

Министерство образования и науки Украины
Украинский государственный университет железнодорожного транспорта

На правах рукописи

Нестеренко Сергей Григорьевич



УДК 691.32:620.193.7 (043.3)

**ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫЙ РАСТВОР ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ ОТ
ЭЛЕКТРОКОРРОЗИИ И ИЗБЫТОЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ**

05.23.05 – Строительные материалы и изделия

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
кандидат технических наук, доцент
ПЛУГИН Алексей Андреевич

Харьков 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
РАЗДЕЛ 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ УКРАИНЫ	17
1.1. Общие сведения о влиянии токов утечки на железнодорожных путях на трещинообразование в зданиях и сооружениях	17
1.2. Здания и сооружения с опасными трещинами на участках железнодорожного пути, электрифицированных постоянным током, и в зоне избыточных зарядов Земли	22
1.3. Схемы попадания токов утечки на конструкции кирпичных зданий и сооружений по имеющимся представлениям ученых УкрГУЖТ	26
1.4. Обоснование актуальности защиты конструкций зданий и сооружений от разрушительных действий постоянного электрического тока. Анализ защитных материалов и способов защиты	28
1.4.1. Методы защиты бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений от воздействия токов утечки	28
1.4.2. Использование растворов в качестве электропроводного материала	29
1.5. Анализа пригодности существующих методов защиты от токов для защиты от избыточных зарядов	31
1.6. Актуальность разработки и применения полимерцементных растворов для защиты конструкций зданий и сооружений железнодорожного транспорта от воздействия токов утечки	34
1.7. Критический анализ современных представлений о закономерностях структурообразования полимерцементных растворов	36
1.8. Особенности и свойства карбамидных смол, связанные с защитой зданий и сооружений от воздействия токов утечки	38
1.8.1. Особенности применения карбамидных смол	38
1.8.2. Электроизоляционные свойства карбамидной смолы	40
1.8.3. Механизмы взаимодействия карбамидной смолы с цементом	42
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 1	44
РАЗДЕЛ 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	46
2.1. Характеристика материалов, применяемых в исследованиях	46
2.2. Методы исследований	49
2.2.1. Исследование влияния постоянного тока на прочность цементно-песчаного камня	49
2.2.2. Исследование свойств полимерцементных растворов на основе карбамидной смолы	50
2.2.3. Методы физико-химического анализа	50
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 2	51

РАЗДЕЛ 3. РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ И РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ ИЗБЫТОЧНЫХ ЗАРЯДОВ ЗЕМЛИ И ЗАРЯДОВ, СОЗДАВАЕМЫХ ТОКОМ УТЕЧКИ	52
3.1. Усовершенствование схемы протекания токов утечки с рельсового пути через конструкции зданий	52
3.2. Исследование влияния избыточных зарядов Земли на трещинообразование и связанные с ним разрушения кирпичных и других зданий	54
3.3. Развитие теоретических представлений о влиянии запусков космических ракет на возникновение трещин и разрушений кирпичной кладки в зданиях и сооружениях	63
3.4. Влияние избыточного отрицательного заряда Земли, обусловленного термодиффузией электронов из ее ядра, на возникновение больших вертикальных трещин в высотных зданиях	66
3.5. Влияние разноэтажности примыкающих друг к другу зданий на возникновение в них трещин	82
3.6. Разрушение зданий ЖК «Бесоба» в г. Караганды	104
3.7. Развитие теоретических представлений о возникновении избыточных зарядов в растворе и бетоне и затоплении подвалов кирпичных зданий	107
3.8. Разработка теоретических предпосылок создания полимерцементного раствора для защиты кирпичных зданий от избыточных зарядов Земли и зарядов, созданных токами утечки с рельсового пути	114
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 3	119
РАЗДЕЛ 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ ЗАРЯДОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ПУЛЬСИРУЮЩИМ ПОСТОЯННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ, НА ПРОЧНОСТЬ И ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ ЦЕМЕНО-ПЕСЧАНОГО И РАЗРАБОТАННОГО ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА И КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ	121
4.1. Исследование влияния избыточного заряда на прочность цементного раствора	121
4.1.1. Исследование влияния избыточного заряда, обусловленного напряжением 40 В, на прочностные характеристики цементный раствора различной прочности	121
4.1.2. Исследование влияния избыточных зарядов различной величины на цементные растворы различной прочности	129
4.2. Разработка и исследование полимерцементного раствора (на основе карбамидной смолы) для защиты конструкций зданий и сооружений железнодорожного транспорта от влияний избыточного заряда	131
4.2.1. Обоснование актуальности разработки полимерцементных растворов на основе карбамидной смолы	131
4.2.2. Исследование электросопротивления и прочности полимерцементных растворов	132
4.2.3. Перезарядка поверхности песка раствором хлорного железа	135
4.2.4. Исследование влияния катионактивных ПАВ на прочность поли-	139

мерцементных растворов	
4.3. Физико-химические исследования, связанные с проверкой способности полимерцементного состава связывать избыточный отрицательный заряд	140
4.3.1. Электронно-микроскопические исследования микро- и субмикроструктуры полимерцементного раствора и его способность связывать избыточный отрицательный заряд	140
4.4. Исследование эксплуатационных свойств полимерцементных составов на основе карбамидной смолы	140
4.4.1. Исследование водостойкости и морозостойкости полимерцементных растворов на основе карбамидной смолы	141
4.4.2. Исследования влажностных деформаций полимерцементного раствора на основе карбамидной смолы	143
4.4.3. Исследование прочности сцепления полимерцементного раствора на основе карбамидной смолы с бетонной поверхностью конструкции	144
4.4.4. Исследование изменения прочности и электросопротивления во времени	147
4.5. Исследование кладочных и штукатурных растворов в макетах кирпичной стены в условиях и избыточных электрических зарядов	149
4.6. Рентгенографические исследования способности полимерцементного раствора обеспечивать защиту кирпичной кладки от избыточных зарядов	155
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 4	168
РАЗДЕЛ 5. ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА И ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	170
5.1. Использование результатов исследований при разработке и внедрении новых материалов и технологий для ремонта и защиты конструкций зданий и сооружений станционных комплексов от воздействия электрического тока в условиях обводнения	170
5.2. Технологическая схема приготовления полимерцементного раствора на основе карбамидной смолы	171
5.3. Технологии защиты каменных конструкций зданий и сооружений полимерцементными растворами на основе карбамидной смолы	172
5.4. Рекомендации по выявлению зон избыточного заряда, создаваемого токами утечки с рельсовых путей, и защите от разрушения высоких пассажирских платформ в этих зонах	174
5.4.1. Рекомендации по выявлению зон избыточного заряда, создаваемого токами утечки с рельсовых путей, и защите от разрушения высоких пассажирских платформ в этих зонах	174
5.4.2. Определение зон избыточного электрического заряда, создаваемого токами утечки с рельсовых путей, и рекомендации по защите от разрушения кирпичных зданий и сооружений в этих зонах	178
5.5. Разработка отраслевых рекомендаций по результатам исследований	182
5.6. Использование результатов исследований в учебном процессе	183

5.7. Техничко-экономическое обоснование применения полимерцементных растворов для ремонта наружных поверхностей зданий и сооружений	183
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 5	184
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	186
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	188
ПРИЛОЖЕНИЕ А	207
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	231

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Элементы зданий и сооружений, расположенных вблизи линий электрифицированного транспорта – железнодорожных, трамвайных, метрополитенов, подвергаются интенсивному износу в результате повышенных не только механических, но и электрических воздействий. Известно, что электрические токи утечки и блуждающие токи, протекая через конструкции зданий и сооружений, приводят к электрокоррозии металлоконструкций и арматуры железобетона, ускорению выщелачивания бетона и раствора. В последние годы в глобальной сети Интернет появилось значительное количество информации об образовании без очевидных причин трещин в конструкциях зданий и сооружений вплоть до их обрушения. Предварительный анализ таких данных, а также последних исследований влияния токов утечки и избыточных электрических зарядов на бетон и железобетонные конструкции, выполненных в УкрГУЖТ, позволили предположить, что одной из основных причин этих повреждений являются избыточные электрические заряды различного происхождения в сочетании с обводненностью. В литературных источниках не обнаружено исследований и описания механизма влияния таких избыточных зарядов на трещинообразование в конструкциях из каменной кладки и бетона. Поэтому существует нерешенная научная проблема развития представлений о механизме такого трещинообразования.

Меры по обеспечению долговечности конструкций из каменной кладки и бетона, предусматриваемые при проектировании зданий и сооружений, не учитывают всего комплекса агрессивных воздействий и разрушающих процессов. Поэтому перед исследователями ставятся также задачи, связанные с повышением эффективности защиты конструкций зданий и сооружений, расположенных вблизи линий электрифицированного транспорта, от токов утечки и блуждающих токов, избыточных электрических зарядов, при их возведении и ремонте. Решение этих задач будет способствовать повышению надежности и долговеч-

ности зданий и сооружений, а также безопасности движения на электрифицированном транспорте.

Как свидетельствуют последние обследования зданий и сооружений, за длительное время их эксплуатации под воздействием различных разрушающих факторов, многие из них пришли в непригодное состояние. Значительная часть зданий и сооружений нуждается в восстановлении эксплуатационных свойств. Главным образом подвержены разрушению бетонные, железобетонные и кирпичные дома, здания и сооружения, в том числе искусственные, эксплуатируемые вблизи электрифицированных участков железных дорог [1; 2; 3; 4].

Воздействия на конструкции электрического тока в обводненных условиях, а также различных природных и антропогенных факторов становятся причинами снижения прочности и, как следствие, уменьшения долговечности конструкций транспортных сооружений.

К основным причинам, которые приводят к разрушению цементного камня, раствора и бетона можно отнести: климатические – увлажнение и высыхание, замораживание и оттаивание, а также химические, биологические, механические и электрические.

Попадание воды в поры и капилляры раствора и бетона приводит к их набуханию, а высыхание – к усадке и появлению микротрещин. Замерзание воды в поры и капилляры опасно увеличением ее объема примерно на 10 % по сравнению с исходным состоянием. Этот процесс приводит к разрушению структуры раствора и бетона и, следовательно, к увеличению интенсивности фильтрации воды через тело конструкции, а также выносу катионов кальция. При этом бетон, раствор в кирпичной кладке и сама кладка в значительной степени теряют свои прочностные свойства и, следовательно, становятся менее долговечными.

Опыт эксплуатации показывает, что в условиях воздействия агрессивных факторов атмосферы, поверхностных и подземных вод, постоянного электрического тока бетон и раствор каменной, в т.ч. кирпичной, кладки подвергаются преждевременному разрушению и снижению долговечности конструкций. Эти

факторы создают угрозу не только безопасному прохождению поездов, но и жизни пассажиров [5; 6].

Существенный вред наносит коррозия, вызванная прохождением электрического тока через бетон и раствор каменной, в т.ч. кирпичной кладки. Проходя через них, электрический ток приводит к разрушению бетонных, железобетонных и каменных (кирпичных) конструкций, снижая их несущую способность и долговечность. К основным источникам возникновения такого тока можно отнести электрифицированные постоянным током железнодорожные пути, трамваи, троллейбусы, метрополитен и др. [7]. Этот вид воздействия на раствор и бетон является очень опасным. Он значительно понижает долговечность сооружений из бетона, железобетона и каменной кладки, сокращает сроки проведения ремонтных работ и увеличивает стоимость текущего содержания. На стадии их проектирования предусматривалась долговечность, которая не учитывала всего комплекса агрессивных воздействий и разрушающих процессов на конструкцию [8].

Как отмечалось, конструкции зданий и сооружений, расположенных вблизи электрифицированных постоянным током железных дорог, подвержены повреждениям в значительно большей степени. Но существенно больше подвергаются разрушениям и повреждениям бетонные, железобетонные и каменные конструкции при сочетании постоянных токов утечки и обводнения [9]. Разрушающее воздействие на конструкции в условиях обводнения имеет и переменный ток [10; 11]. Считается, что электрический ток является особенно опасным для железобетонных конструкций. Натекая и стекая с арматуры, он вызывает процесс ее электрокоррозии. Продукты коррозии арматуры в объеме значительно больше исходных размеров арматуры, поэтому в конструкции они вызывают дополнительные внутренние напряжения, которые приводят к разрушению защитного слоя бетона.

Как показывают многолетние исследования ученых кафедры СМКС УкрГУЖТ, токи утечки на железнодорожном транспорте являются не просто постоянными, а пульсирующими однонаправленными. Это обусловлено их им-

пульсным режимом подачи при движении поездов. В обводненных условиях такой ток, проходя через конструкции, вызывает электрокоррозию бетонных, железобетонных и каменных конструкций.

Ток утечки с рельсов попадает на конструкции зданий и сооружений через шпалы, балласт, грунты, перроны, платформы, а также различные заземляющие устройства. Разрушающее воздействие токов усиливается во время дождя и снеготаяния.

Как известно, основными методами ремонта и восстановления являются оштукатуривание, торкретирование. Однако ранее разработанные ремонтные цементные растворы в условиях действия токов утечки не всегда являются достаточно эффективными. Конструкции, отремонтированные при их помощи, недолговечны. Поэтому для обеспечения их долговечности ремонтный материал должен соответствовать высоким показателям водонепроницаемости, морозостойкости, износостойкости, обладать высокой адгезией к поверхности старого бетона. В сложных условиях эксплуатации очень важным качеством для ремонтного материала является его высокое электросопротивление. Это качество обеспечивает защиту от токов утечки, которые, распространяясь по конструкциям, снижают их прочность и долговечность.

Как показывает критический анализ литературных источников, всему комплексу требований к восстановительным растворам лучшим образом соответствуют полимерцементные растворы (карбамидные, фенолформальдегидные, поливинилацетатные и др.) [12–21].

По [2] полимерцементный раствор состоит из цемента, добавок полимера и заполнителя (песка или щебня). Также, в научно-технической литературе применяется термин «цементно-полимерный» раствор, смысл которого остается тот же [22]. Поэтому в последующем тексте будет применяться термин полимерцементный раствор.

Для Украины наиболее приемлемыми являются карбамидформальдегидные смолы, которые производятся в ней, являются недорогими, малотоксичными. В основном они применяются в мебельной промышленности и для произ-

водства пеноизола. По своим физико-механическим показателям они не уступают другим видам полимеров, а по некоторым показателям превосходят.

Однако существующие исследования не в полной мере освещают вопросы защиты, ремонта и восстановления зданий и сооружений в условиях действия токов утечки и обводнения на железнодорожном транспорте.

В связи с изложенным тема диссертации, посвященная исследованиям воздействия избыточных электрических зарядов от токов утечки и другого происхождения на конструкции из каменной кладки и бетона, а также разработке полимерцементного раствора для защиты зданий и сооружений от них, является актуальной.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Исследования выполнены на кафедре «Строительные материалы, конструкции и сооружения» Украинского государственного университета железнодорожного транспорта в составе госбюджетных НИР Министерства образования и науки Украины «Теоретичні та експериментальні дослідження впливу електрокорозійного і напружено-деформованого стану залізничних споруд і колій на їх надійність і безпеку руху» (ДР № 0113U001031) и Министерства инфраструктуры Украины «Розробка теоретичних основ та експериментальні дослідження впливу струмів витоку та блукаючих струмів на бетон та розчин бетонних, залізобетонних та кам'яних конструкцій» (ДР № 0111U002128) [23] (приложение А), хозрасчетных НИР по заказу «Укрзалізниці» «Проведення досліджень технології улаштування полімеркомпозиційного прокладного шару під збірним та збірномонolitним 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) [24–28], (приложение А).

Цель и задачи исследований

Установление 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 разработка полимерцементного раствора для их защиты от электрокоррозии и избыточных электрических зарядов.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи исследований:**

- критический анализ литературных данных, результатов натурных обследований, касающихся воздействия постоянного тока утечки, электрических полей и зарядов на цементный камень, раствор, бетон каменных, бетонных, железобетонных конструкций;
- развитие теоретических представлений о природе возникновения избыточных электрических зарядов на конструкциях зданий и сооружений от токов утечки и блуждающих токов, электрических полей и зарядов природного и антропогенного происхождения, об их влиянии на трещинообразование в каменной (кирпичной) кладке и соответствующие повреждения зданий; установление зон избыточных электрических зарядов на обширных территориях;
- обоснование и разработка состава, технологии приготовления и применения полимерцементного раствора для защиты от коррозии и разрушающего действия избыточных электрических зарядов, установление закономерностей его структурообразования и формирования свойств на основе современных коллоидно-химических представлений;
- экспериментальные исследования физико-механических, электрофизических и защитных свойств цементного и полимерцементного раствора под воздействи-

ем электрических потенциалов и избыточных зарядов, в том числе на натурной модели каменной кладки;

- внедрение результатов исследований в рекомендательных документах и при обследовании технического состояния и ремонте зданий железнодорожного транспорта.

Объект исследований – цементный и полимерцементный камень и раствор с карбамидной смолой, каменная (кирпичная) кладка зданий и сооружений.

Предмет исследований – процессы в цементном и полимерцементном камне и растворе, каменной кладке, зданиях и сооружениях из нее, в т.ч. трещинообразование, обусловленные воздействием постоянных токов утечки, электрических полей и избыточных зарядов природного и антропогенного происхождения, способы защиты от них.

Научная гипотеза. При прохождении подвижного состава по электрифицированным постоянным током железнодорожным путям ток утечки с них обуславливает накопление избыточных электрических зарядов в обводненной каменной кладке и бетоне расположенных поблизости зданий и сооружений. Накопление избыточных зарядов усиливается за счет электрических полей и зарядов природного и антропогенного происхождения. Избыточные электрические заряды обуславливают трещинообразование в конструкциях и соответствующие повреждения зданий. Защита каменной кладки и зданий из нее от воздействия избыточных электрических зарядов может быть осуществлена с помощью кладочного и штукатурного полимерцементного раствора на карбамидной смоле с повышенным электрическим сопротивлением.

Методы исследований. Удельную поверхность наполнителя, подвижность, вязкость, сроки схватывания растворных смесей, прочность на изгиб и сжатие, адгезионную прочность, плотность, водопоглощение, морозостойкость растворов определяли стандартными методами. Исследование прочности растворов при совместном влиянии механических нагрузок и электрических потенциалов, трещиностойкость полимерцементной штукатурки проводили по

оригинальным специально разработанным методикам. Физико-химические исследования структуры и фазового состава продуктов гидратации в цементном и полимерцементном камне выполняли в составе световой и сканирующей электронной микроскопии, рентгенофазового анализа. рН-метрию грунта и раствора в каменной кладке выполняли с помощью рН-метра для грунтов.

Научная новизна полученных результатов:

1. Впервые обоснованы высокие защитные свойства полимерцементного раствора от электрокоррозии и разрушающего действия избыточных электрических зарядов, в частности:

- впервые установлено, что отверждение карбамидной смолы в полимерцементном растворе хлорным железом и введение золы-уноса обеспечивает увеличение количества положительно заряженных кристаллогидратов в продуктах гидратации цемента, связывающих избыточные отрицательные заряды и препятствующие их распространению по конструкции;

- впервые установлено, что введение в полимерцементный раствор золы-уноса обеспечивает повышение поляризуемости раствора за счет гигантской низкочастотной диэлектрической проницаемости ее частиц и, за счет этого, повышение электрического сопротивления раствора и способности предотвращать распространение по конструкции избыточных электрических зарядов.

2. Получили дальнейшее развитие представления о влиянии постоянных электрических потенциалов и избыточных зарядов на прочность портландцементного камня и раствора. Установлено, что наложение потенциала на раствор с исходной прочностью более 10 МПа приводит к ее снижению, зависящему от величины потенциала, при этом для растворов с более высокой прочностью такое снижение более существенно, чем для растворов с меньшей прочностью.

3. Получили дальнейшее развитие представления о механизме возникновения и влияния избыточных электрических зарядов на конструкции зданий и сооружений из каменной кладки и бетона, в частности:

- разработана более совершенная схема протекания токов утечки через конструкции зданий и сооружений, в которой в сырую и дождливую погоду ток протекает не только через фундаменты, но и по конструкциям стен и перекрытий и далее по заземляющим шинам, и приводит к интенсивному выщелачиванию раствора кладки и бетона (электрокоррозии), а также их поляризации – накоплению избыточных зарядов;
- установлено, что зоны и достаточно обширные территории с избыточными электрическими зарядами (и, соответственно, наибольшее количество зданий с повреждениями) расположены: внутри контуров электрифицированных железнодорожных путей (поперечными размерами десятки километров), особенно полностью замкнутых и особенно вблизи крупных рек; вдоль протяженных электрифицированных железных дорог;
- установлено, что накопление на конструкциях зданий избыточных отрицательных электрических зарядов может способствовать образованию в них трещин за счет сил отталкивания в гидросиликатном геле цементного раствора и бетона, а также обводнению оснований и подвалов за счет электроосмотического переноса грунтовой воды и вод близлежащих водоемов.

Достоверность полученных результатов достигнута путем применения надежных и согласованных методов теоретических и экспериментальных исследований и эксплуатационных испытаний, стандартных и оригинальных методов физико-механических испытаний, физико-химических и электрометрических исследований.

Обоснованность результатов исследований обеспечена выполнением теоретических исследований на основе фундаментальных положений современных коллоидной и макроколлоидной химии и физико-химической механики, а также применением карт городов с изменяющимся масштабом и поиском на них реального расположения зданий по отношению к железнодорожным путям, и другим домам.

Практическая значимость полученных результатов. По результатам исследований разработан и внедрен полимерцементный кладочный и штука-

турный раствор для защиты зданий и сооружений железнодорожного транспорта от электрокоррозии и разрушающего действия избыточных электрических зарядов. Разработана технология приготовления полимерцементного раствора и защиты им каменной (кирпичной) кладки зданий и сооружений. В соавторстве разработан и введен в действие ряд рекомендательных документов Укрзалізниці по вопросам ремонта и защиты зданий и сооружений железнодорожного транспорта [29; 186–188], (приложение А). Результаты исследований внедрены при разработке конструктивно-технологических решений по восстановлению эксплуатационных свойств и защите от коррозии зданий станционных комплексов Южной железной дороги (ст. Кисловка, ст. Кагамлыцкая, ст. Череднички, приложение Б). Получен экономический эффект, долевое участие автора в котором составляет 782,7 тыс. грн. (приложение Б). Результаты исследований используются в учебном процессе.

Личный вклад соискателя. Обзор литературы по тематике исследования, большинство физико-механических испытаний, электрометрических и физико-химических исследований, обработка их результатов и получение экспериментальных зависимостей, расчеты выполнены автором лично; формулирование научной гипотезы и теоретические обоснования – совместно с научным руководителем; натурные исследования, внедрение результатов исследований – совместно с соавторами публикаций. Личный вклад автора в совместные публикации отражен в перечне опубликованных работ.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты диссертационного исследования докладывались: на 4-й и 5-й Международных научно-технических конференциях по строительным материалам, конструкциям и сооружениям «Проблемы надежности и долговечности инженерных сооружений и зданий на железнодорожном транспорте» (Харьков, 24–26.04.2013, 23–24.04.2015); Международной научно-практической конференции «Эффективные технологические решения в строительстве с использованием бетонов нового поколения» (Харьков, 28–29.10.2015); Международной научно-технической конференции «Новые технологии, оборудование, материалы в

строительстве и на транспорте» (Харьков, 26–28.11.2014), 69-й научно-технической конференции Харьковского национального университета строительства и архитектуры (Харьков, 18–20.02.2014); 74–77 Международных научно-технических конференциях Украинського гомударственного университета (до 2015 г. академии) жнлнзнодорожного транспорта (Харьков, 2012–15 гг.).

Публикации. Основные положения и научные результаты диссертационной работы опубликованы в 12 научных трудах, из них: 7 статей в научных профессиональных изданиях Украины, в том числе 3 статьи – в изданиях, включенных в международные наукометрические базы и 4 тезиса докладов на конференциях [30–36, 189 и др.].

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 разделов, основных выводов, списка литературы из 189 наименований на 19 страницах; содержит 164 страницы основного текста, 118 рисунков, 20 таблиц, 2 приложения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плугин, А.Н. Экспериментальная проверка технологических характеристик и электросопротивления полимерцементного раствора с карбамидной смолой [Текст] / В.В. Палий, А.Н. Пшинько, А.Н. Плугин, А.А. Плугин, С.Г. Нестеренко, А.А. Конев // Зб. наук. пр. Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2012. – Вип.134. – С.235-241.
2. Войлоков, И.А. Долговечность железобетонных конструкций в современном строительстве [Текст] / И.А. Войлоков // Экспозиция. 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 за г/д №60/2-08 / УкрДАЗТ: Харків, 2008. – 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 [Текст] / 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. – М.: Стандарты, 1989. – 59 с.
6. ЦЭ 3551 Инструкция по защите железнодорожных подземных сооружений от коррозии блуждающими токами / МПС СССР. – М.: Транспорт, 1979. – 89 с.
7. Никитина, Е.И. Коррозия и защита металлов: Метод. указ. к лабораторно-практическим занятиям и самостоятельной работе по химии [Текст] / Е.И.Никитина, И.А.Паули. – Новосибирск: СГУПС, 2007. – 23 с.
8. Лантух-Лященко, А.И. О прогнозе остаточного ресурса моста [Текст] / А.И. Лантух-Лященко // Дороги і мости. – К.: – 2007. – Т.2. – Вип.7. – С.3–9.
9. Plugin, A.N. Research of influence of leakage currents and stray currents [Text] / A.N. Plugin, A.A. Plugin, O. Plugin, O. Dudin, O. Borzyak // 17 Interna-

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

10. Плугин, А.Н. Исследование влияния переменного электрического поля в бетоне на его электрокоррозию [Текст] / 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. Дудин, А.А. Механизм воздействия переменного тока утечки и высоковольтного напряжения на обводнённые бетонные, железобетонные и каменные сооружения: Дисс... канд. техн. наук: 05.23.05. – Харьков: Укр-ГАЗТ, 2012. – 275 с.

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

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

14. Соломатов, В.И. Армополимербетон в транспортном строительстве [Текст] / В.И. Соломатов – М.: Транспорт, 1979. – 232 с.

15. Самигов, Н.А. Технология карбамидного полимербетона [Текст] / Н.А.Самигов, В.И. Соломатов. – Ташкент: ФАН, 1987. – 104 с.

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

17. Елшин, М.М. Полимербетоны в гидротехническом строительстве [Текст] / М.М. Елшин – М.: Стройиздат, 1980. – 192 с.

18. Кавешников, Н.Т. Эксплуатация и ремонт гидротехнических сооружений [Текст] / Н.Т. Кавешников. – М.: Агропромиздат, 1989. – 272 с.

19. Попов, К.Н. Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики [Текст] / К.Н. Попов – М.: Стройиздат, 1987. – 72 с.

20. Касимов, И.К. Основы модификации бетонов термопластичными композициями [Текст] / И.К. Касимов. – М.: Стройиздат, 1981. – 144 с.

21. Елшин, И.М. Полимерные материалы в ирригационном строительстве [Текст] / И.М. Елшин. – М.: Колос, 1974. – 257 с.

22. СТ СЭВ 4419-83 Защита от коррозии в строительстве. Конструкции строительные. Термины и определения

23. Теоретичні та експериментальні дослідження впливу електрокорозійного і напружено-деформованого стану залізничних споруд і колій на їх надійність і безпеку руху: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – ДР№ 0113U001031. – Харків, 2014. – Т.1. – 178 с. ; Розробка теоретичних основ та експериментальні дослідження впливу струмів витоку та блукаючих струмів на бетон та розчин бетонних, залізобетонних та кам'яних конструкцій: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – ДР № 0111U002128. – Харків, 2011. – 141 с.

24. Проведення досліджень технології улаштування полімеркомпозиційного прокладного шару під збірним та збірномонolitним залізобетонним безбаластним мостовим полотном та розробка рекомендацій: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – ДР № 0113U008421. – Харків, 2013. – Етап 1. – 61 с.; Етап 2. – 88 с.; Етап 3. – 108 с.

25. Розробка конструктивно-технологічних рішень з усунення тріщин у стінах будівель станційних комплексів та рекомендацій з їх впровадження при експлуатації: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – ДР № 0112U006927. – Харків, 2012. – Ч.1. – 121 с.; Ч.2. – 50 с.; Рекомендації з усунення тріщин у стінах будівель станційних комплексів // Укрзалізниця. Головне управління будівельно-монтажних робіт і цивільних споруд, 2012. – 70 с.

26. Проведення досліджень сумісності існуючих лакофарбових матеріалів із сучасними антикорозійними системами та розробка рекомендацій із збільшення міжремонтних термінів фарбування мостів: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – ДР №0112U006926. – Харків, 2012. – Ч.1. – 59 с.; Ч.2. Звіт з рекомендаціями щодо збільшення міжремонтних термінів фарбування мостів – 101 с.

27. Проведення досліджень і розробка рекомендацій із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках

залізниць: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – г/д №60/2-2011. – Харків, 2011. – Етап 2. – 145 с.

28. Розробка та випробування нових конструктивних рішень захисту від електрокорозії конструкцій шляхопроводів, на яких закріплена контактна мережа: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – г/д №60/3-2011. – Харків, 2011. – Ч.2. – 193 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. Плугін, А.А. Використання відходів цегли сирцю при виготовленні сухих будівельних сумішей [Текст] / А.А. Плугін, С.Г. Нестеренко, А.М. Величко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2011. – Вип.122. – С. 165–169.

31. Плугин, А.А. Исследование влияния электрического поля на прочность цементного камня [Текст] / 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.

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

33. Плугин, А.Н. Экспериментальная проверка технологических характеристик и электросопротивления полимерцементного раствора с карбамидной смолой [Текст] / 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.

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

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

36. Экспериментальные исследования электроизоляционных и гидроизоляционных свойств полимерцементных растворов на основе карбамидной смолы [Текст] / Ал.А. Плугин, С.Г. Нестеренко, А.А. Конев и др. // 36. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2015. – Вип. 155. – С. 129–138.

37. ГБН В.2.3-37472062-3:2015 Захист конструкцій будівель і споруд залізничного транспорту від корозійного руйнування / Мінінфраструктури; УкрДУЗТ. – Київ, 2015. – 179 с.

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

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

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

41. Гусев, Б.В. Прогнозирование долговечности бетона при выщелачивании: Монография / Б.В. Гусев, А.С. Файвусович. – М.: Научный мир, 2014. – 112 с.

42. Старосельский, А.А. Коррозия и долговечность железобетона в условиях электрических воздействий [Текст]: Дисс... докт. техн. наук: 05.23.05. – Харьков: ХИИТ, 1984. – 282 с.

43. Старосельский, А.А. Коррозия приарматурного слоя бетона при воздействии переменного тока [Текст] / А.А. Старосельский, А.Г. Ольгинский // Повышение долговечности бетона транспортных сооружений: Межвуз. сб. научн. тр. – М.: МИИТ, 1980. – Вып. 62. – С. 20–25.

44. Сивцов, А.П. Электрокоррозия цементных материалов в зависимости от характеристик электрического тока [Текст] / А.П. Сивцов, А.А. Старосельский // Технологическое обеспечение долговечности железобетонных шпал: Межвуз. сб. научн. тр. – М.: МИИТ, 1971. – С. 50–56.

45. Плуґін, А.М. Електрокорозія бетону залізобетонних блоків обробки метрополітену [Текст] / А.М. Плуґін, А.А. Плуґін [та ін.]. // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2003. – Вип.56. – С. 126-135.

46. Плуґин, А.Н. Экспериментальное определение потенциалов в конструкциях железнодорожных мостов на электрифицированных участках пути [Текст] / А.Н. Плуґин, Д.А. Плуґин, В.А. Лютый [и др.]. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – Київ, 2006. – №73. – С. 253–257.

47. Плуґин, А.Н. Основные факторы трещинообразования и разрушения опор мостов через реки на электрифицированных участках железных дорог [Текст] / А. Н. Плуґин, А. А. Плуґин, С. В. Мирошниченко [и др.]. // Дороги і мости: Зб. наук. праць. – Київ, 2007. – Вип. 7. – Т. II. – С. 121–127.

48. Плуґин, А.Н. Механизм электрокоррозии бетонных конструкций пульсирующим однонаправленным блуждающим током или током утечки [Текст] / А.Н. Плуґин, А.А. Плуґин, С.В. Мирошниченко [и др.]. // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА; ХОТВ АБУ, 2007. – Вип. 42. – С. 106–111.

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

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

51. Відомчі будівельні норми України (проект). Споруди транспорту. Захист будівельних конструкцій та споруд залізничного транспорту від агресивних дій / УкрДАЗТ. – Харків, 2010. – 199 с.

52. Плуґин, Ал.А. Влияние постоянного тока на бетон обводненных конструкций и сооружений, расположенных вблизи электрифицированных же-

лезнодорожных путей: Дисс... канд. техн. наук: 05.23.05 / А.А. Плугин. – Харьков: УкрГАЗТ, 2010. – 256 с.

53. Плугин, Д.А. Развитие теории электрокоррозии обводненных конструкций и разработка электрокоррозионностойких материалов и способов защиты: Дисс... докт. техн. наук: 05.23.05. – Харьков: УкрДАЗТ, 2014. – 492 с.

54. Вандыш, А. Опасен ли вокзал Оренбурга? [Электронный ресурс] / А.Вандыш, А.Локомотив // Режим доступа: <http://ural56.ru/news/67/451727/>

55. Железнодорожные вокзалы по Юго-Восточному региону [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30609532#pos=1;-293

56. Аналіз напружено-деформованого стану і прогнозування остаточної довговічності конструкцій труби на 111 км ділянки Харків – Куп'янськ: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – Харків, 2007.

57. Капітальний ремонт водопропускної труби на 19 км ділянці Харків – Люботин: Робочий проект і виконавча документація / УкрДАЗТ. – Харків, 2007.

58. СН 65-76 Инструкция по защите железобетонных конструкций от коррозии, вызываемой блуждающими токами. – М.: Стройиздат, 1977. – 80 с.

59. Слукин, В.М. Бетоны с повышенными электроизоляционными свойствами [Текст] / В.М. Слукин, А.Ф. Сарапулов // Бетон и железобетон. – 1973. – №12. – С. 13–14.

60. Pat. 912910 DDR Verfahren zur Erhöhung des elektrischen Leitwiderstandes von Bauteilen aus Beton / H. Meier, H. Rubin, V. Neumann. – Klasse 80b, Gruppe 113, ausgegeben am 03.07.1954.

61. Использование бетона в качестве электропроводного материала [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://betony.ru/betel/ispolzovanie-betona-v-kachestve-elektroprovodnogo-materiala.php>

62. Семейкин, А.Ю. Регулирование реологических и электрических свойств дисперсий на основе цементных паст и углеродных материалов: Автореф. дисс... канд. техн. наук: 02.00.11. – Белгород: БГТУ им. В.Г.Шухова, 2010 [Электронный ресурс] // Режим доступа:

<http://fizmathim.com/regulirovanie-reologicheskikh-i-elektricheskikh-svoystv-dispersiy-na-osnove-tsementnyh-past-i-uglerodnyh-materialov>

63. Бетон электропроводящий [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.novobeton.ru/stroitelstvo/beton/beton-elektroprovodyashchii>

64. Титова, Л.А. Расширяющие добавки для бетонов нового поколения [Текст] / Л.А. Титова, М.И. Бейлина // Бетон и железобетон. – 2001. – № 4. – С. 24–27.

65. Старосельский, А.А. Электрокоррозия железобетона: Монография [Текст] / А.А. Старосельский. – Київ: Будівельник, 1978. – 198 с.

66. Плугин, А.Н. Механизм разрушения кирпичной кладки водопропускной трубы переменным блуждающим током или током утечки [Текст] / 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.

67. Плугин, А.А. Теоретические предпосылки защиты бетонных, железобетонных и каменных конструкций от переменных токов утечки [Текст] / 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.

68. Лютый, В.А. Повторяющаяся быстронатекающая ползучесть бутовой кладки мостовых опор при механоэлектрических воздействиях [Текст]: Дисс... канд. техн. наук: 05.23.05. – Харьков: УкрГАЗТ, 2007. – 198 с.

69. Борзяк, О.С. Механизм электрокоррозии бетона железобетонных конструкций в сложных условиях эксплуатации [Текст]: Дисс... канд. техн. наук: 05.23.05. – Харьков: УкрГАЗТ, 2010. – 240 с.

70. Дудин, А.А. Механизм воздействия переменного тока утечки и высоковольтного напряжения на обводненные бетонные, железобетонные и каменные сооружения [Текст]: Дисс... канд. техн. наук: 05.23.05. – Харьков: УкрГАЗТ, 2012. – 277 с.

71. Горбачова, Ю.Н. Механизм коррозии стали под защитным покрытием и разработка эпоксикаменноугольного покрытия на основе обезвоженной каменноугольной смолы [Текст]: Дисс... канд. техн. наук: 05.23.05. – Харьков: УкрГАЗТ, 2011. – 209 с.

72. Афанасьев, А.В. Целитонаполненные эпоксидно-каменноугольные покрытия для защиты от электрокоррозии [Текст]: Дисс... канд. техн. наук: 05.23.05. – Харьков: УкрГАЖТ, 2011. – 261 с.

73. Толмачев, С.Н. Развитие теории разрушения и стойкости дорожных цементных бетонов при действии агрессивных факторов [Текст]: Дисс... докт. техн. наук: 05.23.05. – Харьков: ХНАДУ, 2013. – 492 с.

74. Плугин, А.Н. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них: Монография в 3-х тт. Т.1. Коллоидная химия и физико-химическая механика цементных бетонов [Текст] / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Л.В. Трикоз, А.С. Кагановский, Ал.А. Плугин. – Київ: Наукова думка, 2011. – 336 с.

75. Плугин, А.Н. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них: Монография в 3-х тт. Т.3. Теория прочности, разрушения и долговечности бетона, железобетона и конструкций из них [Текст] / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Д.А. Плугин и др.]; Под ред. А.Н. Плуцина. – Київ: Наукова думка, 2012. – 288 с.

76. Плугин, А.А. Макроколлоидная химия и физико-химическая механика Земли. Основные положения [Текст] / А.А. Плугин, А.Н. Плугин, Д.А. Плугин, Ал.А. Плугин, О.С. Борзяк // Первый независимый научный вестник. – 2015. – №1. – Ч.2. – С.65–73.

77. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 31384-2008, NEQ) / Мінрегіонбуд України. – Київ: НДІБК. – 2010. – 56 с.; СНиП 2.03.11-85* Защита строительных конструкций от коррозии / Минстрой РФ. – М.: ГУП ЦПП. – 1996. – 46 с.

78. Бабушкин, В.И. Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа [Текст] / В.И. Бабушкин. – Харків: Вища школа, 1989. – 168 с.

79. Стрижевский, И.В. Защита подземных металлических сооружений от коррозии: Справочник [Текст] / [И.В. Стрижевский, А.Д. Белоголовский, В.И. Дмитриев и др.]. – М.: Стройиздат, 1990. – 303 с.

80. Целебровский, Ю.В. Некорродирующие заземлители из бетэла для установки переменного и постоянного тока [Текст] / Ю.В. Целебровский // Доклады Всесоюзн. конфер. по заземлениям. – Харьков: ХГУ. – 1966. – С. 96–102.

81. Москвин, В.М. Коррозия бетона и железобетона. Методы их защиты [Текст] / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузеев. – М.: Стройиздат, 1980. – 408 с.

82. Артамонов, В.С. Защита железобетона от коррозии [Текст] / В.С. Артамонов. – М.: Стройиздат, 1967. – 128 с.

83. Старосельский, А.А. Коррозия и долговечность железобетона в условиях электрических воздействий [Текст]: Автореф. дисс... докт. техн. наук: 05.23.05. – М.: НИИЖБ, 1984. – 36 с.

84. Борзяк, О.С. Механизм электрокоррозии бетона железобетонных конструкций в сложных условиях эксплуатации [Текст]: Автореф. дисс... к.т.н.: 05.23.05. – Харьков: УкрГУЖТ, 2010. – 22 с.

85. Плуґін, А.А. Аналіз впливу потенціалів від струмів витоку на утворення тріщин в плитах безбаластного мостового полотна на електрифікованих ділянках залізниць [Текст] / А.А. Плуґін, О.А. Забіяка, Г.О. Линник // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2010. – Вип.115. – С.75–82.

86. Пат. 34074А UA Полімерцементна суміш МПК 6С04В26/00 / ДДТУЗТ; О.М. Пшінько, В.М. Пунагін, Н.М. Руденко, А.В. Краснюк, О.В. Громова. – Заявл. 28.05.99. – Опубл. 15.02.2000. – Бюл.№1. – 4 с.

87. Берлин, А.А. Основы адгезии полимеров [Текст] / А.А. Берлин, В.Е. Басин. – М.: Химия, 1974. – 391 с.

88. Ратинов В.Б. Добавки в бетон [Текст] / В.Б.Ратинов, Е.И.Розенберг. – М.: Стройиздат, 1989. – 207 с.

89. Батраков, В.Г. Комплексные модификаторы свойств бетона [Текст] / В.Г. Батраков // Бетон и железобетон. – 1977. – № 7. – С. 32–36.

90. Батраков, В.Г. Повышение долговечности бетона добавками кремнийорганических полимеров [Текст] / В.Г. Батраков. – М.: Стройиздат, 1968. – 187 с.

91. Ушеров-Маршак, А.В. Добавки в бетон. Систематика и оценка эффективности [Текст] / А.В. Ушеров-Маршак, И.А. Залуцкая // Строительные материалы и изделия. – 2005. – №3. – С.15–18.

92. Бутт, Ю.М. Вяжущие вещества с активными добавками [Текст] / Ю.М. Бутт, Т.М. Беркович. – М.: Промстройиздат, 1953. – 213 с.

93. Пунагін, В.М. Призначення складів гідротехнічного бетону [Текст] / В.М. Пунагін, О.М. Пшінько, Н.М. Руденко. – Дніпропетровськ: Арт-Прес, 1998. – 213 с.

94. Хигерович, М.И. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов [Текст] / М.И. Хигерович, В.Е. Байер. – М.: Стройиздат, 1979. – 217 с.

95. ДСТУ Б В.2.7-171:2008 Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2001, NEQ). – Київ: Мінрегіонбуд, 2010. – 93 с.

96. Гольденберг, Л.Б. Влияние добавок на свойства песчаных бетонов [Текст] / Л.Б. Гольденберг, С.Л. Оганесянц // Бетон и железобетон. – 1981. – № 10. – С.19–23.

97. Тарнаудский Г.М. Влияние гидрофобизирующих добавок на гидратацию портландцемента [Текст] / Г.М. Тарнаудский // Шестой международный конгресс по химии цемента. М.: Стройиздат, 1976. – Т.3. – С.18-22.

98. Краснюк, А.В. Дослідження матеріалів для ремонту бетонних та залізобетонних транспортних споруд [Текст] / А.В. Краснюк, Ю.Л. Заєць, В.П. Липняк, В.О. Момот // Строительство. Материаловедение. Машиностроение: Сб. научн. тр. – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2004. – Вип. 30. – С. 148–152.

99. Пшінько, А.Н. Анализ материалов для восстановления зданий и сооружений на железнодорожном транспорте / Пшінько А.Н., Краснюк А.В., Палий В.В. // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта – Вып № 16 - Днепропетровск, 2007. – С.101-103.

100. Пшінько, А.Н. Анализ факторов, влияющих на прочность сцепления полимерных композиций с бетоном [Текст] / А.Н. Пшінько, А.В. Крас-

нюк, Л.С. Савин, В.В. Палий // Вестник ДНУЗТ. – Днепропетровск, 2007. – Вып. 19. – С.224–226.

101. Пшінько, О.М. Застосування матеріалів та добавок для модифікації технологічних і експлуатаційних властивостей ремонтних составів спеціального призначення при ремонті будівель та інженерних споруд на транспорті [Текст] / О.М. Пшінько, А.В. Краснюк, О.В. Громова, В.В. Палий // Вісник ДНУЗТ. – Дніпропетровськ, 2008. – С.134–138.

102. Юнг, В.Н. Поверхностно-активные гидрофильные вещества и электролиты в бетонах [Текст] / В.Н. Юнг, В.Д. Тринкер. – М.: Госстройиздат, 1957. – 214 с.

103. Кривенко, П.В. Будівельне матеріалознавство [Текст]: Підручник / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський, М.О. Кочевих, Ю.Г. Гасан, Б.Я. Константинівський, В.О. Ракша. – Київ: ЕксОб, 2004. – 704 с.

104. Соломатов, В.И. Полимерцементные бетоны и пластбетоны [Текст] / В.И. Соломатов. – М.: Стройиздат, 1967. – 182 с.

105. Черкинский, Ю.С. Полимерцементный бетон [Текст] / Ю.С. Черкинский. – М.: Госстройиздат, 1960. – 147 с.

106. Саталкин, А.В. Цементно-полимерный бетон [Текст] / А.В. Саталкин, В.А. Солнцева, О.С. Попова – Л.: Стройиздат, 1971. – 169 с.

107. Trettin, R. Reactivity and Mechanism of Hydration of Cement Phases [Text] / R. Trettin // Proc. of the 10th Internat. Congress of the Chemistry of Cement. – Gothenburg: Inform Trycket AB. – 1997. – Vol.2. – 2ii050. – 8p.

108. Kizlikovli, E. Polymer concrete composites [Text] / E. Kizlikovli // Polym. Eng. and Sci. – 1981. – V. 21. – No 8. – P. 507–509.

109. Мочевино-формальдегидные смолы [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2707.html>

110. Удельное поверхностное электрическое сопротивление [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id458041p1.html>

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

112. Лейрих, В.Э. Электроизоляционные свойства бетонов при разных условиях их эксплуатации [Текст] / В.Э. Лейрих, В.Я. Гендин // Электричество. – 1968. – №11. – С. 81–84.
113. Bogajewski, W. Badania polowe nad wplywemdlugotrwalypadow ziemnozwarciowych na betonowe konstrukcje wsporcze linii crednich napiec / W. Bogajewski [Text] // Prace Naukowe Instytutu Energoelektryk Politechniki Wroclawskiej, 1972. – No 13. – P. 150–173.
114. Berendt, O. Versuche uber den elektrishen Widerstand von anbevehrtem Beton [Text] / O. Berendt, K. Wirtz, W. Muller– Berlin: Ernst und sohn, 1911.
115. Методические рекомендации [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://Doc-Load.ru/norm/SNiP/Data1/49/49329/index.htm>
116. ДСТУ-П Б В.2.7-126:2011 Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови. – Київ: Мінрегіонбуд, 2011. – 47 с.
117. ДСТУ Б В.2.7-239:2010 Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Методи випробувань (EN 1015-11:1999, NEQ). – Київ: Мінрегіонбуд, 2011.
118. ДСТУ Б В.2.7-232:2010 Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань. – Київ: Мінрегіонбуд, 2011.
119. ДСТУ Б В.2.7-48-96 Будівельні матеріали. Бетони. Базовий метод визначення морозостійкості (ГОСТ 10060.1-95, NEQ) – Київ: Держкоммістобудування, 1996. – 10 с.
120. ГОСТ 31356-2007 Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний. – М., 2007.
121. Круг, Г.К. Статистические методы в инженерных исследованиях [Текст] / Г.К. Круг. – М.: Высшая школа, 1983. – 216 с.
122. ДСТУ Б В.2.7-185:2009 Цементи. Методи визначення нормальної густоти. – Київ: Мінрегіонбуд, 2009.
123. Лещинский, М.Ю. Испытание бетона [Текст] / М.Ю. Лещинский. – М.: Стройиздат, 1980. – 360 с.
124. Горшков, В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ [Текст] / В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев. – М.: Высш. школа, 1981. – 335 с.

125. Ларионова, З.М. Петрография цементов и бетонов [Текст] / З.М. Ларионова, Б.Н. Виноградов. – М.: Стройиздат, 1974. – 347 с.

126. Ларионова, З.М. Фазовый состав, микроструктура и прочность цементного камня и бетона [Текст] / З.М. Ларионова, Л.В. Никитина, В.Р. Гарашин. – М.: Стройиздат, 1977. – 264 с.

127. Трикоз Л. В. Развитие теории устойчивости и долговечности грунтодержавших материалов и разработка способов их защиты от разрушения [Текст]: Дисс... докт. техн. наук: 05.23.05. – Харьков: УкрДАЗТ, 2014. – 492 с.

128. По дому на ул. Кошурникова поползла трещина [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://news.ngs.ru/more/1365125/>

129. В новом доме по улице Петрова, 27 образовалась трещина [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.marimedia.ru/news/jkh/item/33701/>

130. В Железнодорожном обнаружили дом 2007 года пост ройки с признаками аварийности [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.metrprice.ru/novosti-nedvizimosti/v-zheleznodorozhnom-obnaruzhili-dom-2007-goda-postroyki-s-priznakami-avariynosti>

131. Ветхое и аварийное жилье. Город [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://vk.com/topic-235490_27024624?offset=20

132. Срочно! В Нижнем жителей многоэтажки эвакуировали: Здание могло рухнуть [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.progorodnn.ru/news/view/96828>.

133. Жильцов обрущевшегося дома на улице Самочкина обещали расселить и выделить матпомощь [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.nnov.kp.ru/daily/26219/3103495/>

134. Трещина в доме на проспекте Ленина разрастается [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.vremyan.ru/news/trecshina_v_dome_na_prospekte_lenina_razrastaetsj_a_video.html

135. Более 40 человек эвакуированы из треснувшего дома в Ишиме [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://mir24.tv/news/society/13036909>

136. Более 40 человек эвакуированы из треснувшего жилого дома в Тюменской области [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.tvc.ru/news/show/id/73452>

137. Новостройки в ЖК «Осиповка» в Хабаровске трещат по швам из-за неправильной закладки фундамента (Фото) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.dvnovosti.ru/khab/2015/07/11/36454/>

138. В центре Чебоксар треснул жилой пятиэтажный дом. Жильцы эвакуированы [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://cheb.mk.ru/articles/2014/09/15/v-centre-cheboksar-tresnul-zhiloy-pyatietazhnyu-dom-zhilcy-evakuirovany.html>

139. г. Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, дом 120/5 [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://prawdom.ru/dom.php?hm=nemirovich-danchenko_120/5

140. Издалека кажется, что угол дома атаковали огромные черви. Подойдя поближе, понимаешь, трещины заделали // Родина. Новоульяновск [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://ulphoto.livejournal.com/141310.html>

141. В Чебоксарах в подъезде жилого дома появились трещины [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://pg21.ru/publicnews/view/848>

142. Срочно! В Ишиме из-за угрозы обрушения ночью расселен дом [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://ura.ru/news/1052217003>

143. Станция Чебоксары // Вагонник [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://vagonnik.net.ru/rasp/station/248504_Cheboksarii

144. С долгостроя на Урицкого сняли вину за трещины на соседнем доме (фото) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://news.ngs.ru/more/1832831/>

145. Решение Арбитражного суда Новосибирской области от 04.06.2014 по делу №А45-6217/2014 по заявлению ООО «Научно-исследовательский, проектно-технологический и производственный центр «Сибстройреконструкция» к Инспекции государственного строительного надзора Новосибирской области о признании недействительным Предписания №12/14/51 от 27.01.2014 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://sudact.ru/arbitral/doc/save/7SH89YH6rOJR/>

146. В центре Перми обрушился жилой дом, пока его жильцы спали [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.e1.ru/news/spool/news_id-426725.html

147. Рухнувший дом на улице Самочкина в Ленинском районе будет снесен [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://news.rambler.ru/24652891/>

148. Казахстанские новостройки трещат по швам [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://mir24.tv/video_news/4966050/4965985

149. В Алматы разрушается многоэтажка для бюджетников [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/v-almatyi-razrushaetsya-mnogoetajka-dlya-byudjetnikov-216623/

150. Жильцы алматинской новостройки бьют тревогу – дом буквально трещит по швам [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://today.kz/news/zhizn/2012-06-29/190555-news/>

151. В Талгаре, что под Алматы, прямо на глазах жильцов рушатся их дома [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.ktk.kz/ru/news/video/2013/1/14/20720>

152. В Алматы в одном из домов жилого комплекса «Столичный центр» образовалась трещина [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://news.caravan.kz/news/v-almaty-v-odnom-iz-domov-zhilogo-kompleksa-stolichnyjj-centr-obrazovalas-treshhina--gazeta-newsID217214.html>

153. Старые дома. Алматы сегодня [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.alatoday.info/?cat=338>

154. В Алматы разрушается многоэтажка для бюджетников [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/v-almatyi-razrushaetsya-mnogoetajka-dlya-byudjetnikov-216623/

155. С нового дома в Астане рухнула облицовка [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://tengrinews.kz/events/s-novogo-doma-v-astane-ruhnula-oblitsovka-269792/>

156. Другая Астана с казусами и коммунальными проблемами [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.zakon.kz/4568614-drugaja-astana-s-kazusami-i.html>

157. Astana. Строительство и городское развитие в столице [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=550410>
158. В Астане разрушается жилой комплекс, построенный одним из первых [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.ktk.kz/ru/news/video/2011/10/11/14344>
159. Часть пятиэтажного общежития обвалилась в Атырау [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://tengrinews.kz/events/chast-pyatietajnog-obshcheyitiya-obvalilas-v-atyirau-275499/>
160. Дома в Иркутске продолжают разрушаться [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://baikal-info.ru/friday/2004/13/004004.html>
161. Пятиэтажки в Ново-Ленино продолжают разрушаться [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://as.baikal.tv/programms/povorot/one.php?rel=290&mat=1179>
162. Пятиэтажный панельный дом в Свердловском округе Иркутска под угрозой разрушения [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://newsbabr.com/?IDE=38811>
163. Карта новостроек Иркутска [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.realtyvision.ru/map/>
164. Нелегальная новостройка в центре Иркутска опасно накренилась [Электронный ресурс] // Режим доступа: aisttv.ru/нелегальная-новостройка-в-центре-ирк/
165. Ученые Института земной коры: дома 335-й серии в области необходимо срочно укреплять [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://vesti.irk.ru/news/society/114095/>
166. Опасная точечная застройка по улице Баумана [Электронный ресурс] // Режим доступа: vk.com/public58773633
167. Иркутский центр помощи детям трещит по швам [Электронный ресурс] // Режим доступа: vesti.irk.ru/news/society/160708/
168. Кызылординскую «Бесобу» не признают аварийной (фото) [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://bnews.kz/ru/news/obshchestvo/kizilordinskuu_besobu_ne_priznaut_aviariino_i_foto-2013_08_09-1028969

169. Жители Кызылординской многоэтажки вторые сутки ночуют на улице [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.zakon.kz/4733462-zhiteli-kyzylordinskoyj-mnogojetazhki.html>

170. В Кызылорде начинают ремонт аварийного общежития [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://rus.azattyq.org/a/avariinoe-obshezhitie-kyzylorda-remont/27174499.html>

171. В Кызылорде обрушился недостроенный пятиэтажный дом [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=b4swIOsGZ5A>

172. Расстояние Кызылорда – Байконур [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://flagma.kz/rasstoyanie-kyzylorda-baykonur/>

173. В Караганде обрушился дом [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/v-karagande-obrushilsya-dom-211628/

174. Рухнул дом в микрорайоне Бесоба. Фото с места происшествия [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://ekaraganda.kz/?mod=news_read&id=4659

175. Плохой фундамент завалил новостройку в Караганде [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.diapazon.kz/kazakhstan/kaz-incidents/44727-plohoj-fundament-zavalil-novostroyku-v-karagande.html>

176. Притча о слепых: СССР, СНГ, Евразийский союз [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://mysliwies.livejournal.com/458077.html>

177. В элитном жилом комплексе «Бесоба» треснул дом [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=6KSN2MVE_uw

178. В Караганде рухнул дом [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.yaplakal.com/forum1/topic422020.html>

179. «Бесоба» доживает последние дни (фоторепортаж, панорама) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.nv.kz/2012/09/18/42890/>

180. А.с. 1164220 SU Способ приготовления бетонной смеси / ХИИТ; В.В. Архипов, А.И. Бирюков, В.М. Козленко, И.М. Корнеева, А.Н. Плугин, Т.Г. Сацук, И.И. Селиванов, А.И. Юдин. – Оpubл. 1989. – Бюл. №24.

181. Серенко, А.Ф. Влияния условий твердения на формирование микроструктуры цементного камня с наполнителем из золы-уноса Хабаровской ТЭЦ / А.Ф. Серенко, Е.А. Строителява, И.А.Павлюков // Masterbeton.ru

[Электронный ресурс] // Режим доступа:
<http://www.masterbetonov.ru/content/view/501/239/>

182. Палий, В.В. Полимерцементный раствор для защиты и ремонта зданий и сооружений железных дорог [Текст]: Дисс... канд. техн. наук:

05.23.05. – Харьков: УкрДАЗТ, 2014. – 219 с.

183. Степаненко, М.Г. Формирование цементного камня при электрохимической активации [Текст] / М.Г. Степаненко // Труды ХИИТ. – Харьков, 1962. – Вып. 54. – С.34–42.

184. Шпынова, Л.Г. Физико-химические основы формирования структуры цементного камня [Текст] / Л.Г. Шпынова, В.И. Чих, М.А. Саницкий, Х.С. Соболев, С.К. Мельник. – Львів: Вища школа, 1981. – 160 с.

185. Трещина в доме на проспекте Ленина разрастается [Электронный ресурс] // Режим доступа:
http://www.vremyan.ru/news/trecshina_v_dome_na_prospekte_lenina_razrastaetsja_video.html

186. Рекомендації з улаштування полімеркомпозиційного прокладного шару під збірним та збірно-монолітним залізобетонним безбаластним мостовим полотном / УкрДАЗТ; ЦП УЗ. – Затв. 10.12.2013. – Харків, 2013. – 29 с.

187. Рекомендації із захисту від електрокорозії конструкцій шляхопроводів, на яких закріплена контактна мережа / УкрДАЗТ; ЦП УЗ. – Затв. 10.12.2013. – Харків, 2013. – 29 с.

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

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