плугін, В.В.Касьянов, Д.А. Плугін, В.В. Конєв // Зб.наук. праць УкрДУЗТ. – Харків, 2017. – Вип.171. – С.53–61.

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

49. Пат.113600 UA МПК(2016.01) С04В28/00 С04В41/65(2006.01) С04В/111/90(2006.01) С04В111/20(2006.01) С04В111/72(2006.01) Композиція проникної дії для гідроізоляції та захисту від електрокорозії / УкрДУЗТ; А.А.

Плугін, Т.О. Костюк, О.Ю. Прощін, О.А.Плугін, Д.О.Бондаренко, В.В. Касьянов, О.С. Борзяк, В.В. Конєв. – Заявл. 01.03.2016. – Заявка № а 2016 02005. – Опубл.10.02.2017. – Бюл.№3.

50. Plugin D. 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). - DOI: [10.1051/matecconf/201711601012](https://doi.org/10.1051/matecconf/201711601012).

51. Мамонов, К.А. 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.

52. ДБН Д.2.2–13–99. Захист будівельних конструкцій та устаткування від корозії. – Введ. 01.02.2000. – К.: Держбуд України, 2000.– 88 с.

53. Рунова, Р.Ф. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження у будівництво / Р.Ф.Рунова, В.І.Гоц, І.І.Назаренко, В.Й.Сівко, П.С.Шилюк, В.Н.Старчук, В.І.Братчун, А.М.Плугін, М.А.Саницький. – Київ: ЕксОб, 2008. – 355 с.

54. Новая комплексная технология гидроизоляции и усиления разрушающихся тоннелей / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, С.В. Мирошниченко, О.А. Калинин. - УкрІНТІ. - Рег. № 0606U000058. – Харьков, 2005 г. – 56 с.

55. Кинд В.В. Коррозия цементов и бетона в гидротехнических сооружениях. – Москва, Ленинград: Госэнергоиздат, 1955. - 320 с.

56. Москвин, В.М. Коррозия бетона. – Москва: Госархстройиздат, 1952. – 344 с.

57. Артамонов, В.С. Защита железобетона от коррозии / В.С. Артамонов.– М.: Стройиздат, 1967. – 128 с.

58. Шестоперов, С.В. Долговечность бетона транспортных сооружений. - Москва: Транспорт, 1966. – 500 с.

59. Москвин, В.М. Коррозия бетона и железобетона. Методы их защиты / В.М.Москвин, Ф.М.Иванов, С.Н.Алексеев, Е.А.Гузеев. – Москва: Стройиздат, 1980. – 408 с.
60. СНиП II-28-73* Защита строительных конструкций от коррозии. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – Москва: Стройиздат, 1980. - 48 с.
61. СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии / Госстрой СССР. – Москва: ЦИТП Госстроя, 1986. - 48 с.
62. Бабушкин, В.И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона. – Москва: Стройиздат, 1966. – 216 с.
63. Полак, А.Ф. Коррозия железобетонных конструкций зданий нефтехимической промышленности / А.Ф.Полак, В.Б.Ратинов, Г.Н.Гельфман. – Москва: Стройиздат, 1971.
64. Алексеев, С.Н. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С.Н.Алексеев, Ф.М.Иванов, С.Модры, П.Шиссль. – Москва: Стройиздат, 1990.- 320 с.
65. Чернявский, В.Л. Адаптация абиотических систем: бетон и железобетон. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2008. – 412 с.
66. Sandberg, P. Durability of Concrete in Saline Environment / P.Sandberg, L.-O.Nillson, P.E.Petersson et al. – Uppsala: Almqvist&Wiksell, 1996. – 206 pp.
67. Stark, J. Dauehaftigkeit von beton / J.Stark, B.Wicht. – Weimar: FIB, 1995. – 295 s.
68. Stark, J. Alkali-Kieselsaure-Reaktion. - Weimar: FIB, 2008. – 144 s.
69. Stark, J. Sulfatangriff auf Beton / J.Stark, F.Bellman, B.Nobst, B.Wicht. – Weimar: FIB, 2010. – 60 s.
70. Солодкий С.Й. Наукові засади підвищення тріщиностійкості дорожнього цементного бетону: Автореф. дис... д.т.н. – Львів: НУ «ЛП», 2013 – 27 с.
71. Толмачов С.Н. Развитие теории разрушения и стойкости дорожных цементных бетонов при действии агрессивных факторов: Дисс... д.т.н. – 05.23.05. – Харьков: ХНАДУ, 2013. – 427 с.

72. Стрижевский, И.В. Защита подземных металлических сооружений от коррозии / И.В.Стрижевский, А.Д.Белоголовский, В.И.Дмитриев и др. – Москва: Стройиздат, 1990. – 303 с.

73. Корнфельд И. А. Защита железобетонных конструкций от коррозии, вызываемой блуждающими токами / И.А. Корнфельд, В.А. Притула. – Москва: Стройиздат, 1964. – 73 с.

74. Ершов И.М. Защита сооружений от воздействия блуждающих токов железных дорог / И.М. Ершов , Л.С. Панфиль. – Москва: Транспорт, 1965. –144 с.

75. Protecting people, assets and the environment from the effects of corrosion // NACE International: Official site [Электронне джерело] // Режим доступу: www.nace.org

76. Селедцов Э.П. Эксплуатация опор контактной сети / Э.П.Селедцов, Е.А.Баранов. – Москва: Транспорт, 1970. – 95 с.

77. Котельников А.В. Коррозия и защита сооружений на электрифицированных железных дорогах / А.В.Котельников, В.И.Иванова, Э.П.Селедцов, А.В.Наумов. – Москва: Транспорт, 1974. – 152 с.

78. Бондарь, В.А. Защита от коррозии арматуры надземных железобетонных конструкций катодной поляризацией: Дис... д.т.н.: 05.23.05; 05.17.14. - Полтава: ПолИСИ, 1994. – 349 с.

79. Сивцов А. П. Электрокоррозия цементных материалов в зависимости от характеристик электрического тока / А.П.Сивцов , А.А.Старосельский // Технологическое обеспечение долговечности железобетонных шпал. – Москва, 1971. - С.50-56.

80. Старосельский А.А. Электрокоррозия железобетона.- Київ: Будівельник, 1978.- 198 с.

81. Старосельский А. А. Коррозия приарматурного слоя бетона при воздействии переменного тока / Старосельский А. А., Ольгинский А. Г. // Повышение долговечности бетона транспортных сооружений: Межвуз. сб. научн. тр.: под ред. А.Е.Шейкина. – Москва: МИИТ, 1980. – Вып. 62. – С.20-25.

82. Старосельский А. А. Коррозия и долговечность железобетона в условиях электрических воздействий: Дисс... д.т.н.: 05.23.05. – Москва: НИИЖБ, 1989. - 282 с.

83. Электрокоррозия железобетонных мостов и других искусственных сооружений / А.Н.Плугин, А.А.Скорик, А.А.Плугин и др.// Залізничний транспорт України.- 2004.- №1.- С.11-13.

84. Електрокорозія бетону залізобетонних блоків обробки метрополітену / А.М.Плугін, А.А.Плугін, О.О.Скорик, О.С.Герасименко, Л.В.Трикоз, М.Ф.Макеев // Зб.наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2003.- Вип.56.- С.126-135.

85. Плугін А.А. Довговічність бетону і залізобетону в обводнених спорудах: Колоїдно-хімічні основи: Дис... д.т.н.: 05.23.05. – Харків: ХДТУБА, 2005.

86. Плугин Ал.А. Влияние постоянного тока на бетон обводненных конструкций и сооружений, расположенных вблизи электрифицированных железнодорожных путей: Дисс... к.т.н.: 05.23.05. – Харьков: ХГТУСА, 2010. – 256 с.

87. Борзяк О.С. Механізм електрокорозії бетону залізобетонних конструкцій в складних умовах експлуатації: Автореф. дис... к.т.н.- 05.23.05.- Зах.30.09.10.- Харків: УкрДАЗТ, 2010.-

88. Плугін, О.А. Електричні впливи на бетон (електрообробка та захист від електрокорозії бетонів, виробів і конструкцій із них): Монографія / О.А.Плугін, О.С.Борзяк, В.Б.Мартінова, О.К.Халюшев; за ред. А.А.Плугіна і М.М.Зайченка. – Харків: Форт, 2013. – 300 с.

89. Теоретические предпосылки защиты бетонных, железобетонных и каменных конструкций от переменных токов утечки / А.А.Плугин, А.А.Дудин, Ал.А.Плугин, А.Н.Плугин // Науковий вісник будівництва.- Харків: ХДТУБА; ХОТВ АБУ, 2008.- Вип.47.- С.179-184.

90. Дудин А.А. Механізм впливу змінного струму витоків й високовольтної напруги на обводнені бетонні, залізобетонні та кам'яні споруди: Дис... к.т.н. – 05.23.05. – Харків: УкрДАЗТ, 2012.

91. Лютий В.А. Повторювана швидконатікаюча повзучість бутової кладки мостових опор під механоелектричною дією: Дис... к.т.н.: 05.23.05. – Харків: УкрДАЗТ, 2007.

92. Пługін Д.А. Розвиток теорії електрокорозії обводнених конструкцій і розробка електрокорозійностійких матеріалів і способів захисту: Дис... д.т.н.: 05.23.05. – Харків: УкрДАЗТ, 2014.

93. Конєв О.А. Вплив надлишкових негативних зарядів від струмів витокку на тріщиноутворення бетонних і залізобетонних конструкцій: Дис... к.т.н.: 05.23.05. – Харків: УкрДАЗТ, 2014.

94. Забіяка О.А. Механізм тріщиноутворення у плитах безбаластного полотна та опорах залізничних мостів і підвищення їх тріщиностійкості: Дис... к.т.н.: 05.23.05. – Харків: УкрДАЗТ, 2015.

95. Трикоз Л.В. Теорія надлишкових електричних зарядів і розробка способів збереження стійкості матеріалів і конструкцій за їх наявності: Дис... д.т.н.: 05.23.05. – Харків: УкрДУЗТ, 2015

96. Экспериментальное определение потенциалов в конструкциях железнодорожных мостов на электрифицированных участках пути / А. Н. Плугин, Д. А. Плугин, В. А. Лютый [и др.]. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - К., 2006. - №73.- С. 253-257.

97. Основные факторы трещинообразования и разрушения опор мостов через реки на электрифицированных участках железных дорог / А. Н. Плугин, А. А. Плугин, С. В. Мирошниченко [и др.]. // Дороги і мости: зб. наук. праць. - Київ, 2007. - Вип. 7. - Т.ІІ. - С. 121-127.

98. Механизм электрокоррозии бетонных конструкций пульсирующим однонаправленным блуждающим током или током утечки / А. Н. Плугин, А. А. Плугин, С. В. Мирошниченко [и др.]. // Науковий вісник будівництва. - Харків, 2007. - Вип.42. - С. 106-111.

99. Электроосмотический перенос как фактор разрушения железобетонных и каменных опор железнодорожных мостов на водотоках / А.Н.Плугин,

А.А.Плугин, С.В.Мирошниченко и др. // Зб.наук.праць ЛНАУ. Серія «Технічні науки».- Луганськ: ЛНАУ, 2007.- №71(94).- С.189-196.

100. Механизм разрушения кирпичной кладки водопропускной трубы переменным блуждающим током или током утечки / А.Н.Плугин, А.А.Плугин, О.С.Герасименко, А.А.Дудин, Ал.А.Плугин // Науковий вісник будівництва.- Харків: ХДТУБА; ХОТВ АБУ, 2007.- Вип.42.- С.112-119.

101. Блуждающие токи на конструкциях, зданиях, и сооружениях, расположенных вблизи электрифицированных постоянным током участков железных дорог / А. Н. Плугин, А. А. Плугин, О. А. Калинин [и др.]. // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті: Зб. наук. праць. - Харків, 2009. - Вип. 109. - С. 131-143.

102. Исследование влияния токов утечки и блуждающих токов на здания и сооружения, расположенные возле электрифицированных железнодорожных путей / А. Н. Плугин, Ал. А. Плугин, О. С. Борзяк [и др.] // Вісник НТУ «ХПІ». - Харків, 2009. - №40. - С. 88 - 104.

103. ВБН В 2.3 -1-2008 Споруди транспорту. Проектування, будівництво та експлуатація будівель і службово-технічних споруд залізничного транспорту при швидкісному та високошвидкісному русі поїздів / Мінтрансв'язку України.- Київ, 2008.- 114 с.

104. ГОСТ 24155-80 Конструкции железобетонные высоких пассажирских платформ. Технические условия / Минтрансстрой СССР.- Москва: 1980.- 16 с.

105. Berendt O. Versuche über den elektrischen Widerstand von unbewehrtem Beton / Berendt O., Wirtz K., Müller W. – Berlin: “Ernst und Sohn”, 1911. (Deutscher Ausschuss für Eisenbeton, Heft 76).

106. Influence of frequency of alternating or in frequently reversed current on electrolytic corrosion // Technologic Paper. – 1916. - № 72.

107. Glauber Mr. M. Electrolysis in reinforced concrete. Tests at Washington University / Glauber Mr. M. // Engineering News. – 1909. - Vol. 61. - № 17. - P. 458.

108. Eltinge O. L. Further Jest on the Effect of Electrolysis in Concrete. / Eltinge O. L. // Engineering News. - 1910. - Vol. 63. - № 11. - P. 327.
109. Brown H. P. Serious Injury to a Reinforced-Concrete Building by Electrolysis / Brown H. P. // Engineering News. - 1911. - Vol. 65. - № 23. - P. 684-687.
110. Speller F. N. Corrosion of structure steel / Speller F. N. / Year-book of the American iron and steel Institute. – 1926. - P. 272.
111. Further Experiments on the Electrolytic Disintegration of Reinforced Concrete // Engineering News. – 1911. - Vol. 65. - № 23. - P. 687-688.
112. Сивцов А.П., Старосельский А.А. Электроосмотическое течение жидкости в цементном камне. – В кн.: Технологическое обеспечение долговечности железобетонных шпал. – М.: Транспорт, 1971, с. 57 – 61.
113. СН 65-76 Инструкция по защите железобетонных конструкций от коррозии, вызываемой блуждающими токами. – Москва: Стройиздат, 1977. – 80 с.
114. Слукин В.М. Сарапулов А.Ф. Бетоны с повышенными электроизоляционными свойствами. – Бетон и железобетон, 1973, №12, с. 13 – 14.
115. Meier H., Rubin H., Neumann B. Verfahren zur Erhöhung des elektrischen Leitwiderstandes von Bauteilen aus Beton. – Patent DDR № 912910, Klasse 80b, Gruppe 113, ausgegeben am 3 Juli 1954.
116. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 (ГОСТ 31384-2008, NEQ) Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги / Мінрегіонбуд України. – К.: НДІБК. – 2010. – 56 с. (СНиП 2.03.11-85* Защита строительных конструкций от коррозии / Минстрой РФ.- М.: ГУП ЦПП.- 1996.- 56 с.
117. Бабушкин В.И. Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа. – Харків: Вища школа, 1989. – 168 с.
118. НМС Samarang (1822) // Wikipedia: Електронне джерело / Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/HMS_Samarang_\(1822\)](https://en.wikipedia.org/wiki/HMS_Samarang_(1822))
119. Humphry Davy // Wikipedia: Електронне джерело / Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Humphry_Davy

120. EN 14505:2005 Cathodic protection of complex structures.
121. EN 15112:2006 External cathodic protection of well casing.
122. ГОСТ 26251-84 Протекторы для защиты от коррозии. Технические условия.
123. ГОСТ 9.056-75 Единая система защиты от коррозии и старения. Стальные корпуса кораблей и судов. Общие требования к электрохимической защите при долговременном стояночном режиме.
124. ГОСТ Р 51164-98 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.
125. ГОСТ 9.602-2005 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
126. Рекомендації із захисту від корозії елементів верхньої будови колії в залізничних тунелях / ЦП УЗ; УкрДАЗТ. – Харків, 2010. – 31 с.
127. Целебровский Ю. В. Некорродирующие заземлители из бетэла для установки переменного и постоянного тока / Ю.В. Целебровский // Доклады Всесоюзной конференции по заземлениям. – Харьков: Изд. ХГУ. - 1966.- С. 96-102.
128. Возможности использования электропроводного бетона (бетэла) в гражданском строительстве / Под ред. Л.Е.Врублевского. – Новосибирск, 1971. – 51 с.
129. Токопроводящие бетоны: Электронне джерело / Режим доступу: <http://betony.ru/betel/parametru-primenenia.php>.
130. Иванов Ф.М. Цементный бетон. - Москва: Автотрансиздат, 1957. – 258 с.
131. Титова Л.А., Бейлина М.И. // Бетон и железобетон. - №4. - 2001. - С.38.
132. Использование бетона в качестве электропроводного материала. 2007-2011: Электронне джерело / Режим доступу: <http://betony.ru/betel/ispolzovanie-betona-v-kachestve-elektroprovodnogo-materiala.php>

133. Казимагомедов, И.Э. Влияние микронаполнителей на усадочные деформации растворов для наливных полов / И.Э.Казимагомедов, С.Ю.Шептун // 36. наук.праць УкрДУЗТ. – 2016. – Вип.159. – С.57–62.

134. Цементные бетоны с минеральными наполнителями / [Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М.]. – К.: Будівельник, 1991. – 136 с.

135. Лесовик В.С. Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификаторов / В.С. Лесовик, В.В. Потапов, Н.И. Алимова, О.В. Ивашова // Строительные материалы. – 2011. – № 12. – С. 60 – 62.

136. Толмачев, С.Н. Технологические, механические и структурные характеристики цементных систем с углеродными коллоидными частицами / С.Н. Толмачев, Е.А. Беличенко, А.Г. Холодный // Строительные материалы. – 2010. – №9. – С.96–100.

137. Беличенко, Е.А. Повышение качества дорожных бетонов за счет применения углеродных наночастиц / Е.А. Беличенко, С.Н. Толмачев // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2017, №1(8). – С.333–337.

138. Кротова Н.А. Склеивание и прилипание / Кротова Н.А. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 135 с.

139. Журавлев В.Ф. Сцепление цементного камня с различными материалами / Журавлев В.Ф., Штейерт Н.П. // Цемент. – 1952. - №1. – С. 16-18.

140. Урьев Н.Б. Коллоидный цементный клей и его применение в строительстве / Урьев Н.Б., Михайлов Н.В. – М.: Стройиздат, 1967. – 175 с.

141. Александровский С.В. Набухание бетона при увлажнении / Александровский С. В. // Бетон и железобетон. – 1959. - № 10. – С. 45-47.

142. Yuan Y. S. Major factors influencing in performance of structural repair / Yuan Y. S., Marosszety, M. // ACI SP-128. – 1993. – 2. – Pp. 819-837.

143. Шейкин А.Е. Структура и свойства цементных бетонов / Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. – М.: Стройиздат, 1979. – 344 с.

144. Горшков В. С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / Горшков В. С., Тимашев В. В., Савельев В. Г. – М.: Высш. школа, 1981. – 335 с.

145. Ларионова З.М. Методы исследования цементного камня и бетона [Текст] / З.М. Ларионова.- М.: Стройиздат, 1970.- 159 с.

146. Болдырев А. И. ИК- спектры минералов / Болдырев А. И. - М.: Недра, 1976.- 199 с.

147. Леманн Г. Исследование гидратации клинкерных минералов и цементов при помощи ИКС / Леманн Г., Датц Г. // Тр. IV Междунар. конгр. по химии цемента. – М.: Стройиздат, 1964. – С. 383-388.

148. Мчедлов-Петросян О. П. ИК-спектры продуктов гидратации в системе «портландцемент-минерал заполнителя-вода» / Мчедлов-Петросян О.П., Ольгинский А.Г., Фольке К. // Изв. вузов строит. и archit. - 1973. - №8. - С.50-55.

149. Ларионова З. М. Петрография цементов и бетонов / Ларионова З. М., Виноградов Б. Н. - М.: Стройиздат, 1974. - 347 с.

150. Ларионова З. М. Фазовый состав, микроструктура и прочность цементного камня и бетона / Ларионова З. М., Никитина Л. В., Гарашин В. Р. - М.: Стройиздат, 1977. - 264 с.

151. Плугин, А.Н. Электрическое сопротивление железобетонных шпал с различными типами рельсовых креплений / А.Н.Плугин, А.А.Плугин, Ал.А.Плугин, А.А.Дудин // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. - Харків, 2009. - Вип.111. - С.245-261.

152. Палий, В.В. 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: УкрДАЗТ, 2012. - Вип.134. - С.235-241.

153. Пушкарева, Е.К. Моделирование процессов получения нелинейных высокоомных резистивных композиционных материалов в системе « β -C₂S-

SiC-C-Na₂O·SiO₂·mH₂O» / Е.К.Пушкарева, С.Г.Гузій // Будівництво: Зб. наук. пр. - Дніпропетровськ: ДПТ, 2001. - Вип.9. - С.54-57.

154. Lopanov, A.N. Cement-quartz electrically conductive composites based on graphite dispersions / A.N.Loponov, E.A.Fanina, O.N.Guzeeva //ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. - Vol. 9 (2014). - P.2250-2253.

155. Христич, О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізувального випромінювання / О.В.Христич, М.С.Лемешев М.С. // Вісник Вінницького політехнічного інституту.- Вінниця: УНІВЕРСУМ, 1998. - №2. - С.18-23.

156. Лопанов, А.Н. Влияние рецептурно-технологических факторов на физико-механические характеристики мелкозернистого бетона с углеродной фазой / А.Н. Лопанов, Е.А. Фанина, О.Н. Томаровщенко // Вестник БГТУ им В. Г. Шухова. - 2017. - №1. - С.130-133.

157. Сердюк, В.Р. Фізико-хімічні особливості формування структури електропровідних бетонів / В.Р.Сердюк, М.С.Лемешев, О.В.Христич // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - Вінниця: ВДТУ, 1997. - №2. - С.5-9.

158. Христич, О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізувального випромінювання / О.В.Христич, М.С.Лемешев // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - Вінниця: УНІВЕРСУМ, 1998.- №2. - С.18-23.

159. Пушкарьова, К.К. Мікроструктура резистивних композиційних матеріалів в системі « β -C₂S-SiC-C-Na₂O·SiO₂·mH₂O» / К.К.Пушкарьова, С.Г.Гузій // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. - Рівне: РДТУ. - 2000. - вип.5. - С.82-85.

160. Пушкарева, Е.К. Исследование физико-химических процессов формирования диэлектрической матрицы в системе « β -C₂S-Na₂O·SiO₂·mH₂O» / Е.К.Пушкарева, С.Г.Гузій // Науково-практичні проблеми моделювання та прогнозування надзвичайних ситуацій: Зб. наук. ст. – К.: КНУБА. - 2002. - Вип. 5. – С. 23-29.

161. Лопанов, А.Н. Регулирование электрических и реологических свойств гетерогенных систем на основе кварцевого песка и графита механической активацией кварцевого песка / А.Н. Лопанов, Е.А. Фанина, О.Н. Гузеева // Вестник МГСУ, 2016. – № 8. – С. 78–87.

162. Lopanov, A.N. Technology of electrically conductive composites of alkaline earth metals carbonates and carbon dispersions / A.N. Lopanov, O.N. Guzeeva, I.V. Prushkovsky, K.V. Tikhomirova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – Vol. 9 (2014) – P. 2275–2278.

163. Бернацкий А.Ф. Электрические свойства бетона / Бернацкий А.Ф., Целебровский Ю.В., Чунчин В.А. – М: Энергия, 1980. – 207 с.

164. Браутман Л. Композиционные материалы. Том 3: Применение композиционных материалов в технике / Л.Браутман, Р.Крок; под. ред. Б.Нотона. - Москва: Машиностроение, 1978. - 511 с.

165. Плугин А.А. Совершенствование состава и структуры бетона с учетом электроповерхностных свойств его составляющих для повышения прочности и стойкости изделий кольцевого сечения: Дисс... к.т.н.: 05.23.05. - Защ.14.06.1994. - Харьков: ХИСИ, 1994. - 245 с.

166. Plugin A.A. Increase of gypsum water resistance by mineral additives / A.A.Plugin, O.A.Plugin, H.-B.Fisher, G.N.Shabanova // 1 Weimarer Gipstagung, 30–31 März 2011, Weimar, Bundesrepublik Deutschland: Tagungsbericht. - Weimar: F.A.Finger-Institut für Baustoffkunde, Bauhaus-Universität Weimar, 2011. - N P21. - P.435-443.

167. Плугин А.Н. Электрогетерогенные взаимодействия при твердении цементных вяжущих: Дисс... д.х.н.: 02.00.11. - Защ.14.06.89. - Киев: ИКХХВ, 1989. - 282 с.

168. Шаскольская М.П. Кристаллография. - Москва: Высшая школа, 1976. - 392 с.

169. Рыбьев И.А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ. - Москва: Высшая школа. - 1978. - 309 с.

170. Пат. 73395 UA C27 C04B 28/00, 41/65, 22/06.
Композиція проникної дії для відновлення зруйнованого
бетону / В.І. Бабушкін, О.В. Кондращенко, Т.О. Костюк, О.Ю.
Процин. - Заявл.24.06.2003. - Опубл. 15.07.2005. - Бюл.
№ 7.